الهيئة العربية للطاقة الذرية

الذرة والتنمية

نشرة علمية إعلامية فصلية
المجلد الخامس والثلاثون ـ العدد الثالث 2023

إستثمار الطاقة النووية في إنتاج الهيدروجين

التصوير المقطعي المحوسب عالي الدقة بالأشعة السينية وتطبيقاته في العلوم الحيوية

تحديات القوى النووية للإحتباس الحراري ومؤتمر الأطراف COP27

الثوريوم والجيل القادم من المفاعلات النووية

تطبيقات تقنية النانو في الزراعة

الذرة في خدمة الإنسان

نشرة الذرة والتنمية، نشرة علمية إعلامية فصلية تهتم بزيادة وعي أبناء الوطن العربي بمختلف مجالات العلوم والتقنيات النووية واستخداماتها السلمية
تصدر عن الهيئة العربية للطاقة الذرية

إن الآراء والأفكار والمعلومات التي تنشر بأسماء كتّابها تكون على مسؤوليتهم
يسمح باستعمال ما ورد في هذه النشرة من مواد علمية أو فنية، بشرط الإشارة إلى مصدرها
المقالات والمراسلات توجه إلى رئيس تحرير نشرة الذرة والتنمية على عنوان الهيئة أدناه .

العنوان البريدي : الهيئة العربية للطاقة الذرية، 7، نهج المؤازرة، حي الخضراء 1003، تونس
الهاتف : 71.808.400 ـ الفاكس : 71.808.450
العنوان الإلكتروني: aaea@aaea.org.tn & aaea_org@yahoo.com
الموقع الإلكتروني: www.aaea.org.tn

الذرة والتنمية

نشرة فصلية ربع سنوية

تصدرها الهيئة العربية للطاقة الذرية ـ تونس

المجلد الخامس والثلاثون ـ العدد الثالث 2023

لجنة التحرير

رئيس التحرير : أ. د. سالم حامدي

سكرتير التحرير : م. نهلة نصر

المراجعون : أ. د. ضو سعد مصباح

أ. د. يحيى خليل شخاترة

أ. د. خالد زهرمان

جدول المحتويات

الموضوع	الصفحة
✯ إستثمار الطاقة النووية في إنتاج الهيدروجين – د. م. سعدو الظواهرة	3
✯ التصوير المقطعي المحوسب عالي الدقة بالأشعة السينية وتطبيقاته في العلوم الحيوية – د. م. نشأت صقر.....	14
✯ تحديات القوى النووية للإحتباس الحراري ومؤتمر الأطراف COP27 – أ.د.وفاء محمد محمد مصطفى.....	25
✯ الثوريوم والجيل القادم من المفاعلات النووية – أ.د.وفاء محمد محمد مصطفى.....	34
✯ تطبيقات تقنية النانو في الزراعة – د. إبراهيم إسماعيل	42
✯ أخبار عربية وعالمية ــ م. نهلة نصر	53
✯ أخبار الهيئة	58
✯ قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية.....	70

إستثمار الطاقة النووية في إنتاج الهيدروجين(*)

Abstract

There are dozens of hydrogen production methods and techniques from many sources such as fossil fuels, renewable energy sources and nuclear energy. Thermo-chemical methods are more efficient at higher temperatures to produce large quantities of hydrogen. In this article, a comparative overviews of Generation IV nuclear reactor types for major hydrogen production methods have been reported. The article is addressing both electric power cycle and hydrogen production based on nuclear technologies. Generation IV nuclear reactors can provide hydrogen for a worldwide hydrogen economy. Both thermo-chemical and electrolysis (hybrid) processes in hydrogen production have a promising future, especially when integrated with Generation IV nuclear power plants. Efficient heat transfer is required for both high temperature thermodynamic cycles and high temperature steam electrolysis. Highly efficient heat exchanger designs are one of the key technologies for that purpose.

ملخص

هناك العشرات من طرق وتقنيات إنتاج الهيدروجين من العديد من المصادر مثل: الوقود الأحفوري ومصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية. الطرق الحرارية – الكيميائية تكون أكثر كفاءة في درجات الحرارة المرتفعة لإنتاج كميات كبيرة من الهيدروجين. تتناول هذه المقالة دورة الطاقة الكهربائية وإنتاج الهيدروجين

(*) المقالة مترجمة بتصرف من مقالة بعنوان "Generation IV reactors and nuclear hydrogen production" منشورة في " International journal of hydrogen energy, published by Elsevier, 2020

إعتماداً على التقنيات النووية. ويمكن أن توفر المفاعلات النووية من الجيل الرابع الهيدروجين في جميع أنحاء العالم. تتمتع كل من العمليات الحرارية – الكيميائية والتحليل الكهربائي (الهجين) في إنتاج الهيدروجين بمستقبل واعد، خاصة عند دمجها مع محطات توليد الطاقة النووية من الجيل الرابع. ويلزم نقل الحرارة بكفاءة لكل من الدورات الديناميكية الحرارية ذات درجة الحرارة العالية والتحليل الكهربائي للبخار بدرجة حرارة عالية. وتعتبر تصاميم المبادلات الحرارية عالية الكفاءة هي إحدى التقنيات الرئيسية لهذا الغرض.

مقدمة

إن تطور التكنولوجيا وزيادة عدد سكان العالم يزيد من إحتياجات الطاقة في العالم تدريجياً، بينما تتناقص إحتياطيات مصادر الطاقة التقليدية. لذلك يوجد خياران لحل هذه المشكلة اليوم: أولاً، إستخدام مصادر الطاقة الحالية بكفاءة أكبر؛ ثانياً، خلق مصادر طاقة جديدة. يستنفد الوقود الأحفوري بسرعة ويخلق أيضاً مشاكل كبيرة للبيئة والحياة في العالم، مثل الإحتباس الحراري وثقوب الأوزون والأمطار الحمضية والتلوث الكيميائي. يتم إستخدام الوقود الأحفوري على نطاق واسع في التقنيات الحديثة (في النقل والتدفئة المنزلية، وفي الصناعة) نظراً لسهولة التخزين وخصائص النقل. في السنوات الأربعين الماضية، زادت حصة إنتاج الطاقة من المصادر النظيفة بشكل مطّرد من الطاقات المتجددة والنووية. كلا نوعي الطاقة نظيفة ومستدامة وآمنة وموثوق بها وأكثر وفرة من الوقود الأحفوري.

تعتمد خطط زيادة إنتاج الهيدروجين على التحليل الكهربائي بإستخدام الكهرباء من مصادر طاقة متجددة متقطعة أو مصادر طاقة نووية لا نهاية لها، والإستخدام المباشر للحرارة من الطاقة النووية بإستخدام عملية حرارية – كيميائية يتم بواسطة مفاعلات درجات الحرارة العالية. يمكن إستخدام كل من الطاقات النووية والمتجددة

معاً لأن الطلب المستقبلي على الطاقة سيعتمد على معيار هيدروجين "صفر إنبعاثات الكربون". لذلك، مع الطبيعة المتقطعة للطاقات المتجددة، ستكون دراسات البحث والتطوير ذات أهمية كبيرة لتسهيل إنشاء محطات طاقة نووية متوافقة مع الشبكة.

ينتج حالياً 440 مفاعلاً للطاقة النووية ما يقرب من 11.5% من إجمالي الكهرباء في العالم. ومع ذلك، يظهر إنتاج الكهرباء النووية إختلافات كبيرة حسب الدولة. بينما ينتج العديد من الدول المتقدمة كميات كبيرة من الكهرباء النووية، فإن دول العالم الثالث لديها عدد قليل من محطات الطاقة النووية. على سبيل المثال، لا تمتلك أفريقيا عملياً أي مفاعل نووي، في حين أنها المورد الرئيسي للخام النووي للمفاعلات الأوروبية. إن إستخدام الطاقة النووية فقط في توليد الكهرباء يحد من إمكانات هذه الطاقة. على العكس من ذلك، فإن إستخدام الطاقة النووية في إنتاج الهيدروجين سوف يوسّع بشكل كبير من إمكانية إستغلالها.

في الوقت الحاضر، يتم الإستخدام الرئيسي للهيدروجين في قطاع الصناعة الكيميائية، على سبيل المثال لإنتاج الأمونيا. ومع ذلك، يتمتع الهيدروجين بمزايا كبيرة عند إستخدامه على نطاق واسع في النقل والتدفئة المنزلية وأغراض أخرى لأنه غير ملوث للبيئة كون ناتج التفاعل هو ببساطة البخار. وكون الهيدروجين أخف العناصر، فيمكن لجزيئاته الحرة التغلب بسهولة على جاذبية الأرض. تحتوي محيطات العالم على كميات وفيرة من الهيدروجين بشكل مركبات، ولكن هناك حاجة إلى مصدر طاقة أولية نظيف لفصل ذرة الهيدروجين من مركب المياه. في المستقبل المنظور، هناك حاجة إلى محطات الطاقة النووية كمصدر للطاقة النظيفة لإقتصاد الهيدروجين على نطاق واسع. ويمكن الإستشهاد بالمعايير التالية لإنتاج الهيدروجين النووي:

- التوافق الكيميائي لمواد التبريد مع البناء والوقود.
- الإستقرار الجزيئي لسائل التبريد عند درجات حرارة التشغيل في بيئة إشعاعية.

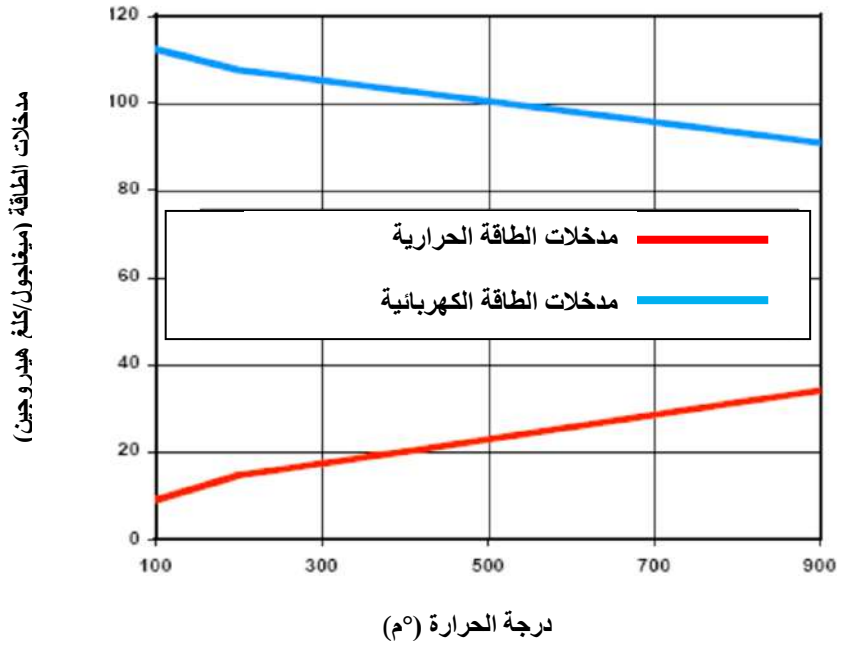
– أسر النترونات والنشاط الإشعاعي وتلوث نواتج الإنشطار وتراكم الغازات المشعة.
– الأمان ورأس المال وتكاليف التطوير والمخاطر.

تقنيات إنتاج الهيدروجين من المفاعلات النووية

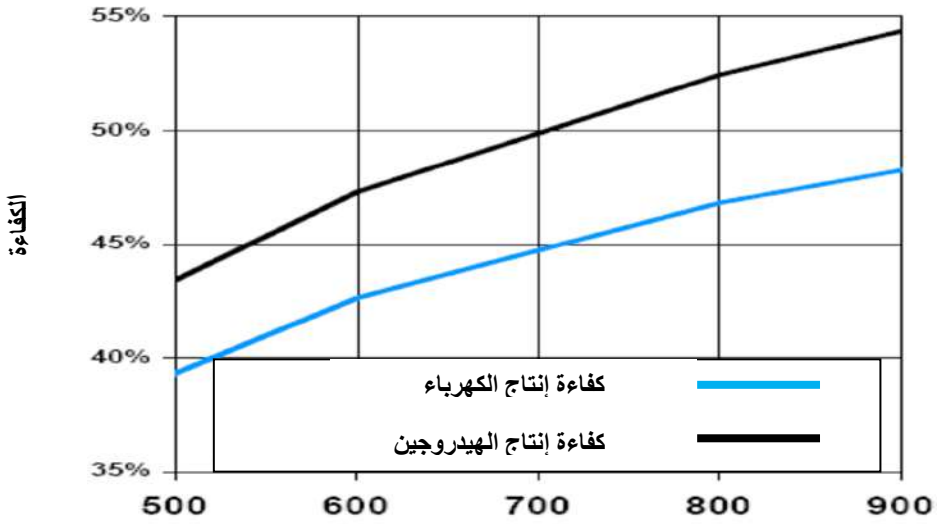
إن التقييم الشامل ودراسات المقارنة مهمة لإنتاج الهيدروجين من الطاقة النووية. لهذا الغرض، قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومركز بهابها لأبحاث الذرة (BARC) في الهند بإعداد برنامج التقييم الإقتصادي للهيدروجين (HEEP) بالتعاون والإتفاق المتبادلين. ويمكن للبرنامج إجراء عمليات إنتاج الهيدروجين المتنوعة، والتي تغطي التحليل الكهربائي التقليدي، والتحليل الكهربائي في درجات حرارة منخفضة وعالية، والعمليات الحرارية – الكيميائية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن مقارنة مصادر الطاقة النووية ومصادر الطاقة الأحفورية بواسطة البرنامج. وتتضمن نمذجة البرنامج العديد من جوانب إقتصاد الهيدروجين، بما في ذلك خيارات لإزالة أو تضمين تفاصيل محددة مطلوبة من قبل المستخدمين، ومنها التخزين والنقل والتوزيع.

تمت دراسة العديد من التقنيات النووية المنتجة للهيدروجين من قبل مجموعات بحثية مختلفة في جميع أنحاء العالم. هناك العشرات من طرق وتقنيات إنتاج الهيدروجين من مصادر عديدة مثل الوقود الأحفوري والطاقة المتجددة والطاقة النووية نفسه. يعد نظام الطاقة النووية الهجينة (NHES) أحد التقنيات المطلوبة، حيث يمكّن من إنتاج كل من الهيدروجين والكهرباء منخفضة التكلفة. يمكن لمفاعل الطاقة النووية أن يولّد الحرارة والكهرباء وينتج الهيدروجين من الماء. تغطي الأبحاث المنشورة مجموعة متنوعة من عمليات إنتاج الهيدروجين، مثل التحليل الكهربائي للمياه التقليدية، وتشكيل (Reforming) البخار، والتحليل الكهربائي للبخار في درجات حرارة عالية، والدورات الهجينة والكيميائية – الحرارية.

التحليل الكهربائي هو تقنية مجربة لإنتاج الهيدروجين منذ إختراع الكهرباء. تبلغ طاقة الارتباط الجزيئي لـ H_2 في H_2O 120 ميغا جول/كلغ، وهذا هو الحد الأدنى من إجمالي الطاقة اللازمة لإنتاج 1 كلغ من H_2، والتي يمكن أن تكون على شكل حرارة أو طاقة كهربائية. وبالتالي، فكلما زادت الطاقة الحرارية، ستكون هناك حاجة إلى طاقة كهربائية أقل، كما هو موضح في الشكل (1) على مدى درجة حرارة 100–900 درجة مئوية. ويمكن توفير المدى الأقل من 300 درجة مئوية بواسطة المفاعلات النووية التقليدية ومفاعلات الجيل الثالث. أما بالنسبة للمدى الأعلى من 500 درجة مئوية، فستكون هناك حاجة إلى مفاعلات الجيل الرابع، حيث يمكن توفير طاقة كهربائية كبيرة. تزيد درجات حرارة التشغيل المرتفعة أيضاً كلاً من كفاءات توليد الكهرباء والهيدروجين، كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (1): مدخلات الطاقة للتحليل الكهربائي عند درجة حرارة عالية



الشكل (2): كفاءة إنتاج الكهرباء والهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي بدرجة حرارة عالية

على الرغم من أن التحليل الكهربائي يعد تكنولوجيا راسخة ذات مستوى عالي من الخبرة التكنولوجية وقاعدة البيانات، يظل التحدي الرئيسي هو فقدان الطاقة على مستوى عالٍ خلال التحويل إلى الكهرباء. مما يجعل ما يقرب من ثلثي الطاقة الحرارية النووية المولّدة بواسطة محطات الطاقة النووية التقليدية ذات كفاءة ديناميكية حرارية تصل إلى حوالي 30–35%. ومن ثم فإن التحدي التقني الرئيسي لإنتاج الهيدروجين النووي هو زيادة درجة حرارة مخرج المفاعل لزيادة الكفاءة، وأيضاً لتوفير حرارة تسخين بدرجة عالية لإنتاج الهيدروجين بطريقة مباشرة. تذهب الكفاءة الديناميكية الحرارية العالية إلى تكلفة تكنولوجيا تأمين مواد جديدة لمقاومة درجات الحرارة العالية. وسيؤدي ذلك إلى زيادة تكاليف إنشاء وتشغيل المحطة بشكل كبير. من ناحية أخرى، يمكن لدورات إنتاج الهيدروجين المباشرة في درجات حرارة متوسطة أن تستخدم سبائك فولاذية ذات تقنية راسخة. يتجه البحث نحو إستكشاف الطاقة النووية لإنتاج الهيدروجين بطريقة مباشرة وبتكاليف أقل، على الرغم من أن هذا يسير

في اتجاه عكسي مع الكفاءة الديناميكية الحرارية الأعلى في نفس المحطة. في إقتصاد الهيدروجين على نطاق واسع، يمكن أن تصبح المحطات أحادية الغرض أكثر إقتصاداً من المحطات ثنائية الغرض.

إن عملية فصل الماء الكيميائي – الحراري تحوّل الماء إلى أكسجين وهيدروجين مع حرارة عالية من خلال مجموعة من التفاعلات الكيميائية التحفيزية. خضعت أنظمة هجينة مختلفة للدراسات مثل: التحليل الكهربائي بغشاء التبادل البروتوني (PEM)، والتحليل الكهربائي للمياه القلوية، وخلايا التحليل الكهربائي للأكسيد الصلب (SOEC)، ودورات بروميد الكالسيوم الكيميائية – الحرارية (Ca–Br)، والكبريت الهجين (HyS)، ودورات النحاس – الكلور (Cu–Cl) والكبريت–اليود (S–I).

تتطلب تقنيات إنتاج الهيدروجين درجات حرارة مختلفة؛ من منخفضة (أقل من 300 درجة مئوية) إلى متوسطة (أقل من 750 درجة مئوية)، إلى عالية (أقل من 950 درجة مئوية). يتم توفير درجات الحرارة هذه بواسطة المفاعلات النووية من الجيل الثالث والرابع. ويمكن أن توفر مفاعلات الجيل الرابع قيد التطوير كلاً من الكهرباء بكفاءة ديناميكية حرارية أعلى تصل إلى 50% وتسخين عالي الحرارة للدورات الحرارية – الكيميائية الهجينة والتحليل الكهربائي بدرجة حرارة عالية، بحيث يمكن إستخدام المفاعلات النووية من الجيل الرابع لتلبية احتياجات درجات الحرارة العالية والكهرباء للدورات الحرارية – الكيميائية الهجينة وطرق التحليل الكهربائي ذات درجات الحرارة العالية.

