الهيئة العربية للطاقة الذرية

الذرة والتنمية

نشرة علمية إعلامية فصلية

المجلد السابع والثلاثون ـ العدد الأول خاص - 2025

المقارنة بين قياس وحساب الجرعة الناتجة عن المواد المشعة طبيعية المنشأ في بحيرات المياه المصاحبة لإنتاج النفط في ليبيا

تحضير تراكيب سُلمية المسامات من الكربون المحضر مختبرياً متراكبة مع الزيولايت -A لإزالة الأيونات الغير مرغوبة من المحاليل المائية كطريقة لإزالة النظائر المشعة

إستخدام طريقة السبر الجيوكهربائي المقطعي في دراسة مشكلة الرشح في بعض السدود الركامية في سورية

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 - 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 السابع والثلاثون ـ عدد الأول خاص لسنة 2025**

لجنة التحرير

رئيس التحرير : أ. د. سالم حامدي

المراجعون :

أ. د. خالد زهرمان

جدول المحتويات

الموضوع	الصفحة
✯ المقارنة بين قياس وحساب الجرعة الناتجة عن المواد المشعة طبيعية المنشأ في بحيرات المياه المصاحبة لإنتاج النفط في ليبيا.....	3
✯ تحضير تراكيب سُلمية المسامات من الكربون المحضر مختبرياً متراكبة مع الزيولايت –A لإزالة الأيونات الغير مرغوبة من المحاليل المائية كطريقة لإزالة النظائر المشعة.....	18
✯ إستخدام طريقة السبر الجيوكهربائي المقطعي في دراسة مشكلة الرشح في بعض السدود الركامية في سورية.....	34
✯ أخبار عربية وعالمية.....	55
✯قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية.....	61

المقارنة بين قياس وحساب الجرعة الناتجة عن المواد المشعة طبيعية المنشأ في بحيرات المياه المصاحبة لإنتاج النفط في ليبيا

Abstract

In this research, 7 soil samples were collected, six samples were collected from the dry or semi-dry surface layer of a number of produced water pits of oil and gas production in some Libyan oil fields, and a control soil sample from an area far from the oil fields for comparison. Samples Z1, Z2, Z3, and Z4 were collected from the pits of one field, and samples S1, H1, and H2 were collected from two different fields. The radioactivity of the samples, a number of hazard indicators, and the concentration of radon gas emanating from the soil were calculated. The calculated effective equivalent dose was compared with the dose observed by radiation surveying devices. Sample H1 recorded the highest readings, as the radioactivity of ^{238}U, ^{232}Th, and ^{40}K was $3.21x10^{5}\pm566.5$, $1.46x10^{5}\pm382.9$ and $7.44x10^{3}\pm86.2$ Bq/kg, respectively, and the effective equivalent dose was 291.95±17.05mSv/y, while the radon exhalation rate of the soil was 12.67±3.55 $Bq/m^{2}.s$, while sample S1 recorded the lowest readings, as the radioactivity of ^{238}U, ^{232}Th, and ^{40}K Bq/kg was 1240±35.24, 240.5±15.49, 330.05±18.16, respectively, and an annual effective equivalent dose was 0.96. ±0.97mSv/y, while the radon exhalation rate was $0.031\pm0.17Bq/m^{2}.s$.

While the comparison between the calculation and the direct measurement of the instantaneous dose for all samples was very close, but

not at a height of 1m as is assumed when calculating the absorbed dose D, but rather at heights ranging from 0cm to 20cm from the surface of the earth.

مـقـدمة

توجد المواد المشعة الطبيعية في مكامن تكون النفط والغاز، شأنها شأن العناصر المعدنية الأخرى، بتراكيز متباينة لذا تعد صناعة النفط والغاز إحدى الصناعات التي يتعرض العاملون فيها لخطر المواد المشعة الطبيعية التي تتركز بفعل هذه الصناعة. إذ ترافق المواد المشعة الطبيعية النفط المستخرج من باطن الأرض، لتتموضع على الجدران الداخلية للأنابيب ومستودعات فصل النفط أو خزنه. يكون لهذه التموضعات شكل رواسب حرشفية (Scales)، و يحمل الماء المنتج المرافق للنفط حمأة (Sludge) أيضاً مثل هذه النظائر المشعة التي لم تترسب في الأنابيب والخزانات، ولما كان كل من أملاح اليورانيوم والثوريوم جزءاً من هذه التموضعات وفي وسط غير مؤكسد فهي لا تنحل بدرجة كبيرة في سوائل المكمن (مياه عذبة ومياه مالحة ونفط وغاز). بينما تنحل أملاح الراديوم في الماء وتنتقل من هذه التوضعات إلى سطح الأرض مع الماء المرافق للنفط. وتعتمد كمية الراديوم الموجودة في المياه المنتجة والمرافقة للنفط، على طبيعة هذه الصخور وكميتها ومحتواها من اليورانيوم والثوريوم، إضافة إلى الشروط الفيزيائية والكيميائية الموجودة فيها مثل الضغط والحرارة.

تقدر نسبة الرادون المنبعثة من الطبقة العليا من القشرة الأرضية بحوالي 80% من إجمالي الرادون المنبعث إلى الوسط الخارجي، لذلك تعتبر التربة هي المصدر الرئيسي للرادون في البيئة. بشكل عام فإن الصخور الموجودة في القشرة الأرضية تحوي حوالي 1g/pCi والتربة حوالي 0.7g/pCi . إن وجود اليورانيوم−238 وبالتالي الراديوم−226 ضمن مكونات التربة والصخور هو السبب في إنبعاث الرادون. تختلف كمية اليورانيوم من مكان إلى أخر حسب الطبيعة الجيولوجية للمكان. عند تفكك أي ذرة راديوم موجودة في حبيبات التربة أو الصخور سيؤدي ذلك إلى تسرب ذرة من

الرادون إلى الوسط الخارجي ويعتمد ذلك على معدل الإنبثاق emanation factor. إن خروج الرادون من حبيبة التربة يكون نتيجة الإرتداد الذي يحصل عندما تتفكك ذرة الراديوم مطلقة جسيمة ألفا. إن كمية إنبعاث الرادون من التربة تعتمد على مسامية ورطوبة التربة. كلما كان مكان إنتاج هذه الذرة قريب من سطح التربة زاد إحتمال تسربها إلى الوسط الخارجي وكلما زادت كمية الرادون المتحرر من حبيبات مادة التربة زاد معدل تسربه عبر مسامات التربة إلى الوسط الخارجي. أظهرت العديد من الدراسات حول تأثير الرطوبة على معدل انبعاث الرادون من التربة أن معدل الإنبعاث يزداد مع زيادة الرطوبة حتى نسبة 18% ثم ينخفض كلما زادت الرطوبة عن هذا المستوى. يدخل الرادون بين حبيبات التربة نتيجة إرتداد ذرة الرادون الناتجة من تفكك الراديوم، فإذا كان الوسط جاف فإن ذرات الرادون المرتدة قد تطمر في الحبيبات المجاورة بينما عندما تحتوي مسامات التربة على الماء فإن ذرات الرادون المرتدة ستتوقف لأن مدى إرتداد الذرات في الماء أقل من مداها في الهواء. الشكل (1) يوضح صورة لبحيرات نفط رطبة وجافة وهي المصدر الرئيسي لإنبعاث الرادون في الحقول النفطية.

إن مخاطر غاز الرادون لا يكمن في كونه عنصر مشع فحسب بل لكونه غاز يستطيع أن ينتشر لمساحات واسعة بالإضافة إلى تحول الرادون بعد فترة (3.83) يوم إلى عنصر البولونيوم الباعث لجسيمات ألفا فيترسب البولونيوم على النباتات والتجمعات السكنية. وهذا يشكل خطورة على العاملين في الحقول النفطية بشكل رئيسي.