يوفر مفاعل كاندو (CANDU ACR–1000) المتقدم طاقة حرارية وكهربائية لعملية التحليل الكهربائي بالبخار. يمكن للطرق الحرارية–الكيميائية أن تستخدم الطاقة الحرارية بصورة مباشرة. وبالتالي، فهي أكثر كفاءة في إستخدام الطاقة من التحليل الكهربائي لإنتاج الهيدروجين على نطاق واسع وهي تقنية ناشئة. حددت الدراسات السابقة أكثر من 200 دورة حرارية – كيميائية ممكنة. تم تحديد الطرق الكيميائية–الحرارية الأكثر شيوعاً في هذه الدراسات. وتم تنفيذ دورة النحاس–الكلور الحرارية–الكيميائية (Cu–Cl) والتحليل الكهربائي بواسطة مجموعة من الباحثين الكنديين. تم

التأكيد بأن دورة Cu–Cl هي أكثر الدورات الواعدة من قبل الباحثين في شركة الطاقة الذرية الكندية المحدودة(AECL) ، ومختبرات تشوك ريفر(CRL) ، لإنتاج الهيدروجين الكيميائي–الحراري بإستخدام مفاعل الماء فوق الحرج من الجيل الرابع (SCWR). وتتطلب دورة Cu–Cl حداً أقصى قدره 530 درجة مئوية، مما يقلل من متطلبات المواد، خاصة بالمقارنة مع دورات درجات الحرارة المرتفعة الأخرى. يمكن توفير متطلبات درجة الحرارة لدورة Cu–Cl من خلال تقنيات مختلفة مثل المفاعل المبرد بالماء فوق الحرج (SCWR) أو المفاعلات الولودة السريعة (FBRs).

علاوة على ذلك، حقق الباحثون الكنديون تقدماً كبيراً في إستخدام الهيدروجين النووي بالتحليل الكهربائي ودورة النحاس–الكلور الحرارية–الكيميائية (Cu–Cl). إمتد عملهم في التحليل الكهربائي ليشمل أبحاث المواد المتقدمة، والخصائص الحرارية – الكيميائية، والضوابط، والموثوقية، والأمان، والتحليل الإقتصادي، علاوة على إقتران محطات إنتاج الهيدروجين ومحطات الطاقة النووية في مجمع متكامل. تشمل دراسات إنتاج الهيدروجين النووي قدرات المحطة وعوامل القدرة ونتائج أخرى.

عملت مجموعات البحث الأمريكية بشكل مكثف على المفاعلات المبردة بالغاز ذات درجة الحرارة العالية (HTGR) لدورة اليود – الكبريت (S–I). وقد شجع المنتدى الدولي للجيل الرابع (GIF) على تطوير التحليل الكهربائي للبخار ذي الكفاءة ودرجة الحرارة العاليتين والعمليات الكيميائية – الحرارية لإنتاج الهيدروجين النووي على المدى الطويل. وعلى الرغم من وجود العديد من الدراسات لإنتاج الهيدروجين من مصادر الطاقة التقليدية والبديلة، إلا أنه لم تكن هناك دراسات مقارنة كافية لمحطات الطاقة النووية من الجيل الرابع لطرق إنتاج الهيدروجين الرئيسية المناسبة.

أظهرت الدراسة المرجعية أن الطاقة النووية ضرورية كمصدر أساسي للطاقة من أجل موثوقية وإستدامة إنتاج الهيدروجين على نطاق واسع من خلال الدورات الحرارية – الكيميائية الهجينة، أو التحليل الكهربائي للبخار ذي درجة الحرارة العالية.

المفاعلات النووية من الجيل الرابع لإنتاج الهيدروجين

في المفاعلات التقليدية، تؤدي القيود على درجات حرارة المبرد والمهدئ إلى تقليل كفاءة طاقة المفاعل، مما يؤدي إلى عدم توفر معظم الطاقة التي يتم الحصول عليها. ويتم فقد حوالي ثلثي الطاقة النووية على شكل حرارة ضائعة ويتم إطلاقها في البيئة. من أجل إستخدام احتياطيات الوقود النووي بكفاءة أكبر، من الضروري زيادة درجة حرارة مبرد المفاعل. ولزيادة كفاءة الطاقة، تتم دراسة ستة أنواع من المفاعلات وتطويرها في المستقبل القريب في إطار برنامج GEN–IV.

ركز برنامج المنتدى الدولي للجيل الرابع (GIF) على مصادر الحرارة النووية المتقدمة مع عمليات إنتاج الهيدروجين الفعالة بإستخدام إما حرارة عالية أو كهرباء. وتمت مناقشة مواضيع مثل دراسات البحث والتطوير حول GIF، والابتكار للمفاعلات المتقدمة، وجدول أعمال GIF، ومعايير الأمان، ومبادرة القطاع الخاص، والمرونة، والإبتكارات التقنية. وتم تناول التطوير المستقر للطاقة النووية والحماية المادية وعدم انتشار المواد النووية والأمان والموثوقية والاقتصاد في التقرير الصادر عن GIF.

يمكن لمحطات الطاقة النووية من الجيل الرابع (GEN–IV) إستخدام مجموعة متنوعة من الوقود والمواد الخصبة، مثل البلوتونيوم بدرجة المفاعلات (RG–Pu) أو الأكتينيدات الطفيفة (MA) من الوقود المستهلك من المفاعلات التقليدية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن إنتاج البلوتونيوم من U^{238} أو اليورانيوم U^{233} من الثوريوم كوقود نووي ثمين أثناء تشغيل المفاعل. يتم إجراء دراسات بحثية في جميع أنحاء العالم لتطوير مفاعلات الجيل الرابع من أجل الكفاءة الكهربائية العالية، وكذلك للتحليل الكهربائي للبخار ذي درجة الحرارة العالية والدورة الحرارية – الكيميائية ذات درجة الحرارة العالية أو العمليات الهجينة لفصل المياه من أجل إنتاج الهيدروجين. ويوجد عدة أنواع من مفاعلات الجيل الرابع هي:

1. المفاعل السريع المبرد بالغاز (GFR)
2. مفاعل درجة الحرارة العالية جداً (VHTR)
3. المفاعل السريع المبرد بالرصاص (LFR)

4. المفاعل السريع المبرد بالملح المصهور (MSFR)
5. المفاعل المبرد بالماء فوق الحرج (SCWR)
6. المفاعل السريع المبرد بالصوديوم (SFR)

الاستنتاجات والتوصيات

يلعب الإبتكار في القطاع النووي دوراً مهماً في الحل طويل الأمد للحد من إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري والإنتقال إلى مستقبل منخفض الكربون. ستساعد تقنيات المفاعلات النووية في خلق الطاقة النظيفة المطلوبة لمزيد من الكهرباء على نطاق واسع من السيارات إلى وسائل النقل العام إلى التدفئة المنزلية وإنتاج الهيدروجين للمساعدة في الحد من تغير المناخ. لهذا السبب، لا غنى عن الطاقة النووية كمصدر أساسي للطاقة لإنتاج الهيدروجين على نطاق واسع ومستدام. وهناك ثلاثة أنواع من الفئات الرئيسية من المبردات المرشحة لمفاعلات الجيل الرابع النووية التي تؤدي إلى كفاءات حرارية عالية:

أ) الهليوم كمبرد غازي لـ GFB، HTR، VHTR. ويمكن العثور على الهليوم على الأرض فقط في المستويات العليا من موارد الغاز الطبيعي. ومن ثم، فإن موارد الهليوم محدودة. علاوة على ذلك، يعمل الهليوم تحت ضغوط عالية، ويتطلب قوة ضخ عالية ويتطاير بسهولة.

ب) المعدن السائل، أي الصوديوم للمفاعل السريع المبرد بالصوديوم (SFR) والرصاص أو الرصاص–البزموث سهل الإنصهار للمفاعل السريع المبرد بالرصاص (LFR).

ج) الملح المصهور للمفاعل السريع المبرد بالملح المصهور (MSFR).

تتطلب دورة الكبريت– اليود الحرارية – الكيميائية (S–I) درجة حرارة 850 درجة مئوية. والمرشحون الرئيسيون لتوفير درجات حرارة عالية للمخرج هم مفاعلات GFR و VHTR المبردة بالهليوم، مع كل عواقب التكنولوجيا الصعبة. ولدورة

النحاس – الكلور (Cu–Cl) الكيميائية – الحرارية لإنتاج الهيدروجين، ستكون مجموعة واسعة من مفاعلات الجيل الرابع مناسبة، وهي SCWR و SFR وMSFR و LFR و SCWR حيث أن درجة الحرارة القصوى هي 530 درجة مئوية. ومن ثم فإن دورة Cu–Cl هي تقنية مناسبة مقارنة بدورة (S–I). وتؤثر متطلبات درجة الحرارة المنخفضة أيضاً على تكاليف إنتاج الهيدروجين.

ترجمة: د. م. سعدو الظواهرة

هيئة الطاقة الذرية السورية

saldawahrah@aec.org.sy

References

(1) IAEA, “Releases 2019 data on nuclear power plants operating experience, power reactor information system (PRIS)”.

(2) Pinsky R. Comparative review of hydrogen production technologies for nuclear hybrid energy systems. Prog Nucl Energy 2020;123:103317

(3) Safari F. A review and comparative evaluation of thermo chemical water splitting cycles for hydrogen production. Energy Convers Manag 2020;205:112182.

(4) Sahin S. Comprehensive energy systems. Energy production, chapter 3.14. “Fission energy production”, vol. 3. Elsevier; 2018. p. 590-637.

(5) Yurman D. “U.S. nuclear plants to produce carbon-free hydrogen,” https://energypost.eu/ (September 17, 2019).

التصوير المقطعي المحوسب عالي الدقة بالأشعة السينية وتطبيقاته في العلوم الحيوية

Abstract

Computed tomography (CT) exploiting the penetrating power of X rays, introduced into clinical practice in 1972, was the first of the modern slice-imaging modalities. Regarding life sciences, X-ray CT allows non-invasive imaging of a large field of view, and sample preparation is comparatively straightforward. Nowadays, X-ray CT allows 3D imaging from the organism level all the way down to the level of the organelles within the cell. While it is often used in biological materials science as an imaging tool, its use is still growing and developing especially in biological studies. The application of X-ray CT, which has grown in recent years from a qualitative imaging tool to a quantitative analytical tool, to the life sciences is increasing, complementing traditional light and electron microscopy, and is likely to increase further with further advances in capability and analysis procedures.

مقدمـــة

في السنوات الأخيرة زاد إهتمام المجتمع العلمي بشكل مطرد بالعلوم الحياتية، التي تعنى بدراسة السلوك الميكانيكي للمواد الحيوية. ويرجع ذلك إلى إمكانية الإستفادة من المحاكاة الحيوية لهذه المواد. تعزز مجموعة من أدوات التصوير ثنائية الأبعاد، من الفحص المجهري الضوئي إلى الفحص الإلكتروني الماسح، الكثير مما نعرفه عن

العلاقات الهيكلية والوظيفية في علم الأحياء. وتم تطوير سير عمل الفحص المجهري الضوئي والإلكتروني الماسح للتمكين من التصوير ثلاثي الأبعاد. لتحديد ماهية المواد الحيوية بدقة في ثلاثة أبعاد، تستخدم تقنية عالية الدقة من أجل قياس ممتاز ودقيق لأبعاد وخصائص المواد الحيوية التي سيتم فحصها.

يسمح التصوير المقطعي المحوسب الذي يستغل قوة إختراق الأشعة السينية بالتصوير الدقيق غير الجراحي بمجال رؤية كبير. بالإضافة إلى أن هذه التقنية توفر صورة شريحة إفتراضية أو حتى صورة ثلاثية الأبعاد للهيكل البيولوجي في دراسات المحاكاة الحيوية، فإنها غالباً ما يتم إستخدامها لتحليل أكثر تفصيلاً للهيكل ثلاثي الأبعاد بإستخدام القياسات المتقدمة. في الأساس، يتضمن التصوير المقطعي المحوسب أخذ العديد من إسقاطات الأشعة السينية من زوايا مختلفة حول العينة. تكشف إسقاطات الأشعة السينية عن توهين الأشعة أثناء مرورها عبر العينة. يتم بعد ذلك إعادة بناء البيانات حسابيًا، مما ينتج عنه حجم افتراضي ثلاثي الأبعاد بتدرج اللون الرمادي لإمكانية التوهين للعينة. بمجرد إعادة بناء مجموعة البيانات ثلاثية الأبعاد، يمكن إستخراج الشرائح الإفتراضية في أي إتجاه وعمق للعينة.

تطور إستخدام تقنية التصوير المقطعي المحوسب في السنوات الأخيرة من أداة تصوير نوعي إلى أداة تحليلية ذات فائدة كبيرة لمجموعة متنوعة من المجالات التي تشمل علوم المواد والعلوم الحيوية والتطبيقات الصناعية والتصنيع. وبينما تستخدم هذه التقنية في العلوم الحيوية كأداة تصوير، إلا أن إستخدامها لا يزال يتطور خاصة في الدراسات الحيوية الدقيقة.

نبذة تاريخية

أصبح التصوير المقطعي المحوسب ممكناً مع تطور تكنولوجيا الحاسوب الحديثة. وقد تم تحقيق أول تطبيق عملي ناجح في عام 1972 من قبل المهندس الإنجليزي G N Hounsfield، الذي يُعرف الآن بأنه مخترع التصوير المقطعي. تم إنتاج أول صور للأشعة المقطعية السريرية في مستشفى بلندن عام 1972. وقدم أول

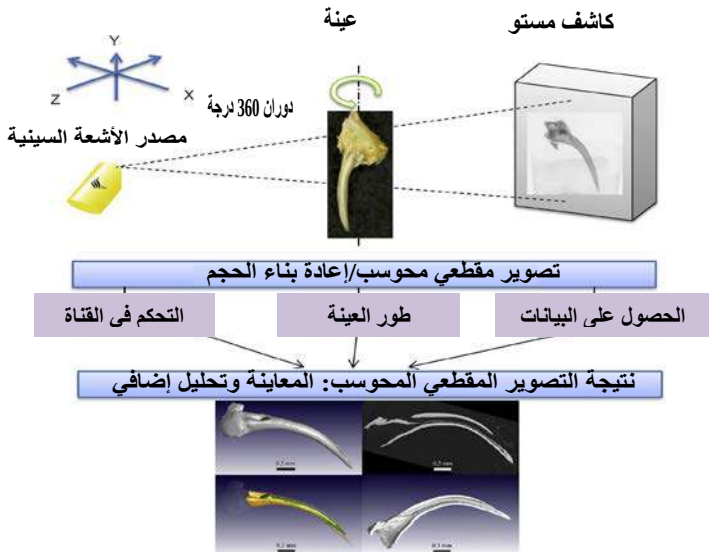
فحص للمريض أجري بإستخدام التصوير المقطعي المحوسب دليلاً مقنعاً على فعالية الطريقة من خلال الكشف عن ورم الفص الجبهي الكيسي. تم الترحيب بالتصوير المقطعي المحوسب على الفور وبحماس من قبل المجتمع الطبي، وغالباً ما يشار إليه على أنه أهم اختراع في الأشعة التشخيصية منذ اكتشاف الأشعة السينية. وقد أدى إدخال التصوير المقطعي المحوسب الحلزوني في عام 1989، والتطورات التالية في تكنولوجيا الأشعة السينية والكاشف والماسح، إلى تجديد الإهتمام بالتصوير المقطعي المحوسب ونهضة حقيقية في هذا المجال.

فيما يتعلق بالعلوم الحياتية، تم إدخال التصوير المقطعي المحوسب الميكروي لأول مرة إلى التطبيقات البحثية في عام 1982 عندما قام Elliott وزملاؤه بتصوير الجزء الداخلي من قوقعة الحلزون. وتتضح التطورات اللاحقة في التصوير المقطعي المحوسب الميكروي من خلال إظهار المرحلة المبكرة من التمعدن الحيوي للأراغونيت. تتيح هذه التطورات، جنباً إلى جنب مع التصوير المقطعي المحوسب النانوي، التصوير ثلاثي الأبعاد من مستوى الكائن الحي وصولاً إلى مستوى العضّيات داخل الخلية.

تقنية التصوير المقطعي المحوسب عالي الدقة بالأشعة السينية

تستخدم هذه التقنية مصدراً للأشعة السينية وعينة قابلة للدوران وكاشف رقمي. تم توضيح تقنية التصوير المقطعي المحوسب عالي الدقة بالأشعة السينية بشكل تخطيطي في الشكل (1) باستخدام ناب ثعبان. ينتج المصدر شعاعاً مخروطياً من الأشعة السينية التي يتم إرسالها من خلال وحول العينة الحيوية المراد تصويرها، مما يخلق صورة ظلية على كاشف الأشعة السينية. يزود هذا الكاشف الرقمي صوراً للأشعة السينية ثنائية الأبعاد (صور الإسقاط) في كل موضع أثناء دوران كامل للعينة حول محور عمودي على إتجاه الأشعة السينية. تتم إعادة بناء الصور التي تم الحصول عليها بإستخدام خوارزمية الإسقاط الخلفية المفلترة لإنشاء مجموعة بيانات ثلاثية الأبعاد. تتضمن عملية مسح التصوير المقطعي عادة تحضير العينة عن

طريق وضع العينة في حاوية منخفضة الكثافة متصلة بأجهزة الدوران. ومن المهم أن تظل العينة جامدة طوال مدة المسح بأكملها والتى يمكن أن تتراوح من دقائق إلى ساعة واحدة لإجراء فحص عالي الجودة.



الشكل 1: رسم تخطيطي لعملية المسح الدقيق. يتم تدوير عينة – في هذه الحالة ناب ثعبان – ببطء للحصول على صور الإسقاط بالأشعة السينية، وتتم إعادة بنائها لإنشاء مجموعة بيانات ثلاثية الأبعاد تمثل العينة، والتي يمكن بعد ذلك عرضها وتحليلها في شرائح إفتراضية أو صور ثلاثية الأبعاد

تتبع التغيرات الهيكلية الدقيقة داخل عينة بإستخدام تقنية التصوير المقطعي مع مرور الوقت

نظراً لأن التصوير المقطعي لاإتلافي لبنية الخلايا، يمكن الحصول على تسلسل الصور لمراقبة التغيرات مع مرور الوقت. على سبيل المثال، تعمل الدراسات

الزمنية على تحسين فهمنا لنقل المياه في النباتات ونمو جذر النبات. كما تم تطبيق هذه التقنيات على الأنسجة التي تتطلب الإجهاد الميكانيكي للتوازن، مثل الأنسجة العضلية الهيكلية أو الإستجابة للضغط الداخلي مثل الشرايين. إن دراسات التحميل الميكانيكية هي أيضاً ذات أهمية للتحقيق في الأضرار التي لحقت بالأنسجة أو تحمل الضرر للجهاز المزروع داخل الجسم.

لقد ثبت أن التصوير المقطعي مفيد في دراسة أنظمة الجذور النامية، مما أدى إلى فهم أكبر للتفاعل بين الجذر والتربة في أنواع مختلفة من التربة وتقليل التلامس غير المتوقع بين التربة والجذر وزيادة مسامية التربة مع مرور الوقت. كما هو الحال مع الدراسات على المدى الطويل للخلايا الحية، فإن التعرض للأشعة السينية مصدر قلق. تم اقتراح حد تراكمي موصى به من 33 غراي للنباتات الحية ؛ ومع ذلك، فإن بعض الأنواع النباتية حساسة بشكل خاص للأشعة السينية.

أمثلة على استخدام تقنية التصوير المقطعي المحوسب عالي الدقة بالأشعة السينية في العلوم الحياتية

جرى إستخدام تقنية التصوير المقطعي في العديد من النظم الحيوية التي تشمل النباتات واللافقاريات والأسماك والزواحف والطيور والثدييات والبشر. وقد أثبتت هذه التقنية فاعلية عالية للتصوير بدقة كبيرة والمحاكاة الحيوية في مختلف النظم الحيوية التي جرى إختبارها.

1- النباتات:

تعد النباتات ذات أهمية كبيرة لدراسات المحاكاة الحيوية، خاصة تلك التي تركز على سمات سطح الأوراق والأنظمة الحيوية. على الرغم من أن تصوير المجهر الإلكتروني الماسح لا يزال هو الطريقة الرائدة لتصوير هياكل النباتات، إلا أن عدداً من الدراسات الحديثة التي تستخدم التصوير المقطعي قد أضافت بشكل كبير إلى فهمنا لهياكل النبات وبالتالي فتحت الأبواب أمام تصاميم المحاكاة الحيوية. على

سبيل المثال، من خلال إستخدام التصوير المقطعي والمسح الضوئي ثلاثي الأبعاد، تم الحصول على نظرة ثاقبة في السيقان النباتية المتفرعة، والتي بدورها يمكن أن تكون بمثابة مصدر مهم لتحسينات المحاكاة الحيوية للمفاصل في الأجزاء الهندسية.

2- اللافقاريات:

تعتبر اللافقاريات كائنات حية نموذجية مثيرة للإهتمام بشكل خاص للمحاكاة الحيوية، بسبب تنوعها الواسع. وكان العديد منها موضوع دراسات للمحاكاة الحيوية بإستخدام تقنية التصوير المقطعي. تمت دراسة الهياكل الخارجية للافقاريات على نطاق واسع بإستخدام تقنية التصوير المقطعي. على سبيل المثال، لا يمكن تحديد التفاعلات المعقدة بين الصفائح المجاورة في القشريات الصغيرة اللزجة إلا من خلال إستخدام طرق التصوير ثلاثية الأبعاد اللاإتلافية للخلايا. وبالمثل، فقد تم تحليل الهيكل الخارجي لقنفذ البحر وله هيكل قوي ولكنه شديد المسامية. كشف تحليل سماكة الدعامة والتباعد بين هذه البنية المقاسة بإستخدام تقنية التصوير المقطعي أنه يمكن تحقيق مسامية عالية دون المساس بقوتها عن طريق تغيير تباعد الدعامات.

إلى جانب الهياكل الوقائية، تم تحليل أسلحة الحشرات، مثل الفك السفلي لخنافس الأيل بواسطة تقنية التصوير المقطعي في الماضي. وبشكل أكثر تحديداً، فإن التحقيق الميكانيكي الحيوي للضغوط في الفك السفلي أثناء المعارك ووصف المستقبلات الميكانيكية على الفك السفلي قد حظي باهتمام كبير خلال السنوات القليلة الماضية. تم فحص نظام المفصلات بجناح اليعسوب باستخدام مجموعة من طرق التصوير والمحاكاة بما في ذلك التصوير المقطعي. كانت أجنحة اليعسوب موضوعاً للعديد من التحقيقات حول رؤى المحاكاة الحيوية في أنظمة الطيران. تمت دراسة المجالات المرئية للنحل بإستخدام نمذجة تقنية التصوير المقطعي والنمذجة البصرية، مما يوفر نظرة ثاقبة على المعلومات المرئية المستخدمة للملاحة في غابة كثيفة، والتي يمكن أن تكون مفيدة للمحاكاة الحيوية لأنظمة الطيران الذاتية.

3- الأسماك:

كانت الأسماك موضوع عدد من دراسات المحاكاة الحيوية، والتي ركزت بشكل خاص على التحرشف، بسبب دورها الوقائي وكذلك قدرتها على تقليل الاحتكاك في الماء. تم تحليل قشور أسماك التمساح بواسطة التصوير المقطعي الذي يوضح الشعيرات الدقيقة الداخلية وإتجاهها بالنسبة لمسار الشق أثناء تجارب صلابة الكسر. وُجد أن الشعيرات الدقيقة تعمل كمانع للكسر. تم تحليل الدرع الجلدي لشوكة سمكة أبو شوكة بالتفصيل عن طريق الطباعة الدقيقة وثلاثية الأبعاد، والتي تظهر أشكال مختلفة من صفيحة الدروع وآلياتها المتشابكة وتوزيعات سماكتها وطبيعتها المسامية، مما يشير إلى دورها في الحد من الضرر الناجم عن اللدغات. تم تحليل عظام فرس البحر بواسطة إختباري التصوير المقطعي والإنضغاط، مما يدل على قدرة عالية جداً على التشوه المرن والتشوه البلاستيكي الذي يعمل على منع الكسر عند تعرضه لقوى عض من الحيوانات المفترسة. في دراسة حديثة، تم إستخدام تقنية التصوير المقطعي لطباعة وحدات دروع جلدية ثلاثية الأبعاد واستخدمت لتحليل خصائص الإنحناء لتركيبات وحدات الدروع. تم إنجاز الكثير من الأعمال الحديثة في الطباعة ثلاثية الأبعاد للدروع الجلدية من مختلف الأنواع.

4- الزواحف:

حظت الزواحف بإهتمام أقل بكثير في مجال المحاكاة الحيوية، على الرغم من التباين الواسع في الهياكل الموجودة في هذه المجموعة. إستخدمت الأعمال الحديثة لتقنية التصوير المقطعي للتحقيق في التشكّل الداخلي والخارجي لأنياب الثعابين ضمن إطار نسبي؛ حيث جرى وصف ثلاثة أشكال مختلفة وناقشوا أن أنياب الثعابين يمكن تحسينها ميكانيكياً لعض الفريسة وثقبها. تم توسيع هذا العمل مع التحليلات الشكلية المتقدمة والإستفادة من محاكاة التحميل المستندة مباشرة إلى التصوير المقطعي. ونظراً لأنه تم تحسين الأنياب للحقن والتسمم، فقد تكون البيانات مفيدة بشكل خاص للمحاكاة الحيوية المستقبلية للإبر الجراحية. تمتلك الزواحف المختلفة

هياكل واقية، بما في ذلك الدروع والجلد العظمي. وفي دراسة للصدفة الظهرية للسلحفاة البحرية، تم إستخدام التصوير المقطعي لوصف الهيكل ثلاثي الأبعاد للخيوط المتشابكة. تم وصف الطبيعة الوقائية للدروع الجلدية للسحلية مؤخراً، بالإضافة إلى الدور المحتمل الذي قد تلعبه هذه الهياكل أثناء التنظيم الحراري.

5- الطيور:

لدى الطيور القدرة على الطيران، وبالتالي فإن العظام خفيفة الوزن والخصائص الديناميكية الهوائية هي مصادر محاكاة حيوية للعديد من التطبيقات الممكنة. بسبب الوزن المنخفض للغاية لعظام الطيور، والتى من المتوقع أن تكون حاسمة لقدرتها على الطيران، تمت دراسة جوانب مختلفة من عظام الطيور وريشها. قدمت تقنية التصوير المقطعي معلومات ثاقبة حول التعزيزات في عظام أجنحة الطيور وكذلك شكل الريش. إلى جانب الطيران، كانت مناقير الطيور محور دراسات المحاكاة الحيوية. بدأت دراسة في عام 2010 لقدرة نقار الخشب على إمتصاص الصدمات، والتي أظهرت تصميم المحاكاة الحيوية لإمتصاص الصدمات في الأجهزة الدقيقة. إستخدم العمل الأحدث تقنية التصوير المقطعي لمقارنة أشكال عظام الدجاج ونقار الخشب التي تشير إلى مناطق ذات كثافة وسماكة أعلى، والاختلافات المحددة التي يمكن أن تكون مرتبطة بقدرة نقار الخشب على إمتصاص الصدمات.

6- الثدييات:

تعد الثدييات مصادر للمحاكاة الحيوية في العديد من التطبيقات بما في ذلك المواد الواقية والمواد القوية من أسلحة الحيوانات (القرون والعمود الفقري)، ويتم قدر كبير من العمل على المحاكاة الحيوية لهندسة أنسجة العظام لتحسين الشفاء. تم إستخدام تقنية التصوير المقطعي للبنية الداخلية لجروح العظام في وقت مبكر من عام 2009، الذي أظهر هياكل الخياطة المتشابكة ثلاثية الأبعاد. بحثت بعض الأعمال الحديثة في قدرات الحماية من الصدمات لألواح الدروع الخزفية، إستناداً إلى هندسة قشور الأسماك والجلد العظمي للحيوان المدرع. تم تحليل الدور الوقائي للدروع الواقية لجسم Glyptodont (حيوان ثديي منقرض) بإستخدام فحوصات التصوير المقطعي والمحاكاة ونهج الهندسة العكسية مع الطباعة ثلاثية الأبعاد للنماذج. يعد هذا الحيوان

المنقرض نظاماً نموذجياً مثيراً للإهتمام حيث من المفترض أن درعه قد تطور لتحمل ضربات الذيول القوية من أنواع معينة. تمت دراسة جماجم حيوان البنغول بواسطة تقنية التصوير المقطعي لخصائصها الوقائية، ولا سيما تم تصوير مسارات الشقوق عبر الجماجم بعد الاختبارات الميكانيكية. وتم تحليل أشواك القنفذ بواسطة التصوير المقطعي والاختبار الميكانيكي مؤخراً، مما يُظهر هيكلاً مثيراً للاهتمام مع قلب رغوي ثنائي الهيكل، ويفترض أنه يزيد من قوة الإنحناء مع تقليل الكتلة.

7- *البشر:*

من المحتمل أن تكون هندسة أنسجة العظام هي المجال الذي يجذب أكبر قدر من الإهتمام بتقليد الطبيعة؛ الهدف هو إنشاء دعائم تساعد على نمو عظام جديدة، خاصة فى زراعة العظام. إنتشرت محاولات تقليد بنية العظام القشرية على نطاق واسع. يتعلق الموضوع بالتصنيع الإضافي للدعائم. ومع ذلك، فإن تصميم وكثافة الهيكل الشبكي يؤثران على أحجام الدعامة والمسام التي تؤثر على وظائفها.

الإجراءات التي تؤخذ بعين الاعتبار لدى إستخدام التصوير المقطعي

يجب مراعاة العديد من الجوانب العملية فيما يتعلق بالتصوير المقطعي، بما في ذلك وقت الإستحواذ والتكلفة والوصول إلى المعدات ومعالجة الصور وإدارة البيانات. بشكل عام، مع زيادة الدقة المكانية، يزداد وقت المسح المطلوب أيضاً. في حين أن التصوير المقطعي الميكروي بالأشعة السينية في المختبر قد يستغرق بضع ساعات، من المتوقع أن يتطلب التصوير المقطعي النانوي ضعف هذا المقدار من الوقت على الأقل. ومع ذلك، يمكن التغلب على قيود وقت الإستحواذ إلى حد كبير من خلال استغلال السطوع العالي لمصادر الأشعة السينية. إعتماداً على الدقة المطلوبة، يمكن الحصول على ما يصل إلى عشر عمليات مسح ضوئي في الثانية. ينتج التصوير المقطعي عالي الدقة كميات كبيرة جداً من البيانات بسرعة كبيرة، مما قد يكون من الصعب إدارته، ويستغرق وقتاً وجهداً كبيرين في التحليل. ونظراً لوجود عدد قليل نسبياً من مرافق السنكروترون على مستوى العالم، فإن الوصول إليها محدود، وغالباً ما يكون مقيداً ببضعة أيام في كل مرة، مما يحظر بعض الدراسات على المدى

الطويل. يمكن أن تكون تجزئة مجموعات بيانات التصوير المقطعي الميكروي والنانوي ثلاثية الأبعاد مكلفة في الوقت، خاصة إذا كان التدخل اليدوي مطلوباً لتحديد مناطق أو مراحل مختلفة داخل كل شريحة. وبالنظر إلى المستقبل، تتم تجزئة مجموعات بيانات التصوير المقطعي للإستفادة من ظهور تقنيات التعلم الآلي، والتي يتم تطويرها حالياً في المجال الطبي للتعرف على الأمراض والتعامل مع الطب الشخصي وكذلك في المجالات الأخرى لتحليل رؤية الحاسوب.

قيود التصوير المقطعي المحوسب

على الرغم من مزاياها العديدة، إلا أن تقنية التصوير المقطعي لها قيود مهمة يجب أخذها في الإعتبار. يشتمل القيد الأول على أحجام النطاق الخلوي، وبالتالي لا يوفر حلاً شاملاً لتحليل المواد الحيوية عبر جميع المقاييس. وللحصول على تحليل هيكلي أكثر تفصيلاً في المقياس النانوي، يجب دمج تقنيات التصوير الأخرى مع تقنية التصوير المقطعي. يتضمن القيد الثاني عدم إشتمال أي تحليل كيميائي، مما يتطلب أن يكون لدى المستخدم بعض المعرفة بخصائص المواد، أو يتطلب مجموعات من التقنيات التحليلية لتوفير مزيد من الرؤية. القيد الثالث، هو أنها تقنية جديدة نسبياً تتطلب خبرة كبيرة للحصول على بيانات عالية الجودة، والنتيجة هي أنه ليست كل عمليات المسح عالية الجودة، وليست كل البيانات مفيدة، وغالباً ما تستغرق معالجة البيانات وقتاً طويلاً.

الإستنتاج

تعد تقنية التصوير المقطعي مفيدة بشكل خاص عندما يحتاج الهيكل إلى تصوير لإتلافي أو عندما تكون البنية ثلاثية الأبعاد ذات أهمية خاصة وتتطلب القياس الكمّي. طُورت الأشعة السينية لتصبح أكثر من مجرد أداة تصوير بفضل التطورات في أدوات الأجهزة والبرامج، مما يوفر رؤية ثلاثية الأبعاد فريدة ومنظوراً في بنية المواد الطبيعية ويمكن أن تساعد في فهم سلوكها، من خلال القياسات والمحاكاة المتقدمة و تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. أصبح من الممكن الآن معرفة المزيد من الهياكل الطبيعية وتحسين تصميم أجهزة المحاكاة الحيوية وهياكل الهندسة الحيوية باستخدام الفهم المباشر والكمّي من البيانات ثلاثية الأبعاد للهياكل الطبيعية.

سيكون تحسين كفاءة وأتمتة مرحلة تجزئة تحليل البيانات مفيداً بشكل خاص من منظور عملي، مما يسمح بتحليل عدد أكبر من مكررات العينة في فترة زمنية عملية. تتوفر عمليات التجزئة المؤتمتة حالياً، ولكنها لا تكون فعالة في حالة وجود ضجيج عالي أو تباين ضعيف في البيانات. وقد تؤدي الجهود المبذولة لتحسين جودة التصوير إلى تمكين التجزئة الآلية بسهولة أكبر. بالإضافة إلى ذلك، فإن التطوير مستمر لتحسين قدرات التجزئة الآلية للبرامج من خلال طرق مثل التعلم الآلي. يتزايد تطبيق التصوير المقطعي في علوم الحياة، ويكمل المجهر الضوئي التقليدي والإلكتروني الماسح، ومن المرجح أن يزداد أكثر مع مزيد من التقدم في القدرات.

د. م. نشأت صقر

هيئة الطاقة الذرية السورية

nsakr@aec.org.sy

References

(1) Du Plessis A, Broeckhoven C. 2019. Looking deep into nature: A review of micro-computed tomography in biomimicry. Acta Biomaterialia 85: 27–40.

(2) Endrizzi M. 2018. X-ray phase-contrast imaging. Nuclear Inst Methods Physics Res A. 878: 88–98.

(3) Maire E, Withers PJ. 2014. Quantitative X-ray tomography, Int. Mater. Rev. 59: 1–43.

(4) Rawson SD, Maksimcuka J, Withers PJ, Cartmell SH. 2020. X-ray computed tomography in life sciences. BMC Biology18: 21.

تحديات القوى النووية للإحتباس الحراري ومؤتمر الأطراف COP27

Abstract

Climate change is one of the most important issues facing the world today. Nuclear power can make a significant contribution for reducing greenhouse gas (GHG) emissions worldwide, meet the increasing demands for energy, and support global sustainable development. It has considerable potential to meet the challenge of climate change by providing electricity, district heating, and high temperature heat for industrial processes with reduced GHGs. To address the challenges posed by climate change, and to achieve the goals established in the 2015 Paris Agreement Under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), a significantly greater deployment of low carbon energy technologies is needed. The potential role of nuclear power was also addressed in the 2018 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Special Report on Global Warming of 1.5ºC. The International Atomic Energy Agency (IAEA) released a comprehensive report on Nuclear Technologies and Climate Adaptation in Africa on the sidelines of COP27 held in Egypt, November 2022, describing how these technologies are already being widely used to build resilience on the continent.

مقدمـــة

يعد تغير المناخ من أهم القضايا التي تواجه العالم اليوم. يمكن للطاقة النووية أن تساهم بشكل كبير في الحد من إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري (GHGs) في جميع أنحاء العالم، بينما تلبي في الوقت نفسه الطلبات المتزايدة على الطاقة لسكان

العالم ودعم التنمية المستدامة العالمية. تمتلك الطاقة النووية إمكانات كبيرة لمواجهة التحدي المتمثل في تغير المناخ من خلال توفير الكهرباء والتدفئة والتسخين لدرجات حرارة مرتفعة في العمليات الصناعية مع عدم إنتاج غازات الدفيئة تقريبًا. لمواجهة التحديات التي يفرضها تغير المناخ، ولتحقيق الأهداف المحددة في إتفاقية باريس لعام 2015 بموجب إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC)، هناك حاجة إلى نشر تقنيات الطاقة منخفضة الكربون. يمكن للطاقة النووية أن تلعب دورًا هامًا في تحقيق ذلك. وكمصدر للطاقة واسع النطاق وموثوق، يمكن أن تساهم الطاقة النووية أيضًا في الأبعاد الإقتصادية والإجتماعية الأوسع للتنمية المستدامة. وقد تم تناول الدور المحتمل للطاقة النووية في التقرير الخاص الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) لعام 2018 بشأن الاحترار العالمي عند 1.5 درجة مئوية.

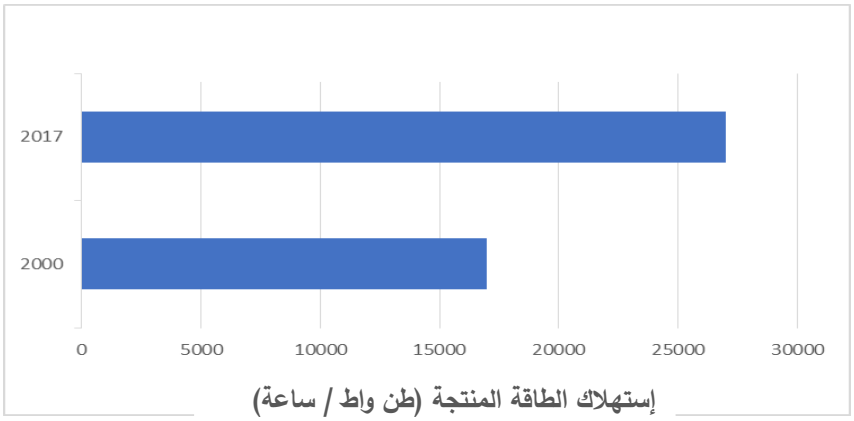
أصدرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) في مؤتمر الأمم المتحدة لتغير المناخ (COP27) الذي عقد في نوفمبر 2022 في مصر، تقريرًا شاملاً عن التقنيات النووية والتكيّف مع المناخ وخاصة في قارة أفريقيا، يصف كيفية إستخدام هذه التقنيات على نطاق واسع في القارة. إن الطاقة النووية هي مصدر طاقة منخفض الكربون. ففي عام 2018، أنتجت الطاقة النووية حوالي 10 % من كهرباء العالم. جنبًا إلى جنب مع التوسع في مصادر الطاقة المتجددة والتحول من الفحم إلى الغاز، ساهم إرتفاع إنتاج الطاقة النووية في تثبيت إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية عند 33 جيغا طن في عام 2019. ومن الواضح أن الطاقة النووية، كمصدر للكهرباء منخفض الكربون، يمكن أن تلعب دورًا رئيسياً في الإنتقال إلى الطاقة النظيفة مستقبلاً. إن التكنولوجيا النووية جزء من الحل لتخفيف إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري والتكيّف مع آثار تغير المناخ. كانت هذه هي رسالة المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية رافائيل ماريانو غروسي في مؤتمر الأمم المتحدة لتغير المناخ

هذا العام (COP27). وقد إفتتح السيد جروسي جناحًا نوويًا في المؤتمر تحت إشراف الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وفي إطار عملية بناء القدرات اللازمة لتحليل نظام الطاقة وتخطيطه، تقدم الوكالة الدولية للطاقة الذرية المساعدة إلى الدول الأعضاء لتقييم دور الطاقة النووية في الإستراتيجيات الوطنية الرامية إلى تخفيف الآثار المترتبة على تغير المناخ من خلال برنامج التعاون التقني والمشاريع البحثية المنسّقة. ومن ضمن هذه البرامج إستخدام العلوم والتكنولوجيا النووية لرصد الإنبعاثات والتغيُّرات البيئية التي تطرأ على المحيطات والنُّظم الإيكولوجية، والتخفيف من مصادر إنبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن إنتاج الطاقة، والتكيُّف مع الحقائق المناخية الجديدة.