شكل 1: بحيرات نفط رطبة وجافة

سيكون التركيز في هذا البحث على المواد المشعة الطبيعية المتركزة في بحيرات المياه المصاحبة (Pits) من حيث نشاطها الإشعاعي وصولا إلى الجرعة الفعالة السنوية الناتجة ومقارنتها بالقياس المباشر بواسطة أجهزة المسح الإشعاعي ولما كان لهذه البحيرات مساحات كبيرة تصل إلى هكتارات في بعض الحقول فإن قياس وتقدير غاز الرادون المنبعث من هذه البحيرات ولو حسابياً فقط تصبح عملية ملحة.

جمع العينات وطريقة العمل

تم جمع سبعة عينات من بحيرات المياه المصاحبة من 3 حقول تغطية متقاربة بالإضافة لعينة تربة عادية أخذت من منطقة ساحلية بعيدة عن الحقول. بعد تحضير للعينات للوصول للإتزان وكذلك معايرة الكاشف وهو كاشف جرمانيوم (HPGe) عالي النقاوة بكفاءة 40% بوضعية عمودية وقدرة فصل مقدارها 1.89 كيلو إلكترون فولت موجود بمبنى الوقاية بمركز البحوث النووية تاجوراء تم قياس وتحليل العينات

العينة	تاريخ الجمع	تاريخ الكشف	فترة الكشف
عينة تربة عادية	يونيو 2023	يوليو 2023	18ساعة
العينة Z1	يونيو 2023	يوليو 2023	18ساعة
العينة Z2	يونيو 2023	يوليو 2023	18ساعة
العينة Z3	يونيو 2023	أغسطس 2023	18ساعة
العينة Z4	يونيو 2023	أغسطس 2023	18ساعة
العينة S1	اغسطس 2023	سبتمبر 2023	18ساعة
العينة H1	سبتمبر 2023	أكتوبر 2023	18ساعة
العينة H1	سبتمبر 2023	أكتوبر 2023	18ساعة

الجدول 1: المعلومات الأساسية للعينات

تقييم المخاطر الإشعاعية

1- النشاط الإشعاعي (The Activity Concentration):

تم حساب النشاط الإشعاعي النوعي A (لكل كيلوجرام) بإستخدام المعادلة (1)

$$A = \frac{net\ CPS\ samples}{Eff\ I_\gamma W} \qquad \rightarrow (1)$$

حيث net CPS samples هو معدل العد الصافي لكل ثانية، Eff هي كفاءة الكاشف عند الطاقة المحددة، I_γ هي نسبة شدة إصدار جاما لهذه الطاقة و W هو وزن العينة بوحدة kg.

2- النشاط المكافئ للراديوم (Ra_{eq}- Radium Equivalent Activity):

النشاط المكافئ للراديوم (Ra_{eq}) بوحدة Bq/kg مؤشر خطر إشعاعي واسع الإنتشار و يستخدم لتقييم المخاطر المرتبطة بالمواد المحتوية على نويدات ^{226}Ra و ^{232}Th و ^{40}K وقد تم تحديده على أساس إفتراض أن 370Bq/kg من ^{226}Ra و 260Bq/kg من ^{232}Th و 4810Bq/kg من ^{40}K تنتج نفس معدل الجرعة. تم حسابه على النحو الموضح فى المعادلة (2).

$$Ra_{eq} = A_u + (A_{Th} \times 1.43) + (A_K \times 0.077) \rightarrow (2)$$

A_U ، A_{Th} و A_k قيم النشاط الإشعاعي ل ^{238}U ، ^{232}Th و ^{40}K على التوالي بوحدة Bq/kg.

3- الجرعة الممتصة (Absorbed Dose Rate in Air- D) :

تحديد معدلات الجرعة الممتصة (D) للعينات بوحدة nGy/h من تركيز النشاط الإشعاعي النوعي، حيث أن 1Bq/kg من ^{40}K و ^{238}U و ^{232}Th

على التوالي يعطي معدل جرعة ممتصة مقدارها 0.0417nGy/hr و0.462nGy/hr و 0.604nGy/hr على التوالي عند متر واحد فوق سطح الأرض موضح في المعادلة (3)

$$D = (0.462 \times A_U) + (0.604 \times A_{Th}) + (0.0417 \times A_K) \rightarrow (3)$$

4- مكافئ الجرعة الفعالة السنوية (Annual Effective Dose Equivalent- AEDE):

يمكن قياس تركيز النويدات المشعة في البيئة بسبب إشعاع غاما الأرضي الناتج من ^{238}U و^{40}K و^{232}Th من خلال المتوسط المكافئ السنوي الفعلي للجرعة AEDE حيث:

$$D = (0.462 \times A_U) + (0.604 \times A_{Th}) + (0.0417 \times A_K) \rightarrow (3)$$

حيث D هو معدل الجرعة الممتصة (nGy/ h)

$1.23x10-3mSv/y = 8760hr/yr \times 0.2 \times 0.7\ Sv/Gr$

8760 هو عدد ساعات السنة، 0.2 هي نسبة البقاء في الهواء الطلق outdoor أو ما يعرف بعامل الاشغال occupancy factor بالنسبة للإنسان العادي، 0.7 هي نسبة تأثر الأعضاء الحيوية للجسم البشري بالنسبة للجرعة الممتصة ككل ووهي تعتمد على عدة عوامل مثل نوع الإشعاع و نوع وحساسية العضو البشري.

5- تركيز غاز الرادون في التربة (The concentration of Rn in Soil-C_{Rn}):

تستعمل المعادلة (8) لحساب تركيز الرادون (^{220}Rn^{-222}) في التربة الناتج مباشرة من تفكك ^{224}Ra^{-226}

$$C_{Rn} = \frac{C_{Ra}}{\varepsilon} f \rho_s \frac{(1-\varepsilon)}{(m[K_T - 1] + 1)} \; Bq/m^3 \quad \rightarrow (5)$$

حيث C_{Ra} هو تركيز الراديوم في التربة بوحدة Bq/kg، و f يعرف بمعامل الإنبعاث (emanation factor)، ρ_s هو متوسط كثافة التربة وε هي المسامية الكلية (porosity)، بما في ذلك الماء ومراحل الهواء، m هي جزء المسامية عند تشبع التربة بالماء. K_T هو معامل تقسيم إنتقال ال Rn بين الماء و مراحل الهواء. بالنسبة للتربة الجافة m=0 . في التربة الرطبة الدافئة عند درجة حرارة 25°c مثلا (K_T = 0.23 ، m= 0.95). في شروط التربة النموذجية كذلك ε= 0.25 و f=0.2 ، هذه القيم هي التي سوف تأخذ في الإعتبار في حساب تركيز Rn في عينات هذا البحث. في حال تم إلغاء الكثافة من المعادلة فإننا نحصل على تركيز الرادون لكل وحدة كتلة من الرواسب السطحية للبحيرة النفطية (Bq/kg).

6- كثافة تدفق الرادون من السطح للهواء (The exhalation flux density):

عند حساب كثافة تدفق غاز الرادون وهي عبارة عن النشاط الإشعاعي لكل وحد مساحة لوحدة الزمن للرادون المنتقل من التربة للهواء يؤخذ في الإعتبار بالإضافة لتركيز الراديوم وكثافة التربة كل من معامل الإنبعاث emanation factor ومعامل الإنتشار diffusion factor (De) وε المسامية الكلية porosity و λ ثابت الإنحلال لغاز الرادون ويساوي $2.1x10^{-6}$ 1/s تطبق المعادلة (6)،

$$J = C_{Ra}\lambda f \rho_s (1-\varepsilon) L \quad (Bq/m^2 s) \rightarrow (6)$$

حيث $L = \left(\frac{D_e}{\lambda_{Rn}}\right)^{\frac{1}{2}}$ معامل الإنتشار الطولي diffusion length و وحداته m

De معامل الانتشار Diffusion factor و وحداته m^2/s.