دور الأمم المتحدة في قضية التغير المناخي

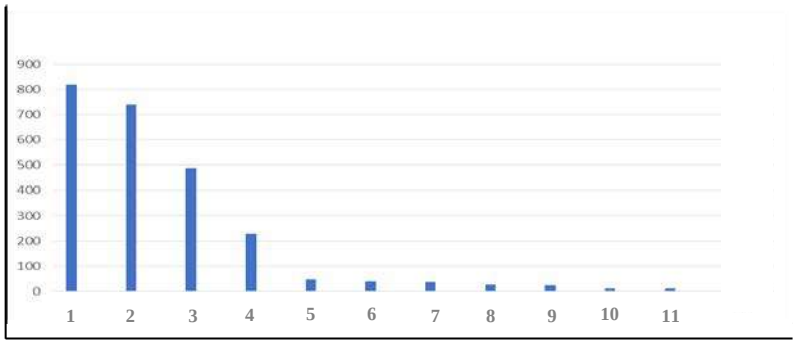
إعتبرت الأمم المتحدة تغير المناخ "القضية الحاسمة في عصرنا". والهدف الرئيسي لإتفاق باريس لعام 2015 هو الحفاظ على إرتفاع درجات الحرارة العالمية دون درجتين مئويتين. على الرغم من ذلك، تستمر إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بالطاقة في الإرتفاع لتصل إلى 33.1 مليار طن في عام 2018 وهو رقم قياسي؛ حيث زاد بأكثر من 40٪ منذ عام 2000. ولقد أدت الجهود الدولية المتضافرة على مدار العشرين عامًا الماضية إلى زيادة كمية الكهرباء المولّدة من طاقة الرياح والطاقة الشمسية وغيرها من المصادر المتجددة، لكنها فشلت في إستبدال الوقود الأحفوري بهذه المصادر. في واقع الأمر أنتج الوقود الأحفوري في عام 2017 المزيد من الكهرباء أكثر من أي وقت مضى. وقد حذرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) من أنه من المحتمل أن تزيد درجة حرارة الأرض لتصل إلى معدل زيادة 1.5 درجة مئوية بحلول عام 2030.



يوضح هذا الشكل معدل إستخدام الوقود الأحفورى مابين عامي 2000–2017

الطاقة النووية منخفضة الكربون

لا تنتج محطات الطاقة النووية إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري أثناء التشغيل. وعلى مدار دورة حياتها، تنتج الطاقة النووية نفس كمية إنبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة كهرباء مقارنة بالطاقة المنتجة من الرياح، وثلث الإنبعاثات لكل وحدة من الكهرباء عند مقارنتها بالطاقة الشمسية.



متوسط إنبعاثات ثاني اكسيد الكربون لمصادر الطاقة المختلفة (كيلوواط / ساعة)

1–الفحم 2– الكتلة الحيوية المحترقة 3– الغاز الطبيعى 4– الكتلة الحيوية 5– الطاقة الشمسية 6–الطاقة الشمسية للأسطح 7–الطاقة الحرارية الأرضية 8– الطاقة الشمسية للمبانى 9– الطاقة الكهرمائية 10–الطاقة النووية 11– طاقة الرياح

الطاقة النووية ومؤتمر الاطراف COP27

مشاركة الوكالة الدولية فى مؤتمر الأطراف COP27

أعلنت الوكالة الدولية للطاقة الذرية أنها شاركت في مؤتمر الأطراف السابع والعشرين لإتفاقية الأمم المتحدة لتغير المناخ (COP 27)، والذي إنطلق في مدينة شرم الشيخ بجناح يهدف إلى تسليط الضوء على الكيفية التي يمكن بها للعلوم والتكنولوجيا النووية وتطبيقاتها معالجة أزمة المناخ.

وذكرت الوكالة الدولية، في بيان لها، أن المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية قد ترأس وفدًا من الخبراء لعرض أحدث التقنيات النووية وتشجيع النقاش حول فوائد التكنولوجيا النووية في التخفيف من تغير المناخ والتكيّف معه. وركز جناح الوكالة على عدة مواضيع منها الإبتكار في مجال الطاقة والزراعة والأمن الغذائي والمحيطات والمياه. ونوّه البيان إلى أن العديد من الدول تواجه ارتفاعًا حادًا في تكاليف الطاقة بسبب مخاوف شح الإمداد، وقد تحّولت إلى الطاقة النووية التي تعد ثاني أكبر مصدر للكهرباء منخفض الكربون وتوفر حوالي 10% من الكهرباء في العالم، موضحاً أنه يمكن للتقنيات النووية مثل الهيدرولوجيا النظائرية والطفرات أن تساعد الدول أيضًا، ولا سيما النامية منها، على التكيف مع تأثير تغير المناخ على الأغذية والزراعة وإدارة المياه.

مشاركة روساتوم في مؤتمر الأطراف COP27

شاركت مجموعة روساتوم الحكومية الروسية للطاقة النووية في مؤتمر الأطراف COP27. وحضر ممثلون عنها جلسات نقاش حول "دور التقنيات النووية في التصدي للتحديات المناخية" جرت بمشاركة عدد من الأطراف المعنية من منطقة الشرق الأوسط والقارة الأفريقية. كما عقد ممثلو روساتوم إجتماعات ثنائية مع زملائهم الدوليين.

كان الحدث الرئيسي في برنامج روساتوم في إطار فعاليات المؤتمر هو "يوم الطاقة" المنعقد في 15 نوفمبر. وأقيمت على هامش المؤتمر فعالية نظمتها روساتوم بعنوان "مساهمة الطاقة النووية في إزدهار أفريقيا". وأشارت برينسي متومبيني، الناشطة الأفريقية المعروفة في مجال الطاقة النووية بجنوب أفريقيا، إلى أهمية أن تولي الدول الأفريقية إهتماماً لتجربة الدول المتقدمة التي تلجأ للطاقة النووية لحل المشاكل المتعلقة بالكفاءة المناخية وأمن الطاقة. وأكد مدير إدارة الطاقة المتجددة والنووية بوزارة الطاقة في غانا أن أمن الطاقة يشكّل مسألة ذات أولوية لضمان التنمية المستدامة لتعزيز الإمكانات الصناعية، وقال: "رغم أن الطاقة الكهرمائية تساهم بحصة قدرها حوالي 20% في حجم الطاقة الوطني، قد تواجه غانا بحلول عام 2030 نقصاً في الغاز وزيادة الإعتماد على واردات الغاز والتي يمكن أن تتأثر بتقلبات الأسعار. لهذا السبب من المهم أن يكون لدينا مصدر لتوليد الطاقة النووية. وتنص خارطة الطريق الخاصة بتطوير الطاقة النووية على أن حصة الطاقة النووية في البلاد ستصل إلى نحو 30%". كما بحث المشاركون في الجلسة الحلول التطبيقية التي يمكن أن تقدمها الصناعة النووية لتنمية جميع الدول وخاصة في القارة الإفريقية، بالإضافة إلى تناول التحديات التي قد تعرقل تطبيق تلك الحلول على أرض الواقع.

وفي هذا السياق، أشار رئيس هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء في مصر إلى أن تطوير البنية التحتية والإطار الرقابي اللازم لتحفيز تنمية الصناعة النووية وتنمية الموارد البشرية هي التحديات الرئيسية التي تواجهها الدول عند تطوير برامجها للطاقة النووية. وأشار النائب الأول لرئيس شركة روساتوم الروسية إلى أن القطاع النووي يواجه أيضاً تحديات تفرضها أجندة التنمية المستدامة. وقال: " لقد نجحنا بالفعل في جذب الإستثمار الأخضر من البنوك الروسية، ويسعدنا أن نشارك معرفتنا مع شركائنا وعملائنا".

وخلال إنعقاد طاولة مستديرة نظمتها هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء في الجناح المصري بالمؤتمر، تمت مناقشة دور مشروع إنشاء محطة الضبعة للطاقة النووية في تطوير مصادر الطاقة النظيفة والمستدامة في مصر. وجرى الحدث بمشاركة رؤساء عدد من المؤسسات النووية الأساسية في مصر والمنطقة إلى جانب المديرة العامة للرابطة النووية العالمية والنائب الأول لرئيس شركة روساتوم الروسية، الذي أشار في سياق إجابته على سؤال حول مساهمة محطة الضبعة النووية في تحقيق الأهداف الـ 17 للتنمية المستدامة للأمم المتحدة، إلى أن تنفيذ المشروع سيكون له تأثير مناخي إيجابي كبير، بما في ذلك منع إنبعاث ما يصل إلى 15 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً، بالإضافة إلى تطوير الموارد البشرية من خلال خلق الآلاف من الوظائف المؤهلة تأهيلاً عالياً في القطاع النووي والصناعات ذات الصلة، والتنمية الديناميكية للبنية التحتية في منطقة الإنشاء بأكملها. كما شّدد على أن المشروع سيضمن تنمية قطاع الطاقة النووية في الدول الأفريقية في ظل إنشاء مركز صناعي في مصر مع توطين صناعة المعدات الضرورية للقطاع النووي وتوفير الكوادر المؤهلة وذوي الخبرة في بناء وإدارة محطات الطاقة النووية.

وفي 15 نوفمبر، إنعقد في إطار مؤتمر "COP27" الحدث الرسمي لروسيا الإتحادية المكرّس لنهج البلاد في التكيف والتخفيف من آثار تغير المناخ، حيث أشاد النائب الأول لرئيس شركة روساتوم الروسية بمساهمة الطاقة النووية في وصول الإقتصاد الروسي إلى التنمية منخفضة الكربون، وقال: "تحتل روسيا حالياً المرتبة الرابعة عالمياً من حيث القدرة الإجمالية الإسمية لمحطات الطاقة النووية، ما يعني أن محطاتنا النووية تقدم مساهمة كبيرة في الحد من آثار تغير المناخ. وتزداد أهمية هذه المساهمة نظراً إلى التأثير المناخي الإيجابي لمحطات الطاقة النووية روسية التصميم العاملة في 13 دولة، حيث تمنع محطاتنا إنبعاث حوالي 200 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً، ما يشكل نحو سدس إجمالي التأثير المناخي للمحطات النووية

الموجودة في العالم". كما سلطت الجلسة الضوء على آفاق تطوير المفاعلات النووية منخفضة القدرة، التي توسّع بشكل كبير من إمكانيات استخدام الطاقة النووية في المناطق ذات الكثافة السكانية المنخفضة وفي الجزر والمناطق النائية حول العالم.

في 10 نوفمبر وفي إطار "يوم الشباب والأجيال القادمة" في المؤتمر، أقيمت فعاليات بمشاركة ممثلين عن أكاديمية روساتوم وأعضاء المجلس الإستشاري الشبابي لدى المدير العام للشركة. وقالت ممثلة المؤسسة المشاركة لمختبر جيوسياسات الطاقة من البرازيل: "نشهد الآن كيف تتغير صورة الطاقة النووية في عيون جيل الشباب عندما تتبين أن مصادر الطاقة الأخرى غير قادرة على ضمان خفض إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري بالوتيرة المطلوبة".

وأقيمت فعاليات بمشاركة ممثلين عن روساتوم في جناحي "الشباب والأطفال" "والهدف السابع للتنمية المستدامة"، تناولت المسائل المتعلقة بمساهمة الشباب في بناء مستقبل متوازن لقطاع الطاقة، بما يتوافق مع الأهداف المناخية المزمع تحقيقها بحلول عام 2050، وكذلك دور التعليم في تربية أجيال جديدة مسؤولة مناخياً. ووفقاً لنتائج استطلاع الرأي، فإن أكثر من 70% من الشباب المستطلعين في الدول النامية يرون أن إستخدام الطاقة النووية يمثل مفتاحاً للتصدي لتغير المناخ.

الخلاصة

ينبغي نشر جميع التقنيات التي يمكن أن تسهم في حل أحد أكبر التحديات التي تواجه البشرية. تواجه الصناعة النووية تحديات كثيرة، بالإضافة إلى الدور المهم الذي يجب أن تلعبه جميع مصادر الطاقة منخفضة الكربون. إن رؤية الصناعة لمستقبل إمدادات الكهرباء يهدف لبناء 1000 جيغاواط إضافية من المفاعلات النووية في جميع أنحاء العالم، بحيث توفر الطاقة النووية 25٪ من الكهرباء بحلول عام

2050. ومن خلال تحقيق الإنسجام والتنوع بين مصادر الطاقة النظيفة، يمكننا بناء عالم مستدام يحقق لكوكبنا الصورة الأفضل. وقد أثار المدافعون خلال مؤتمر قمة المناخ COP27 ضجة عبر الإنترنت ببيانات تحت عنوان "إذا كنت ضد الطاقة النووية، فأنت ضد حماية المناخ".

أ.د.وفاء محمد محمد مصطفى
مركز بحوث الأمان النووي والإشعاعي
هيئة الطاقة الذرية المصرية
wafaasalem21@yahoo.com

References

(1) https://www.un.org/ar/climatechange/science/key-findings.

(2) https://www.iaea.org/topics/nuclear-power-and-climate-change.

(3) (2021) الطاقة النووية والتغير المناخي – أ. د. عمر دسوقي – منظمة المجتمع العلمي العربي https://arsco.org› article-detail-32037-2.

(4) Eom, K., Kim, H. S., Sherman, D. K., and Ishii, K. (2016). Cultural variability in the link between environmental concern and support for environmental action. Psychol. Sci. 27, 1331–1339.

(5) Gifford, R., and Nilsson, A. (2014). Personal and social factors that influence pro-environmental concern and behavior: a review. Int. J. Psychol. 49, 141–157. doi: 10.1002/ijop. 12034.

الثوريوم والجيل القادم من المفاعلات النووية

Abstract

Thorium (Th) is a metal that could be used in molten salt reactors; one of the next generations of nuclear power in which the reactor coolant and the fuel itself are a mixture of hot molten salts. Th-232 is of interest for nuclear power generation because it can easily absorb neutrons and transform into Th-233. Th-233 can become protactinium-233, which in turn becomes a fissile and energy-producing isotope U-233. Thorium has many qualities: it produces less waste than plutonium or uranium and remains an attractive option for the future of nuclear energy. Thorium is a slightly radioactive metal found in rocks and soils and is quite abundant in the earth's crust. Its main isotope, Th-232, is about four times more abundant than U-238 and as abundant as lead. The amount found, could meet the energy needs for the next thousand years without need for uranium enrichment.

مقدمـــة

تم اكتشاف الثوريوم في عام 1828 من قبل الكيميائي السويدي جونز جاكوب برزيليوس، وهو معدن مشع قليلاً موجود في الصخور والتربة والقشرة الأرضية. ونظيره

الرئيسي متوفر أكثر بحوالي أربع مرات من نظير اليورانيوم (238 – U)، حيث يمكن أن يلبي إحتياجات الطاقة دون الحاجة إلى التخصيب المطلوب للوقود القائم على اليورانيوم.

يمكن إستخدام الثوريوم في مفاعلات الملح المصهور، أحد الأجيال القادمة من الطاقة النووية، حيث يكون مبرّد المفاعل والوقود نفسه مزيجًا من الأملاح الساخنة المصهورة. يعتبر الثوريوم – 232 (Th–232) مهمًا لتوليد الطاقة النووية لأنه يمكن أن يمتص النترونات بسهولة ويتحول إلى الثوريوم – 233.

يُصدر هذا النظير الجديد إلكترونًا ومضاد نيوترينو في غضون دقائق ليصبح بروتكتنيوم – 233 (Pa–233). يتحول هذا النظير بدوره إلى 233 – U، وهي مادة إنشطارية ممتازة. ويطلق إنشطار نواة اليورانيوم – 233 نفس كمية الطاقة (200 ميغا فولط) مثل تلك الموجودة في اليورانيوم – 235.

وللثوريوم العديد من المزايا، فهو ينتج نفايات أقل من البلوتونيوم أو اليورانيوم ويبقى خيارًا مهماً لمستقبل الطاقة النووية. ويحتوي معدن الفسفات الأرضي النادر (المونازيت) على معظم الثوريوم أي حوالي 12٪ فسفات الثوريوم. والمونازيت موجود في الصخور النارية وغيرها من الصخور الأرضية . وتقدر موارد المونازيت في العالم بحوالي 16 مليون طن، منها 12 مليون طن توجد في الصخور الثقيلة. أيضا يوجد في رواسب الرمال المعدنية على السواحل لبعض البلاد.

إستخدامات الثوريوم

– يستخدم لتغطية أسلاك التنغستن المستخدمة في المعدات الإلكترونية، مما يحسن الإنبعاث الإلكتروني للكاثود عند تسخينه.

- يستخدم في إلكترودات لحام قوس التنغستن الغازي والخزفيات المقاومة للحرارة.
- تستخدم تقنية تحديد العمر بواسطة يورانيوم–ثوريوم لتحديد عمر الحفريات الآدمية.
- يستخدم كمادة خصبة لإنتاج الوقود النووي، وبالتحديد في بعض مفاعلات الطاقة
- يستخدم الثوريوم للوقاية من الأشعة.
- يمكن إستخدام الثوريوم في المفاعلات تحت الحرجة بدلاً من اليورانيوم كوقود، و ينتج عنه نفايات أقل.

ويستخدم ثانى أكسيد الثوريوم (ThO_2) فيما يلي:

- كمصدر إنارة في المصابيح الغازية المتنقلة. وهذه المصادر لها بريق ضوئي عندما يتم تسخينها في لهب غازي.
- يستخدم للتحكم في حجم حبيبات التنغستن المستخدم في المصابيح الكهربائية.
- يستخدم في البوتقات المعملية التي تتحمل درجات حرارة عالية.
- بإضافته إلى الزجاج ينتج زجاج له معامل إنكسار عالي وتشتت منخفض، وبالتالى يتم إستخدام هذا النوع من الزجاج في عدسات الكاميرات.
- يستخدم كمحفز:
  - في تحويل الأمونيا إلى حمض نتريك.
  - في عمليات تكسير البترول.
  - فى إنتاج حمض الكبريتيك.

الثوريوم كوقود نووي

الثوريوم، مثل اليورانيوم والبلوتونيوم، يمكن أن يستخدم كوقود في المفاعلات النووية. يقوم ^{232}Th بإمتصاص النترونات البطيئة لإنتاج اليورانيوم-233 (^{233}U) الذي ينشطر. بالترتيب وطبقاً للأهمية، فإن ^{233}U أفضل من النظيرين الآخرين المستخدمين كوقود: اليورانيوم-235 (^{235}U) والبلوتونيوم-239 (^{239}Pu)، نظراً لإنتاجه العالي من النترونات مقابل كل نترون ممتص.

يقوم ^{232}Th بإمتصاص النترون ليصبح ^{233}Th الذى ينحل تلقائياً إلى بروتكتنيوم-233 (^{233}Pa) ثم ^{233}U. ويمكن عندها الحصول على الوقود المشع من المفاعل. ويفصل ^{233}U من الثوريوم وتتم تغذيته لمفاعل آخر كنوع من أنواع الدورة المغلقة في دورات الوقود النووي.

لازال هناك عمل كثير لتطوير طريقة إستخدام الثوريوم كوقود، بحيث يمكن إستخدامه بطريقة تجارية. وبالرغم من ندرة وجود اليورانيوم، فلا زالت هذه الجهود غير كافية للإتجاه للثوريوم. ومع ذلك، فإن دورة وقود الثوريوم بقدرتها على توليد وقود دون الحاجة لمفاعل نترون سريع تعطي الأمل بإستخدامه على المدى البعيد. ونظراً لتوافر الثوريوم بكمية أكبر من اليورانيوم، فإنه من أهم الركائز التى سيستند عليها الوقود النووي.

يعد الثوريوم وقوداً محتملاً هاماً. ويعتقد مؤيدو تلك الفكرة أنه يمكن أن يُستخدَم في جيل جديد من محطات الطاقة النووية؛ لإنتاج طاقة آمنة نسبيًّا ومنخفضة الكربون، وأكثر مقاومةً لخطر الأسلحة النووية المعتمِدة على اليورانيوم.

إن المخزون العالمي من الثوريوم غير محدد، لكن يُعتقد بتوفُّره في الطبيعة أكثر من اليورانيوم بثلاثة إلى أربعة أضعاف . وغالبًا ما يوجد هذا المعدن الفضي الأبيض كبقايا أكسدة من تعدين العناصر الأرضية النادرة، كما توجد مخزوناته

الضخمة في أستراليا والبرازيل وتركيا والنرويج والصين والهند والولايات المتحدة. وتستكشف الدول الثلاث الأخيرة من تلك الدول، بالإضافة إلى المملكة المتحدة، الإستخدامات المحتملة للثوريوم في برامج الطاقة النووية المدنية لديهم.