النتائج والحسابات

1- النشاط الإشعاعي النوعي:

في الجدول رقم 2 تم قياس النشاط الإشعاعي للعينات والنشاط المكافئ للراديوم والجرعة الممتصة للعينات السبعة وعينة المقارنة، العينة H1 كانت الأعلى نشاطاً والعينة S1 الأقل نشاطاً. العينة Z2 لم تسجل نشاط للثوريوم وكذلك البوتاسيوم الذي يمثل 2.1% من القشرة الأرضية، طبعاً هذه البحيرات تنتمي لمنطقة جغرافية متقاربة وبالتالي جيولوجية مكامن إستخراج النفط في هذه الحقول لن تختلف كثيراً، خاصة مع نشاط الراديوم 226 الواضح والذي يؤكد أن صخور الجرانيت هي المهيمنة على جيولوجية مكامن هذه المنطقة حيث يميل الراديوم بشدة للتواجد في هذا النوع من الصخور ونسبياً متوسط في الصخور الرسوبية ولا يميل للتواجد في محتويات الحجر الجيري.

واضح أن النشاط الإشعاعي عالي مقارنة مع الخلفية الإشعاعية الطبيعية للمنطقة و التي سجلت متوسط جرعة مقاسة بجهاز المسح مباشرة 0.04 µSv/hr و الذي ينتج عنه جرعة مكافئة سنوية تقدر 0.35mSv/y (1mSv/yr=1/8.76µSv/hr) وبالتالي جرعة ممتصة تعادل تقريباً

276.42nGy/hr (تطبيق المعادلة رقم 4) ، وهذا منطقي بالنسبة لبحيرات تتراكم فيها المياه المنتجة المحملة بالنظائر المشعة منذ عشرات السنين.

العينة	النشاط الإشعاعي (Bq/kg)			النشاط المكافئ للراديوم Ra_{eq} (Bq/kg)	الجرعة الممتصة (nGy/hr) D
	^{40}K	^{238}U	^{232}Th		
العادية	236.6±15.3	65.37±8.06	203.61±14.24	374.72±19.33	163.02±12.7
Z1	484.7±22.1	$1.33x10^5$±364.5	512.51±22.62	$1.34x10^5$±366.2	$6.18x10^4$±248.5
Z2	–	$7.53x10^4$±274.4	–	$7.53x10^5$±867.75	$3.48x10^4$±185.47
Z3	532.02±23.06	$9.88x10^3$±99.39	197.09±14.03	$1.02x10^4$±110.4	$4.71x10^4$±217.1
Z4	143.4±11.95	$8.71x10^3$±93.32	$9.48x10^3$±973.3	$1.01x10^5$±317.8	$4.60x10^4$±213.4
S1	240.5±15.49	$1.24x10^3$±35.21	330.05±18،16	$1.73x10^3$±41.59	783.6±27.98
H1	$7.44x10^3$±86.25	$3.21x10^5$±566.5	$1.46x10^5$±382.1	$5.37.x10^5$±732.8	$2.37x10^5$±386.6
H2	329.3±18.13	$7.64x10^5$±874.4	$6.52X10^3$±80.74	$8.58x10^4$±292.9	$3.92x10^4$±197.9

الجدول 2: النشاط الإشعاعي للعينات

2- مقارنة الجرعة المحسوبة والمرصودة:

يبين الجدول 3 الجرعة المكافئة السنوية الفعالة AEDE المحسوبة من الجرعة الممتصة بناء على النشاط الإشعاعي المسجل بواسطة كاشف الجرمانيوم، حسب المعادلة 3 والجرعة اللحظية المحسوبة بناء على التحويل (1mSv/y=1/8.76μSv/hr) ويقابلها صورة لجهاز القياس المباشر بوحدة μSv/hr. الغاية من هذه المقارنة هو ربط التحليل الإشعاعي الذي تم بواسطة جهاز كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة في المعمل و الذي حددنا من خلاله النشاط الإشعاعي للسلاسل المختلفة و من ثم إستعمال المعادلات التجريبية للحصول على بقية المؤشرات مثل النشاط الإشعاعي المكافئ للراديوم والجرعة الممتصة والجرعة الفعالة السنوية ومقارنتها بما يسجله جهاز المسح الإشعاعي على عين المكان. كما نلاحظ

القراءات المحسوبة و المسجلة (المصورة) قريبة لحد بعيد، لكن الحقيقة أنها ليست بالمثالية الظاهرة ،حيث أن القراءات المسجلة في جهاز الرصد المباشر تعطي قراءات متابينة حسب المسافة، بمعنى أوضح أنه أثناء أخذ العينات قمنا بتوثيق عدد من القراءات التي يسجلها جهاز المسح الإشعاعي على إرتفاعات بين 0cm إلى 100cm من مكان أخذ العينة وكذلك بوضعيات مختلفة، بعد عملية الكشف الإشعاعي وإستعمال المعادلات التجريبية في حساب الجرعة الممتصة و الجرعة السنوية وجدنا أن أقرب القراءات المرصودة بجاهز المسح إلى القراءات المحسوبة كانت كما هي موضحة في الجدول 3، و التي كانت في مجملها المسافة تتراوح فيها بين 0cm إلى 20cm ما عدا العينة S1 و التي كانت أقرب إلى قراءة مصورة على إرتفاع حوالي 70cm (0.06µSv/hr) و كانت على مسافة 0cm حوالي 2.45µSv/hr و هي ضعف القراءات المحسوبة حوالي 22 مرة.

العينة	الجرعة المكافئة السنوية الفعالة AEDE المحسوبة من الجرعة الممتصة (mSv/y)	الجرعة اللحظية المحسوبة (µSv/hr)	الجرعة اللحظية المرصودة (µSv/hr)	
العادية	0.20±0.18	0.022		0.01
Z1	76.09±8.71	8.68±2.94		8.43
Z2	42.81±6.48	4.88±2.20		4.13

0.65		0.66±0.81	5.79±2.44	**Z3**
6.37		6.46±2.54	56.58±7.48	**Z4**
0.06		0.11±0.33	0.96±0.97	**S1**
33.26		33.32±5.74	291.95±17.10	**H1**
4.91		5.51±2.34	48.33±6.92	**H2**

الجدول 3: مقارنة الجرعة اللحظية والمحسوبة

نقطة الإختلاف الرئيسية هنا هي أن المعادلة التجريبية الخاصة بالجرعة الممتصة (المعادلة 3) يتم حسابها على أساس أن النشاط الإشعاعي للسلاسل المختلفة يعطي جرعة ممتصة معينة بوحدة nGy/hr على إرتفاع 1 متر من الارض وبالتالي يتم حساب الجرعة المكافئة السنوية على هذا الأساس، حيث لاحظنا أن الجرعة اللحظية على إرتفاع 1 متر تقل بنسبة حوالي 60% على الأقل مقارنة بالقراءة عند 0cm.

3- تركيز وكثافة تدفق غاز الرادون:

يبين الجدول رقم 4 حساب تركيز غاز الرادون في التربة بواسطة المعادلة رقم (5) وكثافة غاز الرادون المتدفق من التربة إلى الهواء بواسطة المعادلة رقم (6). تقدير جرعات غاز الرادون المنبعث من هذه البحيرات هو الهدف الأساسي لهذا البحث خاصة في غياب تام لرصد هذا الغاز في كل الحقول النفطية الليبية حيث أن المعلومات حوله معدومة تماماً و كذلك في ظل عدم وجود أجهزة متنقلة لقياس ورصد هذا الغاز في ليبيا كلها، كما أن الطرق التقليدية المعروفة لرصد هذا الغاز تأخذ وقت طويل ومن غير العملي إطلاقاً الاعتماد عليها في مثل هذا المجال الذي ليس من السهولة التواجد على عين المكان في كل الوقت وحين، عموما إستخدام المعادلات التجريبية وسيلة تقديرية لرصد هذا الغاز و تكوين مؤشر مبدئي حول مدى تركيزه وإنتشاره.

رقم العينة	تركيز الراديوم ^{226}Ra في التربة C_{Ra} (Bq/kg)	تركيز غاز الرادون في التربة الجافة CRn لوحدة الحجم (kBq/m^3)	تركيز غاز الرادون في التربة الجافة CRn لوحدة كتلة (Bq/kg)	كثافة الرادون المنتقل من التربة للهواء (Bq/m^2 S)
العادية	21.74±4.5	20.87±4.47	13.04±3.6	0.01063±0.103
Z1	7844.84±88.5	7531.05±86.78	4706.90±86.6	3.83±1.95
Z2	5245.19±72.4	5035.38±70.95	3147.11±56.1	2.56±1.6
Z3	404.55±20.1	388.37±19.69	242.73±15.5	0.094±0.30
Z4	2011.6±44.8	1931.13±43.95	1206.96±34.7	0.983±0.99
S1	33.51±5.74	60.24±7.74	37.65±6.08	0.031±0.17
H1	133265±365.1	127934.4±357.5	79959.1±282.7	65.15±8.07

H2	25928±161.1	24890.8±157.7	15556.8±124.7	12.67±3.55
المتوسط العالمي	30	21	13	0.016

الجدول 4: تركيز غاز الرادون وكثافة التدفق

أهم ملاحظة مبنية عليها المعادلة 5 هو تركيز ^{226}Ra في التربة و معامل الإنتشار emanation factor، هذا المعامل ليس من السهل حسابه فهو يعتمد على عدة متغيرات مثل نوع التربة و الصخور و الرطوبة و المسامية وغيرها، لذلك ركزنا على الجهات الاكثر جفاف في هذا البحيرات لنستطيع فرض أن هذا المعامل يساوي 0.2 (f=0.2) وهي ظروف التربة النموذجية لتقليل نسبة الخطأ والإقتراب من الوضع الواقعي في البحيرات وكذلك تجفيف العينات عند الكشف المعملي تدعم هذه الفرضية، القراءات المسجلة عند مقارنتها مع العينة العادية و المعدلات العالمية تعطي إنطباع مقبول جداً خاصة وأنها كما أسلفنا تربة سطحية بها تركيز لل ^{226}Ra عالي خاصة العينتين H1 و Z1. المعادلة 6 تم من خلالها حساب كثافة تدفق غاز الرادون بوحدة $Bq/m^2.s$ من التربة للهواء بوجود متغير مهم و هو معامل الإنتشار الطولي Diffusion length أي إنتشار الرادون بشكل شبه عمودي من التربة للهواء و الذي يعتمد بدوره على معامل الانتشار D_e بوحدة m^2/s، كل الحسابات المسجلة منطقية جداً بناء على النشاط الإشعاعي لل ^{226}Ra وهو العامل الأهم في المعادلة رقم (6) وكذلك قراءات المعدل العالمي تدعم منطقية هذه النتائج، طبعاً بالنسبة لقياسات الرادون لا توجد مقارنة بقياسات مرصودة على عين المكان كما أسلفت لعدم توفر هذه الأجهزة .

الإستنتاجات

في هذا البحث الغاية ليست فقط التأكيد على وجود المواد المشعة الطبيعية في بحيرات النفط، أنما إستغلال هذا النشاط الإشعاعي الواضح في مزيد من التعمق في

تحليل المعادلات التجريبية ومقارنتها بما تسجله أجهزة المسح الإشعاعي المتنقلة، حيث بينت هذه المقارنة الحاجة للمزيد من البحث في هذا الإتجاه. الغاية الأخرى التي لا تقل أهمية من هذا البحث هو تقدير جرعة غاز الرادون المنبثقة من هذه البحيرات، لأنه بالرغم من كل الدراسات المستفيضة حول هذه المواد في قطاع النفط إلا أن غاز الرادون غالباً ما يكون غائب عن هذه الدراسات على الأقل بالنسبة للبحوث المنجزة في ليبيا. النتائج المتحصل عليها تدعو لمزيد من البحث والتفصيل وتبادل المعلومات والتدقيق بين الباحثين في هذا المجال.

عزالدين أحميدة: مركز بحوث النفط

خليفة شقلوف: مركز القباسات الإشعاعية

يوسف بري: مركز البحوث النووية

عمر المقرحي: مركز البحوث النووية

References

1. مؤسسة IOGP, , الدليل الارشادي لإدارة المواد المشعة الطبيعية في صناعة النفط والغاز، منشورات هيئة الطاقة الذرية السورية - ترجمة عزالدين احميدة الغالي ــمعهد النفط للتأهيل والتدريب ــليبيا 2019-
2. IOGP-International Association of Oil & Gas Producers-Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry, produced by the NORM Task Force-2016.
3. United Nations Scientific C ommittee on Effects of Atomic Radiation "Sources and Effects of Ionizing Radiation," 1977 Report to the GeneralA.
4. Tanner A . B .(1964).Radon migration in the ground : are view . the Natural Radiation Environ ment . University Of Chicago ,161-190.

5. Ball T . K ., Cameron D . G., Colman T . B .and Roberts P.D.(1991),Behavior of radon in the geological environment: are view . Quarterly J .Engineering Geology, 24,169-182.
6. Karamdoust N.A., (1989), Parametric in Vestigations and Various applications of SSNTDS in the environmental and basic fields . ph D thesis, school of physics and space Research, the University of Birmingham.
7. Stranden E ., Kolstad A . K .and Lind B.,(1984) ,Radon exhalation: Moisture and temperature dependence , Health physics .,47,3-
8. Warren C.E., "Biology and Water Pollution Control", W.B. Sanders Company,London, , p.434 (1971).
9. Dovlete, C., Povinec, P.P., (2004). Quantification of uncertainty in gamma spectrometric analysis of environmental samples, IAEA-TECDOC-1401. Int. At. Energy Agency, Austria 1030126
10. Beretka, J., & Mathew, P. J. (1985). Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and byproducts. Health Physics, 48, 87e95.
11. UNSCEAR Report. (2000). Sources, effects and risks of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Report to the General Assembly, with Annexes).
12. Mcaulay, I.R. & Moran D. Natural Radioactivity in Soil in the -Republic of Ireland Radiation. Port. Dosi J., 24,47-49. (1988).
13. Measurement and Calculation of Radon Releases from NORM Residues Y. Ishimori, K. Lange, P. Martin,Y.S. Mayya, M. Phaneuf- International atomic energy agency Vienna, Printed by the IAEA in Austria September 2013 - Technical reports series, ISSN 0074–1914 ; no. 474.

تحضير تراكيب سُلمية المسامات من الكربون المحضر مختبرياً متراكبة مع الزيولايت A- لإزالة الأيونات الغير مرغوبة من المحاليل المائية كطريقة لإزالة النظائر المشعة

Abstract

In this research, the hydrothermal process was used to prepare a composite material zeolite-A crystals onto the surfaces of a laboratory-prepared plant waste carbon (the carbonization process was carried out in an inert atmosphere containing nitrogen gas at a temperature of 900 degrees Celsius). These materials were synthesized to form a hierarchal porous structure. The prepared composite material، which consists of carbon produced from the waste of tamarind stone in conjunction with Zeolite-A, was used in this study to investigate the ability of this material to remove the cobalt ion from aqueous solution as a method to remove radioactive isotopes using the batch mode. The composite material was characterized using XRD diffraction and SEM to study the structure and morphology of the product respectively. While, the surface area was measured using the nitrogen gas adsorption method (BET method) at 77 K adsorption, a batch reactor mode was applied to remove Co^{2+} ions from aqueous solution. It was found that the carbon of TS composite in conjunction with zeolite-A has higher ability to remove the ions of Co^{2+} than the pure Zeolite A (TSA) synthesized under the same conditions. In summary, the results proved that the composite of Carbon–Zeolite A (TSA) can be used to remove

radioactive ions of radioisotopes from aqueous solutions and can be considered as an environmentally friendly alternative.