كيفية عمل مفاعل الثوريوم

يوجد فى قلب مفاعل الثوريوم حجرة مملوءة بالثوريوم المذاب في الملح المصهور مثل فلوريد الليثيوم في ظروف حرارة تبلغ مئات الدرجات المئوية. ولكن الثوريوم نفسه يكاد يكون غير مشع، لذلك تضاف إليه كمية قليلة من نظير اليورانيوم –233 لإطلاق شرارة التفاعلات النووية. وينطلق اليورانيوم– 233 وينشطر نووياً منتجاً الحرارة و الإلكترونات التي تصطدم بذرات الثوريوم، محوّلة إياها إلى ذرات يورانيوم–233 ومنتجة حرارة خلال هذه العملية. ثم تنشطر ذرات اليورانيوم– 233 بدورها منتجة المزيد من الإلكترونات، وتتواصل هذه العملية وتتكرر ويتحول الثوريوم إلي يورانيوم– 233 ثم حرقه وهكذا. يتم تبريد الوقود النووي خلال مروره عبر مبادل حراري يحتوي على مزيد من الملح المنصهر، ويمكن بعد ذلك إستخدام الملح الساخن لإدارة التوربينات و توليد الكهرباء دون إستخدام مياه للتبريد. وبذلك تنخفض مخاطر حدوث إنفجارات في المفاعل إلي حد كبير.

لقد تطورت مفاعلات الأملاح المنصهرة في ستينيات القرن الماضي، مستخدمةً وقودًا نوويًّا سائلًا، يمكن أن يتضمن الثوريوم عوضًا عن قضبان الوقود الصلب، بزعم أنه أكثر فعالية وأقل عرضة للحوادث المتعلقة بالإنصهار من التقنيات الموجودة. ويتم السعي الآن، وخصوصًا من قِبَل الصين، وراء وحدات المفاعلات الصغيرة كمفاعلات الغازات مرتفعة الحرارة (HTGR)، التي تستخدم الثوريوم الصلب كوقود لها.

ومن الجدير بالذكر أن الثوريوم ليس طريقًا لمستقبل نووي خالٍ من مخاطر الانتشار. فما زال ينبغي تعزيز سياسات إستخدام الثوريوم في الأنشطة النووية المصرح بها. وهناك حاجة إلى المعالجة الكيميائية لفصل اليورانيوم– 233 من الوقود

النووي المستهلك، الذي يجب التعامل معه بإستخدام تقنيات التحكم عن بُعد ومن خلال غرف إحتواء مبطنة. ويمكن للفصل الكيميائي للبروتكتنيوم- 233، بعد تعرُّض الثوريوم لإشعاع النترونات لحوالي شهر، أن يسفر عن حد أدنى من التلوث باليورانيوم- 232؛ مما يجعل الناتج الغني باليورانيوم- 233 أكثر سهولة عند التعامل معه. وإذا كان بالإمكان إستخلاص البروتكتنيوم- 233 النقي. فلا بد من تركه للتحلل لإنتاج اليورانيوم- 233 النقي. لقد تم إثبات أن حوالي 200 غرام من معدن الثوريوم يمكن أن تنتج غرامًا واحدًا من البروتكتنيوم- 233؛ وبالتالي يمكن إنتاج غرام واحد من اليورانيوم- 233، إذا تم تعريضها لنترونات عند مستويات نموذجية في نطاق عمل مفاعلات الطاقة وبعض المفاعلات البحثية لمدة شهر، وبالتالي فصل البروتكتنيوم.

هناك عمليتان كيميائيتان معروفتان لفصل البروتكتنيوم من الثوريوم: تقنيات الوسط الحمضي ، والإستخلاص الإختزالي للبزموث السائل. وتستخدم كلتا الطريقتين معدات المعمل النووي القياسية والخلايا الساخنة، حيث يمكن معالجة المواد المشعة بها بطريقة آمنة، وتخضع تلك المعدات بالضرورة لمراقبة الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA).

إن الوقود المعتمد على الثوريوم سيكون أرخص بنسب تتراوح بين 5% و25% عن الوقود النووي المعتمد على اليورانيوم. ويمكن أن يحل محل وقود اليورانيوم في المفاعلات الموجودة. وأفاد الإتحاد النووي العالمي أن هناك 50 مفاعلاً كانت قيد الانشاء في 13 دولة، وأن معظم المفاعلات تتركز في آسيا. كذلك هناك خطط كبيرة لإنشاء وحدات كبيرة في كل من أوروبا وروسيا والولايات المتحدة. وتلقت لجنة الرقابة النووية الأمريكية التي تنظم صناعة الطاقة النووية في الولايات المتحدة أكثر من 25 طلباً لإنشاء مفاعلات جديدة منذ عام 2007. وأُنشئت شركة لايتبريدج في عام 1992 كشركة لإنتاج الطاقة من الثوريوم لتطوير تصاميم للوقود النووي.

وحالياً تدرس العديد من الدول، البرامج النووية التى تعتمد على الثوريوم، من بينها الولايات المتحدة وفرنسا واليابان والنرويج وروسيا. وقالت وكالة المسح

الجيولوجي الأمريكية أنه لدى كل من الهند وأستراليا حوالي 25% من احتياطيات العالم من الثوريوم، حيث يوجد في كل منهما حوالي 300 ألف طن متري.

مزايا الأمان

إن تغيّر المناخ الذي يتعرض له كوكب الأرض يجعل الحياة أكثر صعوبة، وتساعد الطاقة البديلة (طاقة الرياح والطاقة الشمسية) على التقليل من الإنبعاثات المسببة للإحتباس الحراري. ولكن مع مرور الوقت، يزداد الإهتمام بالطاقة النووية؛ لأنها ستشكل جزءًا هاماً من الحل المحتمل لتغيّر المناخ. ويفضل العديد من العلماء الإعتماد على عنصر الثوريوم حيث أقروا بأنه هو الحل في السنوات القادمة، فهو عنصر قليل الإشعاع وأكثر وفرة من اليورانيوم. يتوافر بكثرة في الهند وتركيا والبرازيل والولايات المتحدة ومصر. ويوجد في مصر تحديداً في باطن الأرض في الرمال السوداء التي تحتوي على معدن المونازيت بإحتياطي يقدّر بملايين الأطنان.

فيما يخص توليد الطاقة، لدى الثوريوم فوائد عديدة، منها أن اليورانيوم–233 المتشكل من الثوريوم يعد وقودًا أكثر فعالية من اليورانيوم–235 أو البلوتونيوم. ويقل إحتمال إنصهار مفاعلاته نظرًا إلى قدرته على العمل في درجات حرارة مرتفعة. وتعد كمية البلوتونيوم الناتجة أثناء عمل المفاعل أقل. والثوريوم عنصر غير إنشطاري يختلف عن اليورانيوم الذي ينتج سلسلة من التفاعلات الإنشطارية المستمرة عند جمع كمية كافية منه في وقت واحد ومكان واحد. ويتناقش العلماء دائما حول إمكانية التخلص من أطنان خطيرة من مخزون البلوتونيوم التي بدأت تتراكم منذ خمسينيات القرن الماضي بتدميرها في مفاعلات الثوريوم. ويعتقد بعض العلماء أن عددًا كبيرًا من المفاعلات التي تعمل بالثوريوم واليورانيوم–233 سوف تنتشر في السنوات القادمة. والأمر الذي يساعد على ذلك حقيقة أن فصل اليورانيوم–233 عن المخلفات النووية لتلك المفاعلات لصناعة القنابل منه يتطلب تكنولوجيا معقدة. وفي حال أردنا تزويد كوكبنا بالطاقة النظيفة بإستخدام دورة وقود تتضمن الثوريوم واليورانيوم–233، سيتطلب ذلك إنتاج قدرٍ كافٍ من اليورانيوم–233 في مفاعلات أُخرى من نوع آخر. يوجد 20 مفاعلًا حول العالم تعمل جميعها بإستخدام وقود مصنوع من الثوريوم

واليورانيوم–233. والمفاعل الآخر الذي يعده العلماء مثيرًا للاهتمام هو مفاعل الملح المذاب، الذي يعتمد على استخدام الوقود المذاب في الملح السائل الذي يعمل مبردًا للمفاعل؛ لأن درجة غليان الملح مرتفعة. ولذلك، تعد هذه الطريقة فعالة للغاية في حالة توليد الكهرباء وفي الحالات التي يحدث فيها ارتفاع كبير في درجات الحرارة، وسوف تساعد هذه الطريقة في تجنب الحوادث الهائلة للمفاعلات مثل تلك التي حدثت في فوكوشيما.

الخلاصة

يمكن أن يزود عنصر الثوريوم جيلاً جديداً من المفاعلات النووية القادمة. إذا استطعنا تحقيق ذلك الحلم، فإن طرق معالجة الثوريوم–232 واليورانيوم–233 الكيميائية وتصنيع وقود منهما هي طرق ثابتة نوعًا ما. إن المستقبل يؤكد على أن الثوريوم هو المادة الواعدة القادمة في عالم الطاقة .

أ.د.وفاء محمد محمد مصطفى
مركز بحوث الأمان النووي والإشعاعي
هيئة الطاقة الذرية المصرية
wafaasalem21@yahoo.com

References

(1) https://www.reuters.com/article/oegbs-uranium-thorium-mm1-idARACAE5BB0NH2009121.

(2) Uranium 2011: Resources, production and demand (OECD NEA/IAEA; 2012).

تطبيقات تقنية النانو في الزراعة

Abstract

Nanotechnology is an important field of modern research defined as the synthesis and application of materials, systems and processes whose particle's structure is ranging from 1 to 100 nm in size. Due to their exceptional properties including antibacterial activity, high resistance to oxidation and high thermal conductivity, nanoparticles have attracted considerable attention in recent years. They are used in large number of fields including environment and agriculture. Agricultural sector is facing many challenges such as decreasing in crop yields, low nutrient use efficiency, declining soil quality, impact of climate change, and water availability. Nanotechnology has the prospective to improve the agriculture and food industry with novel nanotools such as nanomaterial-based pesticides and insecticides manufactured using bioconjugated nanoparticles, nanofertilizers, incorporation of nanoparticle-mediated genes in the plants for developing insect pest-resistant varieties, and preparing different kind of biosensors and nanomarkers.

This article aims to present an overview of the application of nanotechnology in agriculture, and its potential role in improving food production and environment protection.

مقدمـــــة

برزت تقنية النانو كواحدة من أهم الأدوات الضرورية في القطاع الزراعي الحديث، التي يمكن من خلالها فهم بيولوجيا المحاصيل المختلفة وبالتالي تحسين إنتاجيتها وقيمتها الغذائية. تعمل تقنية النانو في القطاع الزراعي على تحسين إنتاجية المحاصيل، تشخيص الأمراض النباتية، إدارة الصحة النباتية ومراقبة نوعية التربة. الأمر الذي ينعكس على تعزيز أداء النباتات، وهو الهدف الرئيسي لكل برامج التربية والتحسين الوراثي. كما تعمل تقنية النانو على تطوير النباتات المعدلة وراثياً، من خلال تحسين أداء وزيادة إنتاج هذه النباتات؛ وهو أمر ملحّ في ظل الزيادة المطّردة للطلب على الغذاء حول العالم. يتحقق ذلك من خلال تطبيقات متعددة منها تربية النبات بنقل الجينات، والطفرات الطبيعية أو المستحدثة. يعزز تطبيق المخصبات الزراعية والمبيدات النانوية الإنتاج الزراعي بتخفيض كلفة المدخلات والطاقة، دون إلحاق الضرر بالتربة والماء والأعشاب والنباتات الأخرى.

تدخل الجسيمات النانوية في العديد من المجالات بدءاً من العلاج الطبي إلى العلوم التطبيقية مثل الكيمياء والفيزياء وعلم الأحياء والطب والهندسة والإنتاج الصناعي مثل الخلايا الشمسية والبطاريات والملابس ومستحضرات التجميل.

تُصنّع الجسيمات النانوية إما كيميائياً أو بيولوجيا، ويرتبط التصنيع الكيميائي بالعديد من التأثيرات السلبية على البيئة بسبب وجود بعض المواد السامة الممتصة على الأسطح. ويعتبر التصنيع البيولوجي من الكائنات الحية الدقيقة، مثل البكتريا والفطريات أو من مستخلصات النباتات، طريقة بديلة عن التصنيع الكيميائي وصديقة للبيئة. تستخدم العديد من الكائنات الحية الدقيقة بدائيات وحقيقيات النوى في تصنيع الجسيمات النانوية مثل الفضة والذهب والبلاتينيوم والزركونيوم والبالاديوم والحديد والكاديوم وأكاسيد المعادن مثل أكسيد التيتانيوم وأكسيد الزنك وغيرها.

يتم هذا التصنيع الحيوي داخل الخلايا أو خارجها تبعاً لمكان تواجد الجسيمات النانوية، أما التصنيع الداخلي فيتم عن طريق نقل الأيونات إلى داخل خلايا الكائنات

الحية الدقيقة لتشكيل جسيمات نانوية بوجود الإنزيمات. تمتاز الجسيمات المصنّعة داخلياً بأنها أصغر حجماً من تلك المصنعة خارج الخلايا، ولكن هذه الأخيرة لها تطبيقات أكثر كونها خالية من المكونات الخلوية غير الضرورية.

الخواص الكيميائية والفسيولوجية الفريدة لهذه التقنية جعلتها تمتلك إمكانات هائلة في كل القطاعات، من ضمنها الزراعة وبشكل خاص في نظام تطوير وتحسين المحاصيل الزراعية.

تسعى الأمم والشعوب منذ زمن طويل بهدف تحقيق الأمن الغذائي الذي أصبح تحدياً كبيراً في العقود الأخيرة، حيث يبدو المستقبل أكثر قتامة مع مشكلة نقص الغذاء التي تلوح بالأفق، نظراً لإنخفاض الإنتاج الزراعي عموماً مقارنة بالإرتفاع الكبير لسكان الكرة الأرضية. يعتبر تطبيق تقنيات حديثة في القطاع الزراعي ذا أولوية كبيرة، حيث تلعب التكنولوجيا الحديثة دوراً مهما في زيادة الإنتاج كماً ونوعاً، وخاصة تكنولوجيا النانوبيوتكنولوجي التي يعتقد أنها قادرة على ضمان توفير الإحتياجات الغذائية المتزايدة في العالم بالإضافة إلى دورها في حماية البيئة وتحسين الاقتصاد.

أولا: تطبيقات النانو في الزراعة

المستشعرات النانوية وأنظمة التوصيل الذكية

تستخدم التكنولوجيا الحديثة لإدارة المحاصيل الزراعية منهجية زراعية مستخدمة على نطاق واسع في أمريكا واليابان وأوروبا، يطلق عليها الزراعة المتحكم بها بيئياً (Controlled Environment Agriculture)، حيث تزرع النباتات في بيئة مُحكمة ويقوم النظام المحوسب بمراقبة وتنظيم الظروف البيئية الموضعية. تشكّل هذه التكنولوجيا المتوفرة منصة ممتازة لإدخال تقنية النانو إلى الزراعة. حيث تؤمن الأجهزة النانوية إمكانيات الإستكشاف، وخاصة إكتشاف الممرضات الفيروسية، تحديد مستوى

توفر المغذيات في التربة، دراسة التلوث الكيميائي أو الجرثومي، زيادة كفاءة مبيدات الآفات والأعشاب عن طريق المحفزات النانوية الأمر الذي يسمح بإستخدام جرعات منخفضة منها.

تساعد هذه المستشعرات المزارع بمراقبة دقيقة ولحظية لحاجات النبات المختلفة. إذ تحدد حاجة كل جزء من المزرعة من مبيدات الآفات والأسمدة بدقة عالية، وبالتالي فإن إستخدام المدخلات سيكون مُرشَّداً من حيث توفير المدخلات وزيادة الجدوى الإقتصادية. تساعد المستشعرات وأجهزة التوصيل الذكية المرتكزة على تقنية النانو في الإستخدام الفعال للمصادر الطبيعية الزراعية مثل الماء والمغذيات والكيماويات. إن إستخدام هذه التقنيات مع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وصور الأقمار الصناعية للحقول سيمنح المزارعين القدرة على إكتشاف الآفات الزراعية أو أي دليل على الإجهاد مثل الجفاف والحرارة، مما يسمح بإستجابة تلقائية بإستخدام المبيدات أو تحديد مستوى الري.

الأسمدة المكبسلة نانوياً

تعتبر هذه الأسمدة بديلاً جيداً للأسمدة القابلة للذوبان حيث تمتاز ببطء إطلاقها خلال كامل موسم النمو، وتمتص النباتات معظم العناصر المغذية النانوية بدون فائض يهدر عن طريق الصرف. وبالتالي هي طريقة حديثة لترشيد إستهلاك الأسمدة وتقليل التلوث البيئي. يتم تحقيق الإطلاق البطيء لهذه الأسمدة باستخدام الزيوليت (Zeolites) وهي مجموعة من العناصر المعدنية الموجودة طبيعياً لها بنية بلورية متعددة الطبقات تشبه قرص العسل. يتم تحميل شبكتها المكونة من أنفاق وأقفاص مترابطة فيما بينها بالنتروجين والبوتاسيوم، جنباً الى جنب مع مكونات بطيئة الذوبان محتوية على الفسفور والكالسيوم ومجموعة كاملة من العناصر الصغرى والنادرة. يساعد تغليف وتدعيم المركبات النانوية في تنظيم وضبط تحرير العناصر المغذية من كبسولة الأسمدة.

البذور الذكية

هي بذور مشبعة بأغلفة نانوية تحتوي على سلالة بكتيرية محدّدة، الأمر الذي يقلل من البذور المستخدمة ويزيد من كفاءة المحصول. ويمكن برمجة إنبات البذور عندما تصبح نسبة الرطوبة مناسبة للإنبات، حيث يتم تغليف البذور بغشاء نانوي يستشعر توفر الماء ويسمح للبذور بامتصاص الماء فقط عندما يكون الوقت مناسب للإنبات. تستخدم هذه البذور للإطلاق في الجبال والمراعي بهدف التشجير. ومن الفوائد الأساسية للتغليف البذري حماية وحفظ البذور وإمداد البذور بالتغذية المناسبة لعملية الإنبات وزيادة سرعة الإنبات والتوفير الكبير في كمية البذور المستخدمة.

المخصبات النانوية

تساهم المخصبات النانوية في تعزيز مفهوم الزراعة المستدامة من خلال تحسين إنتاجية المحاصيل ونوعيتها، وذلك بزيادة الفعالية التغذوية وتخفيض تكاليف الإنتاج وتقليل التسرب إلى البيئة. مثال على ذلك: أدى تطبيق المخصبات الفسفاتية النانوية إلى زيادة في معدل نمو نبات الصويا بنسبة 23%، وزيادة في المردودية بمعدل 20%، بالمقارنة مع النباتات المعاملة بمخصبات تقليدية. كما أدى إستخدام أنابيب الكربون النانوية لجزيئات الذهب وثاني أكسيد السليكون وأكسيد الزنك وثاني أكسيد التيتانيوم إلى زيادة إمتصاص النبات للعناصر المغذية وبالتالي تحسين نموه. على نحو مشابه، أنابيب الكربون النانوية قادرة على إختراق غلاف البذرة القاسي، مما سيساهم في زيادة نسبة إنباتها. بالإضافة إلى أن رش أو تغليف بذور بعض النباتات مثل الصويا والشعير والذرة بأنابيب الكربون متعددة الطبقات، أدى إلى زيادة في نسبة الإنبات.

أخيراً، لوحظ أن إستخدام جسيمات التيتانيوم النانوية بتركيز 20 غرام/لتر أدى إلى زيادة في حجم السنابل، عدد الحبوب، الكتلة الحيوية، طول الساق، عدد الأزهار، الإنتاجية، نسبة النشاء ومحتوي الغلوتين في نبات القمح.

الكواشف الحيوية

تمتلك الكواشف الحيوية القدرة على فصل البذور التي تظهر علامات التحلل، وعزلها عن البذور السليمة قبل إستخدامها؛ إذ تطلق البذور المخزونة مواد طيارة، وهي مواد محددة لعمر البذور، وتؤثر على بذور أخرى أيضاً. كما يمكن للكواشف الحيوية تحديد وجود الحشرات أو الفطريات بشكل دقيق داخل البذور في المخازن.