مـقـدمة

أصبحت تكلفة وكفاءة تقنيات المعالجة ذات أهمية متزايدة في تنفيذ معالجة النفايات الصناعية السائلة من خلال تطبيق تقنيات التبادل الأيوني بإستخدام المواد البديلة .تعتبر مادة الزيولايت من أهم وسائل التبادل الأيوني نظراً لمواصفاتها وطبيعة تواجدها بشكل رواسب بكميات كبيرة في أكثر من 50 دولة حول العالم. يتكون الزيولايت من (ألألومينوسيليكات المائية) بشكل إطار رباعي من ثلاثية الأبعاد مفتوح بشكل واسع من جميع الجهات. الزيولايت يتكون بشكل أساسي من $^{-4}$ [SiO_4] و $^{-5}$ [AlO_4] ولها مسام ذات حجم موحد (5 إلى 13Å) كمثال، يبلغ حجم المسام الموجودة في الزيولايت المجفف بحدود 6 Å ، في حين أن حجم المسام الموجودة في السيليكا النموذجية متوسطة الهلام حوالي 50 Å، ومتوسط الكربون المنشط 105 Å. يحتوي الزيولايت على تجاويف وقنوات تشكل حوالي 50٪ من الحجم الإجمالي له، تسمح هذه التجاويف والقنوات بإحتجاز الكاتيونات مثل Na^+ و K^+ و Ca^{2+} و Mg^{2+} وجزيئات الماء داخل أطر الزيولايت. تتمتع هذه الكاتيونات بدرجة عالية من الحركة والقدرة على التبادل مع الكاتيونات الأخرى والذي يساعد على إستخدامها كمادة مبادلة مع العناصر الغير مرغوب بها. مع ذلك، فإن مشكلة إنتشار الأيونات (diffusivity) في مسامات مسحوق الزيولايت لا تلبي المتطلبات الصناعية بسبب المسامية الصغيرة له لذلك يتوجب حل مسألة الانتشارية للوصول الى أعلى قابلية للتبادل الأيوني وبالتالي تحقيق أعلى تبادل.

تنتج الفعاليات الزراعية العالمية كميات هائلة من النفايات العضوية، على سبيل المثال، تتخلف كميات كبيرة من المخلفات الزراعية عن إنتاج التمور في العراق والمملكة العربية السعودية مثل نوى التمر، ألياف وسعف النخيل. وتشير الإحصائيات الحالية إلى وجود ما لا يقل عن 15 مليون نخلة في المملكة العربية السعودية، وأكثر من 30 مليون نخلة في العراق. وبالمثل، ينتج إنتاج الزيتون في الأردن وإسبانيا

كميات هائلة من نوى الزيتون. على الرغم من أن النفايات النباتية العضوية للفعاليات الزراعية تعتبر مشكلة، فمن الناحية النظرية، يمكن تحويل هذا النوع من النفايات إلى كميات كبيرة من الكربون المنشط، كما تبين الأوراق البحثية في المنشورات العالمية بتحويل مخلفات النباتات الى الكربون المنشط الذي يتم إستخدامه بكثرة في مجالات المعالجة كمادة ماصة لملوثات الماء والهواء. تم في هذه الدراسة إختبار الكربون المصنع مختبرياً من نوى تمر الهند كمادة كربونية لحمل بلورات الزيولايت A لعمل بنية هرمية وسطوح قادرة على حمل وربط الجسيمات الكبيرة من الزيولايت A بطريقة إقتصادية تحقق كفاء عالية عند إستخدامها كمبادل أيوني.

الجانب العملي

1. عملية تحويل مخلفات نوى التمر هندي إلى كربون

في هذه الدراسة، تم جلب نوى التمر الهندي الخام (TS) من الأسواق المحلية وتحضيرها بعناية لإجراء عملية الكربنة. تم غسل النوى بالماء وتجفيفها عند درجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة 24 ساعة لأزالة الشوائب عنها. تمت عملية الكربنة في هذه الدراسة من خلال تسخين عينة المادة الخام لنوى التمر الهندي بعملية الإنحلال الحراري (Pyrolysis) عند درجة حرارة 900 درجة مئوية لمدة ساعتين في فرن من نوع أفران VECSTAR في جو خامل. تم إختيار درجة الحرارة ووقت التسخين بناءً على الظروف الأكثر شيوعاً في الأبحاث المنشورة إعتماداً على محتوى المركبات المتطايرة في المادة مثل الزيوت والماء؛ حيث تم التسخين بدرجتي حرارة مختلفة لفترة زمنية متساوية لتحسين عملية إزالة هذه المركبات. تم طحن العينة وتحويلها إلى مسحوق ناعم بعد إنتهاء عملية الإنحلال الحراري ثم إجراء توصيف العينة بإستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) للعينة قبل وبعد عملية الكربنة لمراقبة السطوح المتشكلة. تم حساب وزن الرماد الموجود في العينات بإستخدام المعادلة (1).

$$W_t = (^{m_1 - m_2}/_{m_2}) \times 100\% \qquad \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث m_1 و m_2 هما وزن العينة قبل وبعد الكربنة (ملغم) على التوالي.

2. عملية التنوية والتبلور بطريقة الحرارة المائية (Hydrothermal process):

تم تحضير محلول مائي يحتوي على بلورات الزيولايت المطحون الصغيرة الحجم بإستخدام مطحنة الكرات (Ball mill grinder) التي إستخدمت لطحن الزيولايت A التجاري من شركة (PQ) بإستخدام كرات خزفية بقطر 1 ملم (أكسيد الزركونيوم) لإستخدامه لاحقاً لخلق مناطق تنوية على سطح الكربون من خلال تثبيت جزيئات الزيولايت الصغيرة (المطحونة) على سطوح الكربون المحضر بإستخدام تقنية الحمام الصوتي (Sonic Bath) حيث تعتبر عملية التنوية أكثر إقتصادياً من تصنيع المحاليل الغروية التي تستخدم لنفس الغرض. تم إختبار درجة التبلور لمادة الزيولايت A التجاري المطحون بإستخدام حيود الأشعة السينية (XRD) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لمعرفة شكل السطح بعد تجفيف كمية صغيرة من المسحوق عند درجة حرارة 24 درجة مئوية للتحقق من عدم تأثير عملية الطحن على تبلور وشكل الزيولايت. تم قياس حجم الجسيمات الدقيقة في المحلول المائي للزيولايت المطحون (زيولايت A–) بإستخدام تقنية تشتت الضوء الديناميكي (DLS)، كما تم إستخدام حمام صوتي لمدة 6 ساعات بنسبة 20:1 (كربون–زيوليت A) من أجل توزيع وربط الجزيئات الدقيقة المطحونة من الزيولايت A– على أسطح الكربون. بعدها تم ترشيح الخليط وتجفيفه طوال الليل عند درجة حرارة 40 درجة مئوية للحصول على مادة الكربون المرتبطة مع بلورات الزيولايت المطحونة على سطوحها.

3. تحضير المادة المتراكبة الزيولايت A- الكربون:

تم تطبيق المعالجة الحرارية المائية (Hydrothermal Treatment) لتحضير الزيولايت A بإستخدام النسبة المولية لمحلول التوليف بإستخدام الصيغة أدناه:

$$14Na_2O: Al_2O_3: 10\ SiO_2: 798\ H_2O: 3\ Na_2SO_4$$

تم إستخدام مركب ميتاسيليكات الصوديوم كمصدر للسيليكا، في حين تم إستخدام هيدروكسيد الصوديوم كمصدر للكتيونات بينما إستخدم اوكتاديكاهيدرات الألومنيوم كمصدر للألمنيوم. تم إستخدام هيدروكسيد الصوديوم أيضا لتوفير الوسط القلوي. تم إستخدام التحليل الطيفي للأشعة السينية المشتتة من الطاقة (EDAX) لتحديد العناصر ونسبتها المئوية الموجودة في الزيولايت. بينما تم قياس المساحة السطحية لمنتجات Carbon–Zeolite–A عند –196 درجة مئوية بإستخدام طريقة BET (Brunauer وEmmett وTeller). تم تحديد كمية الزيولايت على أسطح الكربون لكل عينة بإستخدام تحليل مقياس الوزن الحراري (Thermal Gravimetric Analysis– TGA)، عند درجة حرارة 600 درجة مئوية عن طريق زيادة درجة الحرارة 10 درجة مئوية / دقيقة.