ثانياً: تطبيقات النانو في مجال مكافحة الأمراض النباتية

تعد الأمراض النباتية أحد أهم العوامل الرئيسية التي تحد من إنتاجية المحاصيل. وتكمن المشكلة في إدراك المرض بالكشف المبكر عنه والتحديد الدقيق للمرحلة اللازمة للوقاية منه. يستطيع التشخيص المعتمد على تقنية النانو تعريف الممرضات بدقة، وإكتشاف البقايا الكيميائية من خلال قياس إختلافات البروتين بين النباتات المريضة وتلك السليمة. الأمر الذي يقودنا إلى تعريف دقيق لنوع الممرض ومرحلة تطبيق العلاج بهدف منع الممرض أو إيقافه.

يعد إستخدام مبيدات الأعشاب والآفات الحشرية والفطرية أسرع وأرخص وسيلة لمكافحة هذه الآفات. ولكن الإستخدام غير المنضبط للمبيدات يسبب العديد من المشاكل على صحة الإنسان والحشرات المفيدة والحيوانات الأليفة، بالإضافة لتأثيرها المباشر وغير المباشر على النظام البيئي من خلال إستمرار هذه المواد في التربة والمياه. وبالتالي فإن إستخدام هذه المواد على مستوى النانو يعد حلاً لهذه المشكلة. إن إكتشاف وإستخدام المعلمات الحيوية (Biomarkers) التي تشير بدقة إلى مراحل المرض يعتبر مجالاً جيدا للبحث، حيث أن قياس الإنتاج المتباين للبروتين بين حالتي الصحة والمرض النباتية يقود إلى تحديد تطور بروتينات عديدة خلال ذروة العدوى.

يوجد عدد ضخم من المواد النانوية المستخدمة في مكافحة الآفات، منها الجسيمات النانوية البوليمرية، جزيئات أكسيد الحديد النانوية، جزيئات الذهب النانوية،

والتي يمكن تصنيعها وإستخدامها كمبيدات آفات أو أدوات توصيل للمبيدات. تمتاز حوامل المبيدات النانوية بالتنظيم الذاتي حيث تزود فقط الجزء المتعرض للآفة بالكمية المطلوبة من المبيد.

إن إستخدام مبيدات الأعشاب في ظروف الرطوبة غير الكافية يؤدي إلى فقدها عن طريق التبخر، خاصة في الزراعات البعلية. وعلى إعتبار أننا غير قادرين على توقع هطول الأمطار بشكل دقيق، فلا يمكننا إستخدام المبيدات بشكل إستباقي، لأن ذلك يؤدي إلى أضرار بالبيئة، كما أن إستخدامها بعد ظهور المرض سيؤدي حتماً إلى فقد في المحصول. لحل هذه المشكلة لابد من الإطلاق المنضبط لمبيدات الأعشاب المكبسلة نانوياً. حيث تمكن كبسولات النانو مبيدات الأعشاب من إختراق القشرة والأنسجة النباتية بفعالية أكبر مما يسمح بتحرير ثابت وبطيء للمواد الفعالة.

ثالثاً: تطبيقات النانو في العلاج البيئي

يعتبر تلوث الأراضي الزراعية والتربة بعناصر خطيرة موجودة في مياه الصرف الصحي الصناعية والحضرية من العوامل المحدّدة لإنتاجية الغذاء والمحاصيل حول العالم. يمكن للمحفزات النانوية التخلص من هذه المكونات الضارة بالنظام الزراعي. وهو أمر هام من ناحية التخلص من التسمم الغذائي، وإنتاج محاصيل صحية، وتطوير الزراعة العضوية؛ حيث أن تطبيق تقنية النانو سيساهم في التقليل من التلوث ويجعل الزراعة أكثر صداقة مع البيئة وذلك بإستخدام فلاتر نانوية لمعالجة مياة الصرف الصحي الصناعية، ومساحيق نانوية لمعالجة الملوثات الغازية، وأنابيب نانوية لتخزين الوقود الهيدروجيني النظيف. تمثل جزيئات النانو جيلاً جديداً من تقنيات المعالجة البيئية التي توفر حلاً فعالاً لمشاكل التنظيف البيئي الأكثر صعوبة.

من أهم المواد المستخدمة في العلاج البيئي:

1- جزيئات الحديد النانوية:

تمتاز هذه الجزيئات بمرونة هائلة في التطبيقات العملية، اذ تمتلك مساحات سطحية كبيرة وتفاعلية عالية، حيث تمتاز جزيئات الحديد المعدني أو عديم التكافؤ

بكونها غير مكلفة وغير سامة، وبفعاليتها في تحويل مجموعة متنوعة من الملوثات البيئية. إستخدمت جزيئات الحديد النانوية صفر تكافؤ و جزيئات الكربون النانوية وغيرها من الجزيئات النانوية في تخليص التربة من الرصاص والكادميوم، نظراً لصغر حجمها وإمتلاكها مساحة سطح عالية و قدرة تبادل كاتيوني مناسبة تعطيها قدرة إدمصاص عالية للملوثات مع الإحتفاظ بالمعدن المدمص. أثبتت الدراسات الحديثة أن جزيئات الحديد النانوية ذات قدرة عالية على إختزال وتخفيف وتحفيز مجموعة متنوعة من الملوثات البيئية لتحقيق إزالة كاملة وسريعة للملوثات الكلورية من الماء والتربة. كما تستخدم البكتريا المغنطيسية لإزالة الأيونات المعدنية والمعادن الثقيلة من الأوساط المائية، مثل الفضة والرصاص والنحاس والزنك وغيرها. حيث أنه بوجود الأيونات المغنطيسية مثل كبريتيد الحديد، يترسب المعدن الثقيل على جدران الخلايا البكتيرية، مما يجعل البكتريا ممغنطة بدرجة كافية لإزالتها من المعلق الناتج عن طريق الفصل المغنطيسي.

2- الألياف النانوية:

تستخدم أقمشة ذات ألياف نانوية كمنصة لإلتقاط وعزل المسببات المرضية، حيث يتم إشباع ألياف النايلون بأجسام مضادة لممرضات محددة، ويختبر وجود المسببات المرضية بإجراء مسحة على سطح القماش المستخدم.

3- الفلاتر النانوية

تؤمن هذه المواد إمكانية تكرير المياه وتحسين نوعيتها بسرعة ودقة عاليتين، ولها تطبيق واسع في التخلص من الملوثات الميكروبية في الماء. يمر الماء المالح الساخن في أنظمة إزالة ملوحة المياه الحديثة، على صفائح رقيقة من أغشية أنابيب الكربون النانوية ذات الثقوب النانوية الصغيرة. يُسمح فقط للبخار بالمرور عبر هذه الثقوب، ويبقى الماء السائل والملح في الغشاء. يوجد في الجانب الآخر من الغشاء الماء البارد الذي يحول البخار إلى سائل مرة أخرى. وللفلتر النانوي تطبيقات عديدة

في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي وتحليل نوعية المياه الناتجة عنه، وفي إزالة ملوحة مياه البحر والفصل الكهربائي.

سلبيات تقنية النانو

تشير بعض الأبحاث إلى سلبيات محتملة لهذه التقنية، على الرغم من كل إمكانيات تقنية النانو آنفة الذكر، بشكل مشابه للعمليات الكيميائية. تقنية النانو ربما لديها تأثيرات سلبية أو غير مرغوب بها على النباتات غير المستهدفة وعلى الكائنات المرتبطة بهذه النباتات، لذلك عند تبني هذه التقنية على نطاق واسع يتوجب علينا الفهم الكافي لتأثيراتها المحتملة على النظام الزراعي والبيئي وسميتها المحتملة، حيث أن تراكم المواد النانوية في المنتجات الغذائية ربما يزيد من إحتمالية المشاكل الصحية والبيئية.

من المهم عند تطوير جزيئات أو تقنيات نانوية جديدة أن تتوفر معلومات كافية حول مصيرها وسلوكها وطرق إمتصاصها ودخولها إلى الغلاف الجوي، حيث لها القدرة على التراكم في الكائنات البيئية، لذلك يجب تقفي أثرها وقياسها في الأجزاء المستهدفة من خلال تعريف وتحديد الجسيمات النانوية المثابرة والمتراكمة في البيئة بإستخدام وسائل قياس مناسبة لتحديد تركيزها في الماء والتربة والرواسب، وتحليل سلوكها بعد الإستخدام عند التخلص منها بالردم أو الحرق أو إعادة إستخدامها، وإختبار السمية البيئية بشكل مستمر.

إن التحدي الأكبر لتبني هذه التقنية على نطاق واسع هو التغلب على مخاطرها، يجب أن يكون شعار تبنيها هو (نعم للتكنولوجيا التي تفرض قواعد السلامة)، حيث من المهم جداً تقييم هذه المخاطر وعواقبها المحتملة. من الأمثلة على التخوف من الآثار السلبية لهذه التقنية منع إستخدامها في إنتاج الغذاء العضوي في كندا، وقد فرضت غرامة على إستخدامها ضمن جداول شروط الزراعة العضوية

هناك، نظراً لكون الجسيمات النانوية تتصرف بشكل غير متوقع، حيث يخشى من قدرتها على الوصول الى نواة الخلايا مما يسبب موت الخلايا او إحداث طفرات في الحمض النووي منقوص الأكسجين (Deoxyribonucleic acid, DNA)، حيث ظهر في السنوات الخمس الأخيرة نقاش دولي حول القواعد المناسبة لإستخدام وإدارة تقنية النانو.

أظهرت بعض الدراسات المتعلقة بالآثار السلبية لتقنية النانو، أن إستنشاق تراكيز منخفضة من ثاني أكسيد التيتانيوم أدى إلى إحداث ضعف في الأوعية الدموية الدقيقة عند الفئران. كما أن جسيمات النانو أصغر من 1 نانومتر لديها القدرة على إختراق جلد الإنسان والتي ربما تؤثر على الدماغ والأوعية الدموية. ربما تدخل هذه الجسيمات الصغيرة إلى جهاز التنفس في الإنسان، مما يزيد من فرص الإصابة بأمراض الرئة المزمنة والربو وإنتفاخ الرئة وتليف البروتينات.

أوردت العديد من الدراسات تأثيراً سمّياً لإستخدام جسيمات أكاسيد المعادن النانوية على نمو النبات وإنبات البذور مسببة سمية نباتية وسيتوبلاسمية، فضلاً عن السمية الجينية. كما لوحظت تأثيرات سمية للعديد من المواد النانوية على إنبات البذور وتطور النبات، فضلاً عن الأثر السلبي لثاني أكسيد التيتانيوم النانوي على تفاعلات الكلوروبلاست الكيمياضوئية . إلى حد ما، وُجد تأثير لجسيمات النانو على نمو ونشاط الأنزيمات والكلوروفيل، ومحتوي البروتين عند الأشنيات، وذلك تبعاً لنوع الأشنيات و خواص الجسيمات النانوية. يمكن للجسيمات النانوية المدخلة إلى النبات كمبيدات آفات نانوية أو مبيدات أعشاب أو مخصبات أن تغلق الأوعية الناقلة في النبات، مما يؤدي الى منع نقل العناصر الغذائية والماء، ونواتج التركيب الضوئي، وربما تكون قادرة على تخفيض التلقيح بتشكيلها لحاجز بين حبوب اللقاح والمياسم.

لذلك يجب أن يحاط إستخدام هذه التقنية في مجال الزراعة وعلم النبات بإنتباه شديد، ومن المهم أخذ رأي عامة الناس بموضوع الأغذية المطورة نانوياً، وذلك لتفادي

المشاكل التي واجهت النباتات المعدلة وراثياً. كما يجب إجراء تقييم للمخاطر الناتجة عن هذه المواد الصغيرة جداً لأن بعضها مصمم لأن يكون نشط بيولوجياً وبالتالي هناك خطورة بدخولها جسم الإنسان أو الإنتشار في الطبيعة.

د. إبراهيم إسماعيل
قسم الزراعة/ دائرة وقاية المزروعات
هيئة الطاقة الذرية السورية
iismaeil@aec.org.sy

References

(1) Abd-Elrahman, S.H., and Mostafa, M. A. M. 2015. Applications of Nanotechnology in Agriculture: An Overview. Egyptian Journal of Soil Science. 55, No. 2, pp. 197-214.

(2) Hasan, S. 2015. A Review on Nanoparticles: Their Synthesis and Types. Research Journal of Recent Sciences. Vol. 4(ISC-2014), 1-3.

(3) Katel, S., Upadhyay, K., Mandal, H.R., Yadav, S.P.S., Kharel, A., Dahal, R. 2021. Nanotechnology for Agricultural Transformation: A review. Fundamental and Applied Agriculture 6(4): 403–414

(4) Prasad, R., Bhattacharyya, A., Nguyen, Q.D. 2017. Nanotechnology in Sustainable Agriculture: Recent Developments, Challenges, and Perspectives. Front. Microbiol. 8:1014.

أخبار عربية وعالمية

مشروع المنطقة الخالية من أسلحة الدمار الشامل في الشرق الأوسط: التقرير النهائي*

على الرغم من القرارات العديدة في المحافل الدولية والحاجة الماسة والدعم واسع النطاق لمبادرة "منطقة خالية من أسلحة الدمار الشامل في الشرق الأوسط"، فإن التقدم نحو إنشائها لا يزال محدوداً والإنقسامات العميقة بين الجهات الإقليمية الفاعلة حول أهدافها وكيفية متابعتها إلى جانب انعدام الثقة، أعاقت التقدم نحو تطبيقها.

ولمواجهة هذا المشهد الصعب، أطلق معهد الأمم المتحدة لبحوث نزع السلاح (UNIDIR) بدعم من الإتحاد الأوروبي، مشروعاً شاملاً في أغسطس 2019. تحرّى المشروع السياق التاريخي للمبادرة ووجهات النظر المختلفة وآفاق منطقة الشرق الأوسط لأسلحة الدمار الشامل من خلال البحث والحوار وبناء القدرات.

يقدم التقرير النهائي ملخصاً في 38 صفحة لأنشطة المشروع ومخرجاته، ويعرض النقاط الرئيسية والمقترحات للنهوض بمبادرة "منطقة خالية من أسلحة الدمار الشامل في الشرق الأوسط". ويلقي نظرة ثاقبة حول تطور المشكلة بمرور الوقت والتي تتجلى بشكل متزايد، مع إستخلاص الدروس للجهود الحالية والمستقبلية.

فتح باب التقديم لبرنامج زمالات ماري سكلودوفسكا-كوري التابع للوكالة لعام 2023**

افتُتحت الدورة الرابعة لتقديم الطلبات لبرنامج زمالة ماري سكلودوفسكا–كوري التابع للوكالة والتي تشجّع النساء المهتمات بدراسة المواضيع ذات الصلة بالمجال

* مترجم من النشرة الصادرة عن معهد الأمم المتحدة لبحوث نزع السلاح (UNIDIR)، بتاريخ 2023/6/15.

** أخبار الوكالة الشهرية " IAEA News " ، بتاريخ 2023/7/14.

النووي على التقديم بحلول 30 سبتمبر 2023. هذا العام، من المتوقع أن يمنح البرنامج 200 منحة دراسة للطالبات، وهو أعلى رقم لكل دورة حتى الآن.

سُمّي البرنامج على إسم عالمة الفيزياء الرائدة والحائزة على جائزة نوبل مرتين، ماري سكلودوفسكا–كوري، ويشجّع النساء على الدخول ومتابعة المهن في المجال النووي من خلال توفير المنح الدراسية وتكاليف المعيشة إلى جانب فرص التدريب. بالإضافة إلى ذلك، تستفيد الطالبات أيضاً من فرص التواصل في الأحداث الفنية ومن خلال مجموعة الطالبات والخريجات في البرنامج. وفي إطار تخفيف هذا العبء المالي، يحفز البرنامج الشابات على إكمال الدراسات المتقدمة في التخصصات النووية المختارة. وبما أن البرنامج يغطي جميع الدول الأعضاء في الوكالة، فإنه يساهم في تحقيق التكافؤ بين الجنسين في الميدان النووي في جميع أنحاء العالم.

منذ إطلاق برنامج منح زمالات ماري كوري (MSCFP) في عام 2020، تم تقديم المنح الدراسية إلى 360 إمرأة من 110 دولة أعضاء في الوكالة، وتدرسن في 65 دولة حول العالم. وحتى أبريل 2023، كانت 110 طالبات قد أكملن دراسات الماجستير، وتلقت معظمهن أيضاً دورات تدريبية داخلية يسرتها الوكالة. وتستضيف الوكالة برامج التدريب الداخلي هذه إما في مقرها أو في مختبراتها، أو في المراكز المتعاونة مع الوكالة وغيرها من المنظمات الشريكة.

سيساعد برنامج MSCFP المزيد من النساء على تعزيز تعليمهن في المجالات ذات الصلة بالطاقة النووية. وهو أمر مهم للغاية بالنسبة للأجيال الحالية والمستقبلية لمواصلة العمل معاً، نساءً ورجالاً، من أجل خلق فرص لقوة عاملة أكثر توازناً في المجال النووي. هناك حاجة إلى إبداع كل من الرجال والنساء لتحسين البحث في العديد من المجالات العلمية.

يمنح برنامج MSCFP مِنحاً دراسية للطالبات من جميع أنحاء العالم، وقد اختارت أكثر من ثلث الطالبات درجة الماجستير في العلوم والتطبيقات النووية، في حين أن ثاني أكثر المواد شعبية للطلاب هو الطاقة النووية، تليها السلامة النووية، والأمن النووي والضمانات وعدم الإنتشار، فضلاً عن القانون النووي.

بعد الإنتهاء من البرنامج، واصلت بعض المستفيدات دراسات الدكتوراة، بينما بدأت أخريات حياتهن المهنية. ويدعم البرنامج مساهمات من الدول الأعضاء في الوكالة وشركائها. ويقبل المتقدمات اللاتي يتابعن دراسات الماجستير فقط.

من الإستجابة للزلازل إلى رعاية مرضى السرطان في سورية *

يقدِّم برنامج الوكالة الدولية للطاقة الذرية للتعاون التقني الدعم إلى الجمهورية العربية السورية في عدة مجالات، من الإستجابة للكوارث إلى المساعدة في التصدّي للسرطان.

في أعقاب الزلزال المدمر الذي ضرب سورية في فبراير 2023، أرسلت الوكالة معدات طبية في مايو 2023، بما في ذلك أجهزة الأشعة السينية المحمولة والمتنقلة، لتعزيز نظام الإستجابة الطبية. ونظَّمت الوكالة أيضاً حلقة عمل في الفترة الممتدة من 21 إلى 25 مايو 2023 للمهندسين والعلماء المحليين، زودتهم بالمعرفة والأدوات اللازمة لتقييم الأضرار الناجمة عن الزلزال بدقة، مما ييسر جهود الإنعاش. وعلى مدار الأيام الخمسة، تعرَّف المشاركون من حلب ودمشق واللاذقية على معدات الاختبار غير المدمرة والتحليل الزلزالي من قبل فريق من الخبراء الدوليين. وعززت حلقة العمل التعاون لدعم وضع نهج شامل لإعادة البناء في المناطق المتضررة.

بالإضافة إلى ذلك، تواجه سورية، مثل العديد من الدول الأخرى ذات الدخل المتوسط في العالم العربي، زيادة كبيرة في حدوث حالات السرطان بين سكانها البالغ عددهم 18 مليون نسمة. ولدعم التخطيط القائم على الأدلة وإدارة مكافحة السرطان، طلبت وزارة الصحة في الدولة إجراء إستعراض لقدراتها الوطنية على مكافحة السرطان في أواخر عام 2022، وهو ما أجرته الوكالة بالتعاون مع الوكالة الدولية لبحوث السرطان ومنظمة الصحة العالمية. وعقب الإستعراض، سيُقدَّم مقترحان جديدان

* أخبار الوكالة الشهرية " IAEA News " ، بتاريخ 2023/7/26.

لمشروعين إلى مجلس محافظِي الوكالة للموافقة عليهما كجزء من دورة برنامج الوكالة للتعاون التقني للفترة 2024–2025. وستدعم المشاريع المقترحة البرنامج الوطني لمكافحة السرطان، وستحسن القدرات الوطنية لإنتاج المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية.