إزالة عنصر الكوبلت -**59** من المحاليل المائية بإستخدام المادة المتراكبة

لغرض إختبار قدرة المادة الكربونية من مادة الكربون– زيولايت A (TSA) المحضرة مختبرياً في إزالة النظائر الغير مرغوب بها، تم إجراء عملية الإمتصاص و/أو التبادل الأيوني بإستخدام تجارب الدفعات (Batch Reactor Mode). تم إستخدام زجاجة بلاستيكية سعة 100 مل تحتوي على 0.1 غم من كربون زيولايت

A (TSA) بنسبة تحميل33.35 ZA % لحجم 50 مل من محلول الكوبلت بتركيز (250–300mg/L) ودرجة الحموضة pH (5،5 –6) في درجة حرارة الغرفة.

تم إستخدام محلول ($CoCl_2.6H_2O/0.05NaCl$ (0.025 M لغرض تحضير المحلول الحاوي على ايونات الكوبلت. تم تخفيف محلول Co^{2+} للحصول على التركيز المطلوب من المحلول المائي. تم تثبيت سرعة الخلط عند درجة حرارة الغرفة لجميع التجارب لضمان الخلط المتساوي للعينات. تم أخذ عينات من المحلول بعد 0.5، 1، 2 و3 ساعات ثم ترشيحها من خلال درجة مرشح Whitman ليتم بعدها فحص السائل المترشح لمعرفة تركيز ايونات الكوبلت المتبقية في المحلول. تم تجفيف مادة Carbon–Zeolite A المترسبة على ورقة الترشيح عند درجة حرارة 50 درجة مئوية لدراسة خصائصها بإستخدام XRD، SEM و EDAX للتعرف على خصائص بنية المادة، شكل السطح والتركيب الكيميائي على التوالي للمواد المستخدمة بعد المعالجة.

لدراسة تأثير مادة الزيولايت A المتراكب على سطح الكربون، تم إستخدام الكربون المحضر مختبرياً (بدون الزيولايت A) ككربون نقي كمسحوق بشكل منفصل بنفس ظروف المعالجة المذكورة أعلاه لمعرفة مقدار الايونات المزالة حيث تبين عدم وجود ازالة ملموسة للأيونات ضمن المحلول،

تم إستخدام تقنية البلازما المحتثة ICP–OSE لقياس تركيزات أيون Co^{2+} في المحاليل المائية، حيث تم معايرة المنظومة بإستخدام أربعة محاليل قياسية 2 ppm، 4، 8 و15 من محاليل أيونات الكوبلت القياسية. تم تخفيف جميع العينات لتكون ضمن نطاق التركيز المطلوب قبل التحليل.

تم حساب كمية الأيونات الممتزة باستخدام المعادلة (2).

$$qe(mg/g) = (C_0 - C_t) * (V/M) \qquad (2)$$

حيث qe=($mg.g^{-1}$) كمية الأخذ للأيون (ملغم) لكل غرام.

حيث C_o = التركيز الابتدائي

C_t = التركيز عند زمن معين

V = حجم المحلول (L)

M = كمية المادة المازة

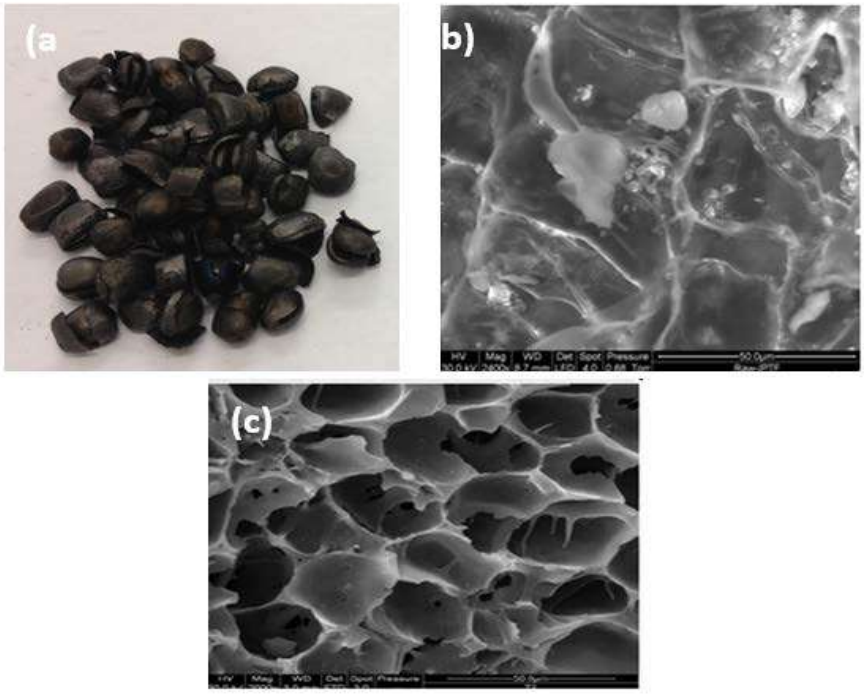
النتائج والمناقشة

1- الكربنة:

تم فحص الشكل السطحي بإستخدام تقنية الـ SEM قبل وبعد عملية الكربنة لعينات نماذج تمر الهندي (TS)، حيث أظهرت الصور أشكال منظمة للكربون المنتج على شكل خلية نحل مقارنة بالأشكال الرديئة ذات الأحجام والأشكال المتنوعة للمواد الخام. يوضح الشكل 1 مقارنة بين العينات الخام والعينات المكربنة لنفس العينة قبل وبعد عملية الكربنة لعينة TS. يوضح الجدول 1 نسبة الرماد والمساحة السطحية (m2.g-1) للعينة.

Materials	***BET surface area m^2/g***	***%Ash***
TS	202	26.48

جدول رقم 1: يوضح النسبة المئوية للرماد والمساحة السطحية (m2.g-1) لعينة التمر هندي المستخدمة.



شكل 1:

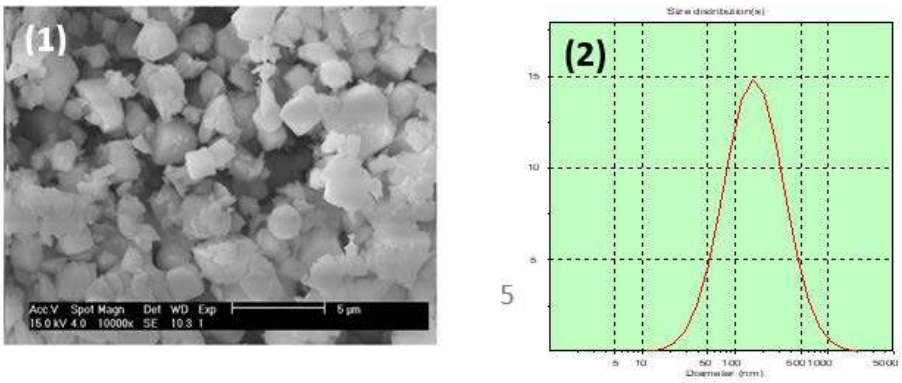
a- شكل نوى التمر هندي بعد عملية الكربنة.

b- شكل نوى التمر هندي الخام بإستخدام تقنية الـ SEM.

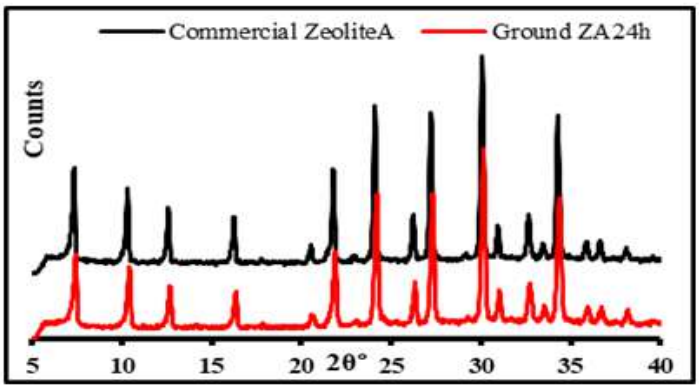
c- شكل نوى التمر هندي بعد عملية الكربنة بإستخدام تقنية الـ SEM.