ولتحسين خدمات الكشف والعلاج المتاحة للسوريين، نص الإستعراض على عدد من المعالم، التي سيتم تنظيمها في خطة عمل وطنية وتنفيذها بدعم من الوكالة ومنظمة الصحة العالمية، بما في ذلك تطوير سجل للسرطان وأدوات ترصده، وإنشاء برنامج وطني للعلاج الإشعاعي، وتنفيذ برامج تدريبية معتمدة في مجال التصوير التشخيصي والطب النووي.

وفي مجال الوقاية من السرطان، خلصت مراجعة IMPACT إلى أن الحد من تعاطي التبغ وإستهلاك الكحول، وإدخال سياسات لتعزيز التغذية الجيدة لدى الأطفال، أمران حيويان للحد من تزايد حالات الإصابة بالسرطان في سورية. وجد فريق IMPACT أيضاً أن العرض المتأخر للسرطانات، غالباً في مرحلة متقدمة، لمقدمي الرعاية الصحية الأولية يشكل تحدياً، والذي بدوره يمكن تخفيفه من خلال خطط الكشف المبكر، خاصة بالنسبة لسرطان الثدي وسرطان البروستاتا. وكان أحد مجالات التركيز في التقييم هو العبء الكبير لسرطان الأطفال ومحدودية الوصول إلى مراكز التشخيص والعلاج المتخصصة داخل الدولة. يوجد في سورية مركزان مجهزان تجهيزاً جيداً لأورام الأطفال مع رعاية متعددة التخصصات لمرضى سرطان الأطفال يعالجان أكثر من 50 % من مرضى سرطان الأطفال في البلاد. ومع ذلك فإن العديد من الأطفال لا يملكون العلاج الموصى به بسبب نقص الأدوية وإنقطاع الخدمة.

إن مشروع مكافحة السرطان هو أحد الأنشطة الأوسع نطاقاً المتاحة للوكالة لمساعدة الدول على التصدي لأعبائها المتعلقة بالسرطان. وفي هذا السياق، نظَّمت

اللجنة الوطنية السورية لمكافحة السرطان مائدة مستديرة جمعت أصحاب المصلحة الرئيسيين لمناقشة وتحديد مجالات التدخل الإستراتيجية والأنشطة ذات الأولوية، بما يتماشى مع التوصيات التي قدَّمها الخبراء الدوليون. ومن بين خطوات أخرى، وافق المركز الوطني لمكافحة السرطان على وضع اللمسات الأخيرة على الإستراتيجية الوطنية لمكافحة السرطان وخطة العمل ذات الصلة، وتعزيز مجموعات العمل الفنية والمشاركة مع المجتمع المدني.

وخلال البعثة إلى سورية، تمكّن فريق إستعراض البرنامج من تحديد كيفية تلبية إحتياجات الطب الإشعاعي، ولا سيما في مجالي التشخيص والعلاج، من خلال برنامج الوكالة للتعاون التقني الوطني الجاري والمخطط له. وقالت ممثلة منظمة الصحة العالمية في سورية: "كانت بعثة إستعراض مكافحة السرطان في سورية فرصة مهمة للتواصل مع السلطات الصحية الوطنية، وإجراء تقييم شامل، وتقديم توصيات لتوجيه التخطيط والإستثمارات الوطنية لمكافحة السرطان على أساس نهج مستدام. وتعمل منظمة الصحة العالمية، بالتعاون مع شركائنا، على تعزيز النظام الصحي على المستوى الوطني للمساعدة في تحسين فرص الحصول على علاجات السرطان وتعزيز تنفيذ التدخلات الرامية إلى الوقاية من مرض السرطان والتشخيص المبكر".

ترجمة وإعداد: م. نهلة نصر

أخبار الهيئة

إجتماعات الخبراء

1 ــ اجتماع الخبراء حول مشروع تعزيز قدرات الدول العربية في مجال الأمن النووي

(تونس: 10-2023/07/11)

بناءً على قرارات المؤتمر العام والمجلس التنفيذي للهيئة والقاضية بتفعيل مذكرة التفاهم بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والوكالة الدولية للطاقة الذرية وإقتراح مشاريع مشتركة، وبناءً على توصيات ورشة العمل العربية حول تنسيق تنفيذ الخطط المتكاملة لدعم الأمن النووي والتي نظمتها الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وذلك في مدينة الحمامات –الجمهورية التونسية خلال الفترة: 1/31 –2023/2/3، فقد تمت صياغة مسودة مشروع "تعزيز قدرات الدول العربية في مجال الأمن النووي" باللغتين العربية والإنجليزية.

تم عقد إجتماع خبراء حضوري وإفتراضي في مقر الهيئة العربية للطاقة الذرية بتونس يومي 10 و2023/7/11 بغرض مناقشة مسودة المشروع وسبل تنفيذه وتقديمه للوكالة الدولية للطاقة الذرية. حضر الإجتماع من الهيئة العربية للطاقة الذرية كل من:

1. السيد ضو مصباح
2. السيد خالد زهرمان
3. السيد يحيى الشخاتره

كما شاركت السيدة د. زينب حسن حضورياً من الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وشارك في الإجتماع 12 خبيراً عربياً على النحو الآتي:

1. السيد عادل الرياحي – تونس – مشاركة طبيعية

2. السيد وليد الجدوعي – ليبيا – مشاركة إفتراضية
3. السيد محمد موسى – مصر – مشاركة إفتراضية
4. السيد محمد أحمد المونجي – موريتانيا – مشاركة إفتراضية
5. السيد مجاهد محمود حامد – السودان – مشاركة إفتراضية
6. السيد محمد العمري – الأردن – مشاركة إفتراضية
7. السيد عبد الله الشامي – اليمن – مشاركة إفتراضية
8. السيد محمد علي مهدي – اليمن – مشاركة إفتراضية
9. السيد أحمد الجبوري – العراق – مشاركة إفتراضية
10. السيد نادر العوضي – الكويت – مشاركة إفتراضية
11. السيد راكان العلي – السعودية – مشاركة إفتراضية
12. السيد سامر الخاروف – البحرين – مشاركة إفتراضية

عَرض أ. د. مصباح مسودة المشروع وبيّن خلفيته وأهدافه ومبرراته والنتائج المتوقعة منه. وبعد ذلك جرى نقاش بين المجتمعين، حيث عبرت ممثلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية عن إستعداد الوكالة للتعاون مع الهيئة والدول العربية المشاركة من أجل تنفيذ المشروع. وأبدى المشاركون في الاجتماع ملاحظاتهم التي تمت إضافتها لمسودة المشروع.

اتفق الجميع على ضرورة أن تقوم الهيئة العربية للطاقة الذرية بتعميم مسودة المشروع باللغتين العربية والإنجليزية على جميع الدول العربية وذلك لدعوتها للموافقة على المشاركة في هذا المشروع ومراجعة مسودته وإبداء مرئياتهم حولها، وكذلك مد الهيئة باحتياجات الدولة في مجال الأمن النووي والتي بناءً عليها سيتم وضع الخطة التنفيذية للمشروع. وكذلك الطلب من الدول الراغبة في الإنضمام للمشروع تزويد الهيئة بإسم منسق المشروع والذي سيكون نقطة اتصال في كل ما يتعلق بتنفيذه.

وبالفعل راسلت الهيئة جميع الدول العربية بالخصوص وتلقت ردود من بعض الدول العربية.

كما إتفق المجتمعون على أن يتم الإعلان عن المشروع على هامش المؤتمر العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية 67 أثناء الحدث الجانبي المتعلق بالشبكة العربية للمراقبين النوويين "النور".

وستسعى الهيئة العربية للطاقة الذرية للحصول على الدعم الممكن من الوكالة الدولية للطاقة الذرية والشركاء الدوليين الآخرين لتنفيذ هذا المشروع.

2 ــ الإجتماع الإستشاري (42) لضباط إتصال النظام الدولي للمعلومات النووية (INIS) (فيينا: 26-28/7/2023)

حضرت المهندسة نهلة نصر المشرفة على قسم التوثيق العلمي بالهيئة وضابط إتصال INIS فعاليات الإجتماع الذي عقد في فيينا بمقر الوكالة الدولية للطاقة الذرية خلال الفترة 26-2023/7/28. الغرض من الإجتماع هو مراجعة أنشطة النظام الدولي للمعلومات النووية (INIS) منذ إنعقاد الإجتماع الإستشاري (41) لضباط إتصال النظام في عام 2022 عن طريق الفيديو كونفرانس، بالإضافة إلى تكريس الإهتمام لإستخدام نظام INIS وفعاليته ومستقبله. بدأت الجلسة الإفتتاحية صباح يوم الأربعاء الموافق 2023/7/26 بكلمة ترحيبية ألقاها السيد براين بيلز (Brian Bales) السكرتير العلمي للإجتماع، قسم التخطيط وإدارة المعرفة والمعلومات – إدارة الطاقة النووية. ثم ألقى السيد ميخائيل شوداكوف (Mikhail Chudakov) نائب مدير عام الوكالة – إدارة الطاقة النووية، مداخلة مسجلة قصيرة تلاها عدد من المداخلات وفقاً للبرنامج المعد من قبل سكرتارية الإجتماع لليوم الأول.

وفي صباح اليوم الثاني الخميس الموافق 2023/7/27 تم تقسيم المشاركين على 5 غرف لخمس مجموعات إقليمية ضمت الدول والمنظمات التابعة لكل إقليم: أفريقيا، أمريكا اللاتينية، آسيا، الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، أوروبا وأمريكا الشمالية. وقد حضرت ممثلة الهيئة مع مجموعة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا التي ضمت ممثلين

عن كل من: مصر والعراق ولبنان والأردن واليمن وتونس وسورية والهيئة العربية للطاقة الذرية. ودار النقاش في تلك الجلسة حول إمكانية إستفادة المجموعة العربية من التدريب الأوّلي والمتقدم على إدخال المعلومات في نظام INIS. عرضت ممثلة الجمهورية التونسية أن يتم التنسيق مع المركز الوطني للعلوم والتكنولوجيا النووية لعقد دورة تدريبية إقليمية في تونس. وعرضت ممثلة الهيئة أن تعقد الدورة التدريبية الإقليمية في الهيئة العربية للطاقة الذرية التي أصبح لديها مركزاً للمعلومات في دولة المقر يمكنه استيعاب المتدربين، وبدعم مالي مشترك مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية في إطار مذكرة التفاهم المبرمة معها، بحيث يتم إستجلاب محاضرين من سورية ومصر لتدريب عدد من ضباط إتصال إينيس في الدول العربية الأعضاء في الهيئة بدلاً من إيفاد كل منهم في زيارات علمية لسورية ومصر مدعومة بالكامل من قبل الهيئة. وقد وعدت السيدة هادية محمود رئيسة مجموعة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ومسؤولة المعلومات النووية بالوكالة برفع الفكرة إلى السكرتير العلمي للإجتماع للتوصية بتنفيذها وفقاً للاعتمادات المالية المتاحة. وبعد ذلك، إنضمت المجموعات الخمسة إلى القاعة الرئيسية، حيث توالت المداخلات حتى الساعة الرابعة عصراً، ومن ثم تجمع الحضور للقيام بجولة خاصة في المكتبة القومية النمساوية.

وفي اليوم الثالث والأخير الموافق 2023/7/28، بدأ الاجتماع بكلمة ترحيبية من السكرتير العلمي للإجتماع. ثم توالت المداخلات القطرية من ممثلي كل من بلغاريا وكندا وإندونيسيا وزامبيا وتشيلي والمعهد المشترك للبحوث النووية (JINR) للتعريف بأنشطة INIS في كل منهم. وكانت الجلسة فرصة للتعرف على مدى التقدم الحاصل في نظام إدخال المعلومات النووية عن طريق الذكاء الاصطناعي والبرامج المتقدمة، بحيث يتم إعداد التسجيلات (Records) عن منشورات المقالات والكتب وبحوث المؤتمرات والإجازات العلمية في وقت قصير للغاية بدلاً من البرامج التقليدية التي تلقى ضباط الإتصال تدريبات عليها من قبل. وقد طالب الحضور بعقد ورش عمل متقدمة سنوية بدلاً من عقدها كل سنتين لتحسين مهارات ضباط إتصال إينيس من أجل اللحاق بالتقدم الحاصل في برامج الذكاء الاصطناعي. وأعلن السكرتير العلمي للإجتماع بأنه سيتم بالفعل عقد "INIS training seminar" في أكتوبر 2024،

وستتم دراسة عقده سنوياً فيما بعد ذلك. في نهاية الجلسة الختامية للإجتماع تم توزيع مسودة للتوصيات الصادرة عن الاجتماع الاستشاري (42) لضباط إتصال النظام الدولي للمعلومات النووية (INIS) لمراجعتها، على أن يتم إرسال التوصيات النهائية من قبل سكرتارية الإجتماع بالبريد الإلكتروني إلى ضباط الاتصال.

3 ــ اجتماع الخبراء بين الهيئة والوكالة الدولية للطاقة الذرية حول مشروع تأسيس مركز تدريب عربي على محطات القوى النووية (عن بعد: 2023/8/7)

بناءً على التنسيق بين الهيئة العربية والوكالة الدولية للطاقة الذرية وفي إطار تفعيل مذكرة التفاهم بينهما يتم التعاون بين الهيئة وقسم القوى النووية في الوكالة من أجل تعزيز البنية التحتية النووية للدول الشارعة في بناء محطات نووية. وفي هذا السياق أعدت الهيئة مشروع بعنوان "تأسيس مركز تدريب عربي على محطات القوى النووية" وقدمته للوكالة من خلال السيد ميخائيل تشوداكوف المدير العام المساعد لشؤون الطاقة النووية لطلب المساعدة في إنشاء هذا المركز.

قام السيد تشوداكوف بتشكيل مجموعة عمل من قطاع القدرة النووية في الوكالة لدراسة إمكانية التعاون بين الهيئة والوكالة في تنفيذ هذا المشروع. وقد تم تحديد موعد 7 أغسطس 2023 لعقد اجتماع تشاوري إفتراضي بين المجموعة والهيئة العربية للطاقة الذرية ويعتبر هذا الإجتماع الأول لمناقشة مقترح الهيئة التي يتكون وفدها من:

1. أ.د. سالم حامدي المدير العام
2. السيد محمد العمري
3. السيد ضو مصباح

وكان الغرض من الإجتماع هو مناقشة المساعدة الممكنة التي طلبتها الهيئة العربية للطاقة الذرية لإنشاء "مركز تدريب عربي على محطات القدرة النووية" وفرص التعاون الممكنة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

افتتح الاجتماع سعادة المدير العام للهيئة بكلمة شكر فيها الوكالة على حرصها على التعاون مع الهيئة العربية للطاقة الذرية تحت مظلة مذكرة التعاون الموقعة معها العام الماضي. وأشار سعادته إلى أن الاستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة

الذرية حتى العام 2030 تتضمن إنشاء مراكز تدريب عربية في شتى مناحي الإستخدامات السلمية للطاقة الذرية والتي من بينها توليد الكهرباء وإزالة ملوحة مياه البحر. كما أكد إن إنشاء محاكي لمفاعل قوى نووية يخدم جميع الدول العربية التي لديها برامج وطنية لإدخال الخيار النووي ضمن إستراتيجيتها لتنويع مصادر الطاقة. ثم عَرض أ. د. مصباح المشروع وبيّن خلفيته وأهدافه ومبرراته والنتائج المتوقعة منه و مكوناته وإستراتيجية إستدامته. وبعد ذلك جرى نقاش بين الطرفين حيث عبّر وفد الوكالة عن إستعداده للتعاون مع الهيئة في تنفيذ المشروع. وخلص المجتمعون إلى النقاط الآتية:

1- عرضت الوكالة الدولية للطاقة الذرية تزويد الهيئة ببرمجيات متطورة لمحاكيات لمفاعلات قوى كبيرة وصغيرة ومتوسطة كخطوة أولى في إنشاء المركز مع التركيز على المبادئ الأساسية لمحاكيات مفاعلات القوى وإستخدامها في تعليم وتدريب مجموعة الخبراء ذوي الاختصاص مما يجعل المركز يعمل بشكل مستدام.

2- تقدم الوكالة الدولية للطاقة الذرية للهيئة العربية للطاقة الذرية سلسلة من دورات " تدريب المدربين" بإستخدام المحاكيات الأساسية لمحطات القوى التي توفرها الوكالة كما هي موصوفة في وثيقتها TECDOC-1887 بشأن تصنيف وإختيار وإستخدام محاكيات مفاعلات القوى في التعليم والتدريب. سيتم الإتفاق على مواضيع وعدد وتواتر الدورات التدريبية في المناقشات المستقبلية.

3- تتعهد الهيئة بتوفير قاعة تدريب بها ما يكفي من أجهزة كمبيوتر سطح المكتب أو الكمبيوتر المحمول وتركيب محاكيات الوكالة فيها. وسيتم الإتفاق على الدورة التدريبية الأولى وتاريخها وسيتم دعمها تقنياً بواسطة قطاع تطوير البنية التحتية لمحطات القوى (NIDS) وتنفيذها من قبل قسم التعاون التقني ذي الصلة في الوكالة. أبدت الهيئة العربية للطاقة الذرية إهتمامها في البداية بمفاعل الماء المضغوط العمومي والمستقل عن نوع المصنّع.

4- ضرورة وضع خطة عمل للمركز تشمل الموارد المالية والبشرية اللازمة لتنفيذها خلال الاجتماع القادم المقرر عقده في 2023/9/27.

في النهاية إتفق الجميع على مواصلة التشاور حول السبل الكفيلة بتأسيس المركز وتجهيزه واستدامته.

الأنشطة التدريبية

1 ــ دورة تدريبية في مجال الإتجاهات الحديثة في تطوير التغليف بالبلاستيك المستدام وتطبيق تكنولوجيا الإشعاع لتحسين خصائصها (القاهرة: 16– 2023/7/20).

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية دورة تدريبية حول "الإتجاهات الحديثة في تطوير التغليف بالبلاستيك المستدام وتطبيق تكنولوجيا الإشعاع لتحسين خصائصها"، وذلك في القاهرة – جمهورية مصر العربية خلال الفترة: 16 – 2023/7/20. شارك في هذه الدورة 20 متدرباً من مختلف الأقطار العربية: الأردن، البحرين، العراق، ليبيا، مصر، موريتانيا. وقد هدفت هذه الدورة إلى تدريب المشاركين على التقنيات الحديثة في مجال التغليف المستدام ودور تقنيات الإشعاع في تحسين خواصها، وكذلك كيفية دراسة خصائصها والتحكم في تلك الخصائص بما يتناسب مع التطبيق المراد، نظراً لكون التغليف يلقى إهتماماً كبيراً وتطوراً سريعاً ومستمراً، حيث أصبح ذكياً بحيث يحمل صفات وخصائص تجعله يقاوم التغيرات التى تطرأ من حوله حفاظاً على سلامة المنتج.

حضر الجلسة الافتتاحية رئيس هيئة الطاقة الذرية المصرية الدكتور عمرو الحاج علي والدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية. وقد ألقى كل منهما كلمة ترحيبية بالسادة المشاركين، وتم توجيه الشكر للهيئة العربية للطاقة الذرية على النشاط الذي تقوم به من أجل نشر الثقافة والمعرفة في العلوم المرتبطة بالإستخدامات السلمية للطاقة الذرية، وكذلك توجيه الشكر لهيئة الطاقة الذرية المصرية على إستضافتها البرنامج. وقد تضمّن البرنامج العلمي للدورة 20 ساعة من المحاضرات النظرية و8 ساعات من الدروس العملية وفق برنامج الدورة. إتسمت الدورة بالكثير من التفاعل الإيجابي ما بين المشاركين والأساتذة المحاضرين.

وتضمّن البرنامج المحاور الرئيسية الآتية:

- التقنيات المختلفة للتغليف،
- آلية إختيار مواد التغليف المستدامة،
- تقنية الإشعاع وأهميتها في تحسين خواص مواد التغليف،
- تقنية النانو في مواد التغليف،
- التوصيف الدقيق لأفلام التغليف،
- الأغلفة الذكية وأنواعها،
- العوامل المؤثرة على صفات وخصائص الأغلفة الذكية،
- الأغلفة الصالحة للأكل،
- التغليف الفعّال ودراسة الأنواع المختلفة،
- الأغلفة المضادة للميكروبات والأكسدة،
- أفلام الإستشعار لمراقبة جودة المنتج.