2- تكوين المحلول البلوري للزيولايت A:

تم جمع الزيولايت–A المطحون بعد طحنه بمطحنة الكرات (Ball Mill grinder) لمدة 32 ساعة. كان مدى أحجام الجسيمات الدقيقة للزيولايت بين (88–270) نانومتر مع متوسط مدى بحدود 130 نانومتر تم قياسه بإستخدام تقنية الـ DLS وكما هو موضح في (الشكل 2) كما تم فحصه بإستخدام تقنية الـ XRD كما هو موضح في(الشكل 3) حيث ظهر واضحاً عدم تأثر البلورات بعملية الطحن.

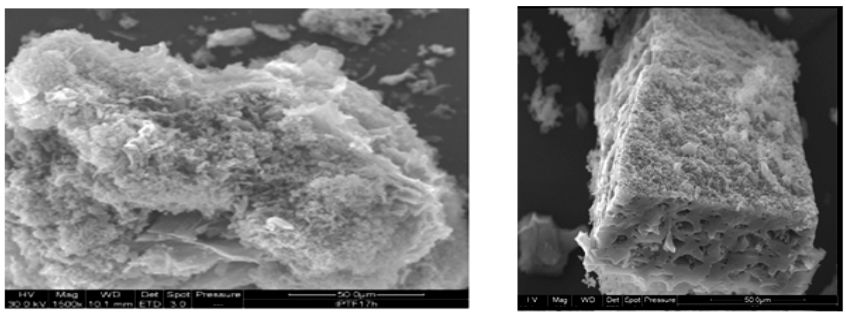


شكل 2: يبين (1) شكل بلورات الزيولايت–A بعد عملية الطحن لمدة 24– ساعة (2) قطر البلورة باستخدام تقنية الـ DLS

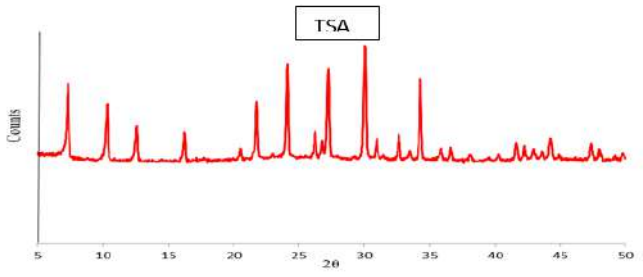


شكل 3: يبين نموذج للزيولايت A بتقنية الـ XRD (نمط حيود الأشعة السينية) المطحون بعد 24 ساعة مقارنة بنفس الزيولايت (غير مطحون) لبيان عدم تأثر التركيب البلوري بعملية الطحن.

بعد إجراء عملية التراكب بين الكربون المحضر مختبرياً والزيولايت A بإستخدام الصيغة (1)، تم معاينة الصور المنفذة بإستخدام تقنية الـ SEM لفحص المظهر الخارجي لسطح العينة، حيث أظهرت النتائج نجاح عملية التراكب لبلورات الزيولايت على سطح الكربون وكما هو موضح في (الشكل4). كما تم فحص المنتج بإستخدام تقنية الـXRD للتأكد من الحصول على التبلور المطلوب للزيولايت من خلال فحص البنية للمادة المنتجة حيث ظهر نموذج طيف الزيولايت A واضحاً للعينة من خلال ظهور القمم الخاصة به وكما هو موضح في (الشكل 5)،

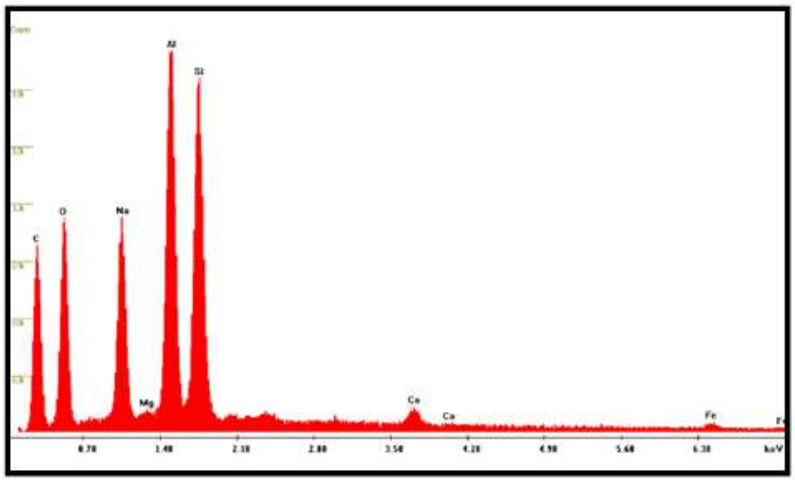


شكل 4: يوضح تراكب الزيولايت A على سطح الكربون المنتج من نوى التمر هندي بإستخدام المعالجة الحرارية لمدة ساعتين وبنسبة تكبير (μm scale bar50)

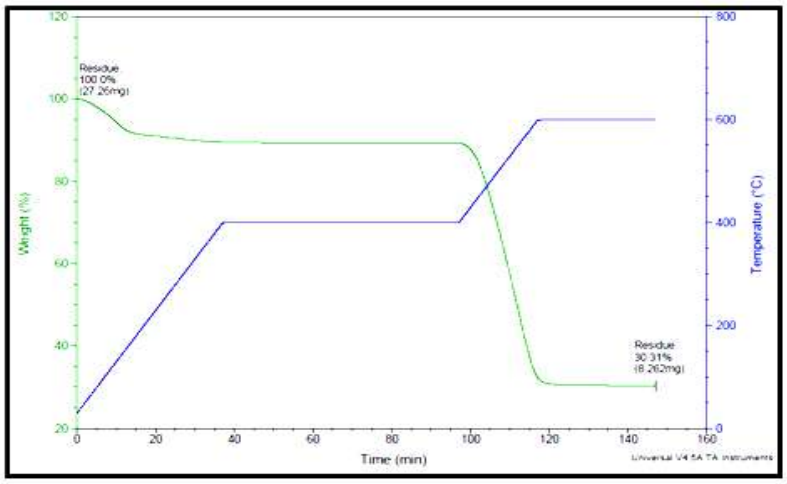


شكل 5: يوضح فحص النموذج المتراكب لعينة كربون– زيولايت TSA بتقنية الـ XRD.

تم فحص العناصر الخاصة بالمنتج المتراكب بتقنية الـ EDAX حيث بينت نتيجة الفحص ظهور عنصري الألمنيوم والسليكون بنسبة تقارب الـ 1 (*Si/Al=1*) وهي النسبة الخاصة بالزيولايت *A* وكما هو موضح في (الشكل 6) . كما تم تقدير كمية الزيولايت *A* المحمل على سطح الكربون في مركب الزيولايت –الكربون *A* من خلال قياس الوزن بإستخدام تقنية الـ(TGA) ، حيث لوحظ فقدان الوزن بوجود الهواء بين 100–600 درجة مئوية . ولوحظ فقدان كبير في الوزن للعينة للفترة الزمنية بين 200 و250 دقيقة كما هو مبين في (الشكل 7)، مما يشير إلى أنه تم حرق الكربون في هذا النطاق. حيث بينت أن كمية الزيولايت –A في متراكبات الكربون–الزيولايت *A* هي (*30.35 %*).