حضر الجلسة الختامية الدكتور عمرو الحاج علي رئيس هيئة الطاقة الذرية المصرية والدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية والأساتذة المحاضرين والسادة المشاركين من الدول العربية. وقد تم توزيع الشهادات وإستعراض آراء المشاركين الخاصة بالبرنامج التدريبي للدورة. وجاءت كلها ايجابية. وعبّر المشاركون عن مدى شكرهم وإمتنانهم للسادة المحاضرين وللهيئة العربية للطاقة الذرية. كما أكدوا على أن الدورة تعد من الدورات الناجحة في تزويد المشاركين بالمعلومات العلمية الضرورية في موضوع الطرق الحديثة للتغليف بالبلاستيك وإستعمال الإشعاع لتحسين خصائصه. وطالب معظم المشاركين بزيادة ساعات التدريب العملي. وتمنى البعض تنظيم دورة تدريبية حول إعادة تدوير المخلفات البلاستيكية.

2 ـ ورشة العمل في مجال الرصد الإشعاعي البيئي والإنذار المبكر (دمشق: 23 – 2023/07/27)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية وبالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية السورية ورشة عمل حول الرصد الإشعاعي البيئي والإنذار المبكر في مدينة دمشق بالجمهورية

العربية السورية خلال الفترة: 23– 2023/07/27. يقع هذا النشاط في إطار استئناف مشاركة هيئة الطاقة الذرية السورية في أنشطة الهيئة.

تهدف هذه الورشة إلى عرض مكونات النشاط الإشعاعي البيئي وانتقال النويدات المشعة في النظام البيئي وتسليط الضوء على أفضل طرق التحليل الإشعاعي البيئي بالإضافة إلى عرض دور شبكات الإنذار المبكر في الإستجابة للحالات الطارئة ضمن برامج المراقبة البيئية. تطرقت الورشة إلى كيفية إعداد برامج الرصد الإشعاعي البيئي بالإضافة إلى تبادل الخبرات العربية في هذا المجال.

وكان عدد المشاركين في الورشة 15 مشاركاً من الجمهورية العربية السورية و4 مشاركين عرب من تونس والعراق وموريتانيا، وقد غطت هذه الدورة المواضيع النظرية والعملية الآتية:

1 – مقدمة عامة في الإشعاع.

2 – مبادئ الوقاية والسلامة الإشعاعية.

3 – النشاط الإشعاعي البيئي ومصادره وطرق تحليله.

4 – التقنيات الخاصة بالكشف الإشعاعي المحمول والثابت.

5 – إنتقال المواد المشعة وتوزعها عبر النظام البيئي.

6 – برامج المراقبة الإشعاعية البيئية والإنذار المبكر.

7 – المسح الإشعاعي في الحالات العادية والطوارئ.

8 – معالجة التلوث الإشعاعي وإزالته.

9 – تدريبات عملية.

حضر الجلسة الافتتاحية أ. د. سالم حامدي المدير العام للهيئة العربية للطاقة الذرية والأستاذ الدكتور إبراهيم عثمان مدير عام هيئة الطاقة الذرية السورية اللذان عبرا عن سعادتهما البالغة باستئناف نشاط الهيئة العربية للطاقة الذرية في الجمهورية العربية السورية. حضر الافتتاح بالإضافة إلى المشاركين في الورشة والمحاضرين والخبراء كل من أ.د. فواز كرد علي نائب المدير العام للهيئة السورية والدكتور محمد سعيد

المصري المشرف العلمي المحلي والدكتور ضو مصباح مشرف الهيئة العربية للطاقة الذرية على الورشة.

تضمن البرنامج العلمي للدورة 21 ساعة من المحاضرات النظرية و14 ساعة من المحاضرات العملية، وقد تدرّب المشاركون على التعامل مع أجهزة القياس المستخدمة في المراقبة الإشعاعية الحدودية وتم تقسيمهم إلى مجموعتين لتنفيذ التمارين التالية:

- التدرب على عمل ووظائف أجهزة الكشف الإشعاعي الشخصي من خلال مجموعة من القياسات لمصادر مشعة بالإضافة لإحاطة المشاركين بأهمية ونقاط ضعف هذه الأجهزة.
- التدرّب على عمل ووظائف أجهزة تحديد العناصر المشعّة من خلال مجموعة من القياسات لتحديد نوع المصادر المشعّة الظاهرة والمخفية داخل الدروع.
- التدرّب على أجهزة التحليل الطيفي لتحديد نوع وكمية الملوثات الإشعاعية.
- التدرّب على أجهزة المراقبة الإشعاعية الثابتة من خلال الكشف عن المصادر المشعّة المخفية في المركبات والمحمولة مع الأشخاص.

قام المشاركون بزيارة ميدانية لمختبرات هيئة الطاقة الذرية السورية في منطقة دوبايا واطلعوا من خلالها على آليات عمل أجهزة الرصد الإشعاعي من خلال مشاهدات وتدريبات ميدانية.

3 ـ دورة تدريبية حول الإستعداد والإستجابة للطوارئ النووية والإشعاعية (دمشق: 29/7-2/8/2023)

نظمت الهيئة وبالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية السورية دورة تدريبية حول الإستعداد والإستجابة للطوارئ النووية والإشعاعية في مدينة دمشق بالجمهورية العربية السورية خلال الفترة: 29/7–2/8/2023. ويهدف النشاط إلى تدريب وتأهيل الكوادر العلمية في الدول العربية والعاملين في مجال الممارسات الإشعاعية والنووية وتعريفهم بالمبادئ والأسس العلمية للطوارئ النووية والإشعاعية وإعداد الخطط في مجال

الإستعداد والإستجابة للطوارئ الإشعاعية والنووية بما يتوافق مع المعايير الدولية وبما ينسجم مع أهداف خارطة الطريق العربية للتعاون في مجال الإستعداد والإستجابة للطوارئ النووية والإشعاعية وأهداف الشبكة العربية للمراقبين النوويين والإشعاعيين.

إن معظم الدول العربية لديها حالياً أنشطة نووية في شتى مجالات الإستخدام السلمي للطاقة الذرية وهي في حاجة لتعزيز البنية التحتية للإستعداد للطوارئ النووية والإشعاعية والإستجابة لها محتاجة أيضاً إلى بناء القدرات البشرية المؤهلة تأهيلاً جيداً التي سيلقى على كاهلها الإستخدام السليم والآمن لبرامج التقنيات والقوى النووية والتصدي لحالات الطوارئ المتعلقة بالحوادث النووية سواء في المنطقة أو المناطق المجاورة. وقد صُممت هذه الدورة لتغطية النقص في الكوادر العربية المؤهلة والخبيرة بالإستعداد والإستجابة للطوارئ الإشعاعية والنووية وتم إدخال تمرين لحادث نووي إفتراضي من أجل إختبار الجاهزية وخطط الطوارئ.

إفتتح الدورة الدكتور فواز كرد علي نائب المدير العام لهيئة الطاقة الذرية السورية الذي ثّمن الدور الفعال الذي تقوم به الهيئة العربية في خدمة الدول العربية مبدياً سعادته بتواصل التعاون بين الهيئتين. وبيّن ممثل الهيئة العربية أ. د. ضو مصباح دور الهيئة العربية للطاقة الذرية في تقوية البنية التحتية العربية في مجال الإستعداد والإستجابة للحوادث النووية والإشعاعية ووضع الخطط العربية الموحدة وتوحيد ومواءمة القوانين واللوائح في هذا الميدان، مشيراً إلى دورها الفعال في رسم خارطة طريق واضحة للتعاون العربي في هذا الميدان. ثم تحدث المشرف المحلي للدورة الدكتور رياض شويكاني الذي شرح برنامج النشاط.

شارك في فعاليات هذا البرنامج 15 مشاركاً محلياً ومشاركان من العراق وموريتانيا. وتكونت الدورة من محاضرات ومناقشات وتمارين عملية من قبل خبراء متخصصين من الهيئة السورية. قدمت الدورة المبادئ الأساسية للطوارئ النووية والإشعاعية، وكُرست في المقام الأول لصغار المهندسين والفنيين والموظفين المنضوين حديثاً تحت مظلّة البرامج الوطنية للتطبيقات المختلفة للطاقة النووية.

وركزت الدورة على المجالات والمواضيع التالية: حالات الطوارئ الإشعاعية السابقة والدروس المستنبطة، مبادئ وأهداف الإستعداد والإستجابة للطوارئ الإشعاعية، المتطلبات العملياتية (الوظيفية) للإستجابة، خطط وإجراءات الإستجابة للطوارئ في المنشآت النووية والإشعاعية، مفهوم عمليات الطوارئ، أمثلة عملية من الإجراءات المتخذة بعد الحوادث النووية والإشعاعية، متطلبات خطط الطوارئ الإشعاعية الموقعية، دعم أنظمة الأمان والأمن النووي والإشعاعي في عمليات الحوادث الإشعاعية، إعلام الجمهور والإعداد للطوارئ الإشعاعية، نظام قيادة الحدث، خارطة الطريق العربية للتعاون في مجال الإستعداد والإستجابة للطوارئ النووية والإشعاعية، النظام العالمي للإستعداد والإستجابة للطوارئ، الأجهزة والمعدات المستخدمة في الطوارئ الإشعاعية، تمرين عملي على الإستجابة لحادث نووي وإشعاعي تم تصميمه في هيئة الطاقة الذرية السورية، الشبكة العربية للمراقبيين النوويين (ANNuR) وخطة مجموعة عمل الطوارئ، الدروس المستفادة من الحوادث الإقليمية والمحلية.

وتمت خلال هذه الدورة زيارة ميدانية لمختبرات هيئة الطاقة الذرية السورية للإطلاع على إجراءات ومعدات الإستعداد للطوارئ النووية والإشعاعية فيها.

إعداد : م. نهلة نصر

قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
1	الهيئة في أربعة أعوام	264	الهيئة العربية	عربية	1993	–
2	وقائع المؤتمر العربي الأول للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	780	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1993	20
3	إستخدام الاشعاع والنظائر المشعة في الزراعة وعلوم الأحياء	531	مجموعة مؤلفين	عربية	1993	20
4	فيزياء وتقانة المفاعلات	728	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1993	20
5	إستخدام الحاسوب في الفيزياء النظرية	197	مجموعة مؤلفين	عربية	1993	10
6	تداول ومعالجة النفايات المشعة	مجلدان	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1993	20
7	الطب النووي تشخيصاً وعلاجاً	289	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1994	15
8	طرق إعداد تقريري الأمان الأولي والنهائي لمفاعلات البحوث	مجلدان	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1994	20
9	إستخدام التقنيات النووية في تحليل المواد	420	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1994	15
10	مصادر الطاقة في الوطن العربي والعالم : الواقع والآفاق المستقبلية	180	د. نواف الرومي	عربية	1994	10
11	الرادون والتلوث البيئي الإشعاعي	218	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1994	15
12	إعداد برامج الرقابة البيئية	618	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	20
13	الإستعداد الطبي للحوادث الإشعاعية والنووية	652	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	20
14	تعقيم وحفظ المواد الغذائية بالإشعاع	237	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	10
15	إنتاج النظائر المشعة واستخداماتها الطبية	828	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1995	20
16	إستخدام أجهزة الكشف عن الإشعاعات المؤينة ومعايرتها	435	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1995	نفد
17	إستخدام المصادر المشعة في الصناعة	387	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	15
18	أجهزة القياس والإلكترونيات النووية	469	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	20
19	إستخدام التقنيات النووية في تحسين الإنتاج النباتي	687	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	20
20	وقائع المؤتمر العربي الثاني للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1995	30
21	النقل الآمن للمواد ذات النشاط الإشعاعي	374	مجموعة مؤلفين	عربية	1996	15
22	تكنولوجيا الإشعاع في الأغذية والزراعة	599	د. محمود شرباش	عربية	1996	20
23	معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينة	349	الوكالة الدولية	عربية	1996	15
24	الهيئة في أربعة أعوام 93 . 1996	مجلدان	الهيئة العربية	عربية	1997	–
25	دورة الوقود النووي من الخام حتى الركاز الأصفر	635	مجموعة مؤلفين	عربية	1997	20
26	الخامات الذرية في الوطن العربي	386	مجموعة مؤلفين	عربية	1997	15
27	تصميم وإنشاء مرافق حفظ النفايات المشعة	328	مجموعة مؤلفين	عربية	1998	15
28	الإشعاعات المؤينة وحفظ الغذاء من الحشرات	143	أ. د. محمد سعيد هاشم	عربية	1998	10
29	وقائع المؤتمر العربي الثالث للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1998	30

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
30	نظام الضمانات الدولي وأسلوب تطبيقه على المستويين القطري والإقليمي	392	مجموعة مؤلفين	عربية	1998	15
31	البرنامج النظري والعملي للتدريب في عمليات التصوير الشعاعي (المستوى الأول)	243	مجموعة مؤلفين	عربية	1999	20
32	الحفاظ على الحبوب ومشتقاتها بالإشعاعات المؤينة	130	د. محفوظ البشير	عربية	2000	15
33	الأسس العامة لتكنولوجيا معالجة الأغذية بالإشعاع	148	أ. د. علي راضي	عربية	2000	15
34	وقائع المؤتمر العربي الرابع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	5 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2000	40
35	نظام الضمانات النووية الدولي "الآفاق والآليات والمشاكل"	419	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2000	20
36	الهيئة في أربعة أعوام 97 ـ 2000	مجلدان	الهيئة العربية	عربية	2000	ـ
37	البرنامج النظري والعملي للتدريب في الإختبارات بالأمواج فوق الصوتية (المستوى الأول)	278	مجموعة مؤلفين	عربية	2001	20
38	البرنامج النظري والعملي للتدريب في الإختبارات بالسوائل النافذة والجسيمات المغنطيسية (المستوى الأول)	214	مجموعة مؤلفين	عربية	2001	20
39	التقنيات النووية وتقدير الهرمونات	330	د. أحمد عصام فكري	عربية	2002	20
40	وقائع المؤتمر العربي الخامس للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	5 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2002	نفد
41	وقائع المؤتمرالعربي السادس للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	4 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2003	نفد
42	وقائع المؤتمر العربي السابع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2004	نفد
43	مستقبل توليد الكهرباء بالطاقة النووية	56	أ. د. ضو مصباح أ. د. م. نصر الدين	عربية	2006	10
44	وقائع المؤتمر العربي الثامن للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2007	10
45	النشاط الإشعاعي البيئي من المصادر الطبيعية والصناعية والعسكرية	816	(مترجم) أ. د. بهاء الدين معروف	عربية	2007	50
46	Research Reactors Types & Utilization	88	أ. د. إبراهيم داخلي عبد الرازق	إنجليزية	2008	10
47	المفاعلات البحثية : أنواعها واستخداماتها	88	(مترجم) م. نهلة نصر	عربية	2008	10
48	إستخدام التقنيات النووية والذرية في التحليل العناصري والنظائري	176	مجموعة مؤلفين	عربية	2008	20
49	الهيئة العربية للطاقة الذرية في ثماني سنوات 2001 . 2008	174	الهيئة العربية	عربية	2008	ـ
50	الأشعة السينية وبعض تطبيقاتها	190	أ. د. م. نصر الدين	عربية	2008	20

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
51	الإستراتيجية العربية للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى العام 2020	160	الهيئة العربية	عربية	2008	20
52	وقائع المؤتمر العربي التاسع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2009	10
53	توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP-105 "الوقاية من الإشعاع في الطب"	69	(مترجم) مجموعة خبراء	عربية	2011	10
54	الفحص البصري للملحومات . المستوى الثاني	352	أ. د. محمود أحمد شافعي	عربية	2011	25
55	الأشعة غير المؤينة : طبيعتها والوقاية من مخاطرها	60	(مترجم) مجموعة خبراء	عربية	2011	10
56	وقائع المؤتمر العربي العاشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2011	10
57	أسئلة امتحان التأهيل للإختبارات اللاّإتلافية وعلم المواد . المستوى الأول	178	أ. د. حسن إبراهيم شعبان أ. د. جمال محمد عاشور الدرويش	عربية	2013	20
58	البرنامج النظري والعملي في الإختبارات اللاّإتلافية بالتيارات الدوامية ـ المستوى الأول	248	أ. د. حسن إبراهيم شعبان أ. د. جمال محمد عاشور الدرويش	عربية	2014	20
59	وقائع المؤتمر العربي الحادي عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2015	20
60	وقائع المؤتمر العربي الثاني عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2015	20
61	وقائع المؤتمر العربي الثالث عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2017	20
62	وقائع المؤتمر العربي الرابع عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2019	20
63	وقائع المؤتمر العربي الخامس عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص ذاكرة (Flash)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2022	20
64	التحليل بالتنشيط النتروني ومطيافية أشعة جاما	454	أ.د إبراهيم أبوقصة	عربية	2022	30

للحصول على المطبوعات المذكورة يرجى مخاطبة الهيئة العربية للطاقة الذرية على العنوان أدناه وإرفاق شيك باسم الهيئة بمبلغ المطبوعة يضاف إليه قيمة البريد الجوي عن كل نسخة حسب الوزن. عنوان المراسلة : الهيئة العربية للطاقة الذرية نهج المؤازرة حي الخضراء . تونس . الجمهورية التونسية . هاتف : 71.808.400 . فاكس : 71.808.450 . البريد الإلكتروني: aaea_org@yahoo.com و aaea@aaea.org.tn

أو إجراء تحويل بالمبلغ إلى حساب الهيئة العربية للطاقة الذرية لدى الشركة التونسية للبنك – (STB) الفرع المركزي، نهج الهادي نويرة – تونس، مع إخطار الهيئة بالفاكس بصورة من مستندات التحويل.

رقم الحساب: 840-3-4173-90-100 404 10 // **IBAN:** TN 59 1040 4100 9041 7338 4007

BIC: STBKTNTTXXX

دعوة للعلماء والإختصاصيين العرب

ندعوكم لإرسال مقالات علمية مبسّطة مؤلفة أو مترجمة في مجالات العلوم النووية والاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حسب القواعد التالية :

1 ـ تكون المقالات موجهة لزيادة تعريف أبناء الوطن العربي بأساسيات العلوم والتقنيات النووية واستخداماتها في مختلف المجالات التطبيقية .

2 ـ يكتب ملخص باللغة الإنجليزية السليمة في بداية المقالة على ألاّ يتجاوز عدد كلماته 200 كلمة، وتضاف قائمة بالمراجع في نهاية المقالة على ألاّ تزيد على 5 مراجع .

3 ـ صياغة المقالات تكون باللغة العربية الفصحى، على أن تكون المصطلحات العلمية المتضمنة مطابقة لما ورد في المعاجم الموحدة لمصطلحات الفيزياء العامة والنووية والكيمياء والبيولوجيا الصادرة عن مكتب تنسيق التعريب بالمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (الألكسو) .

4 ـ مراعاة تجنّب التفاصيل العلمية الدقيقة أو الإستنتاجات الرياضية المعقدة التي تفوق مستوى القارىء غير المتخصص باعتباره القارىء المفضل لنشرة الذرة والتنمية .

5 ـ يجب أن تكون الموضوعات المطروحة لم تسبق معالجتها بشكل مشابه في الأعداد السابقة وملائمة لأغراض النشرة ومتوافقة مع سياسة النشر بها ولا تتضمّن أية إشارات سياسية أو خصوصيات أمنية لأي من الدول العربية.

6 ـ يشترط في المقالات المترجمة أن تكون مرفقة بالأصل الذي ترجمت منه، علماً بأنه عند نشر المقالات المترجمة في نشرتنا يشار إلى إسم صاحب المؤلف الأصلي بالإضافة إلى ذكر اسم الوثيقة المنشور فيها سابقاً مع تحديد العدد وتاريخ النشر .

7 ـ يمكن للسادة المؤلفين أو المترجمين إرسال استفساراتهم بشأن المواضيع التي يرغبون في تقديمها للنشرة للحصول على رأي لجنة التحرير قبل إرسالها للنشر.

ISSN : 0330-7123