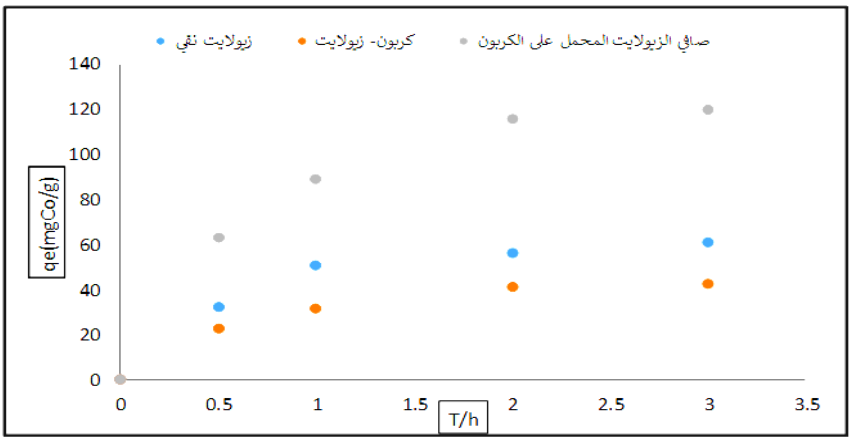
شكل 6: يبين التركيب الكيميائي لسطح نموذج للكربون– زيولايت بإستخدام تقنية الـ EDAX



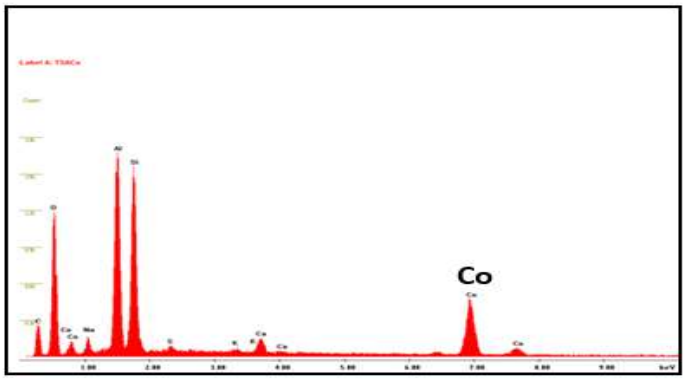
شكل 7: يبين التحليل بتقنية الـ TGA للتغير الوزني للعينة مع الزمن عند درجة 600 درجة مئوية

3- نتائج عملية المعالجة:

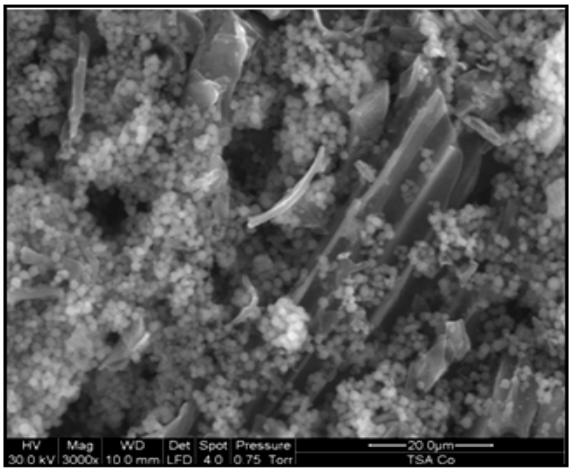
تم إختبار إزالة أيونات الـ Co^{2+} بإستخدام المادة المتراكبة (TSA) بتثبيت ظروف التجربة مثل درجة الحرارة والحجم ووقت التحريك والتركيز الأولي لمحلول ووزن المادة المتراكبة المضافة، حيث بينت النتائج أن عملية الإزالة كانت في ذروتها عند الربع ساعة الأولى من الخلط ومن ثم بدأت بالثبات عند السعة 2 و 3 ، أظهرت أن الـ TSA (صافي الزيولايت بنسبة 33.35%) قد حقق قدرة إمتصاص بمقدار ($mg.g^{-1}$) qt=120 بمقدار الضعف مقارنة بالزيولايت النقي والكربون – زيولات كوزن كلي وكما هو موضح في الشكل 8. يوضح الشكل 9 ظهور قمة تمثل أيونات Co^{2+}موجودة في التركيب الكيميائي الذي تم فحصه بتقنية الـ EDAX بعد عملية الإمتزاز على سطح عينة الـ TSA. كما وجد أن بلورات الزيولايت A– الموجودة على الأسطح الكربونية ظلت مرتبطة على سطح الكربون بإستخدام تقنيةSEM بعد إجراء عملية المعالجة التي هو موضح في الشكل 10.



شكل 8: يبين تأثير التفاعل بين المادة المتراكبة مع أيونات الكوبلت في المحلول بتثبيت ظروف التجربة وتغيير الفترة الزمنية لاخذ النموذج (0.5 ، 1، 2 و3) لحجم 50 مل من العينة مع 0.5 غم من المادة المتراكبة لتركيز mg/ 300 – 250 لأيونات الكوبلت لـ (1) صافي كمية الزيولابت على الكربون بنسبة 33.35% زيولايت في 0.1 غم من المادة المتراكبة (2) وزن صافي للزيولايت A بدون كربون(3) وزن كامل للكربون-زيولايت.



شكل 9: يبين أيون الكوبلت ضمن تركيب العناصر للمادة المتراكبة كربون – زيولايت الذي تم فحصه بتقنية الـ EDAX .



شكل10: يبين عدم فك إرتباط بلورات الزيولايت A عن سطح الكربون كما موضح بصورة الـ SEM بعد إجراء عملية المعالجة.

الإستنتاجات

تم في هذه الدراسة تحضير مادة متراكبة المسامات لحل مشكلة الإنتشارية لمادة الزيولايت حيث تم تحضير تركيب سلمي من الزيولايت والكربون (micro–macro porosity) وذلك لزيادة قابلية التبادل الأيوني للعناصر الغير مرغوب بها في مخلقات المياه السائلة. تم دراسة إزالة أيونات الكوبلت–59 في المياه الملوثة المحضرة مختبرياً (غير المشعة) بإستخدام المادة المتراكبة (TSA) المحضر مختبرياً من المحاليل كنموذج لإزالة النظائر المشعة من المحاليل المشعة التي تمتلك نفس المواصفات الكيماوية والفيزيائية. أظهرت نتائج الدراسة أن المادة المتراكبة (TSA) لها القدرة على إزالة أيونات Co^{2+} من المحلول المائي بحدود (($mg.g^{-1}$)120 =qmax) أثبتت الدراسة إمكانية إستخدام المركب كربون – زيولايت A بفعالية لإزالة النظائر من المحاليل المائية وإعتبارها بديلاً بمواصفات قليل الكلفة، صديقاً للبيئة ذو كفاءة إزالة جيدة.

سلام خضير الناصري، زيدون حافظ ابراهيم، حيدر كامل عيسى
هيئة الطاقة الذرية العراقية، العراق

References

1. Wangi, G. M., et al. "Characterization of Natural Zeolite and Determination of Its Ion-Exchange Potential for Selected Metal Ions in Water." Environmental Processes 10.4 (2023): 53..
2. Liao, Zhihui, et al. "Highly efficient iodide adsorption from medical radioactive wastewater by strong alkaline anion exchange fiber." Journal of Environmental Chemical Engineering (2023): 111783.
3. Xu R., Renqin Pang J. Yu Q. Huo, and J. Chen, Chemistry of Zeolite "Zeolites and related porous material '' syntheses and structure 2007, Cementi loop Singapore John Wiley 679.
4. Journal of Radio Analytical and Nuclear Chemistry Vol.275, No.3 2008.
5. Allen.E.R.and D.w.Ming,Recent ''Progress in the use of Natural Zeolite in Agronmy and Horticulutre Zeolite'' ,International Committee on Natural Zeolit., 1995.
6. A. Dyer, *An introduction to Zeolite Molecular sieves*, John wiley and Sons, New Yourk, 1988.
7. V. Meshko, L. Mincheva, A. E. Rodriguse, water res. 35 (2001).
8. Al-Baker A., 1392H, "*Palm Trees*" Al-Ani press, Baghdad, Iraq, 1392 H. (Arabic)
9. Basha M. A., Nasr T. A. and Shaheen M. A., 1409H, "Date-Palm-Trees", Directory of scientific research, KACST, Saudi Arabia.
10. Aljundi, I.H. and Jarrah, N., A ''*Study of characteristics of activiated carbon produced from Jordanian olive cake''*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2008 .81(1).

11. Kirubakaran, C. John, Krishnaiah, K. and Seshadri, K. S.,"*Experimental Study of the Production of Activated Carbon from Coconut Shells in a Fluidized Bed Reactor*", *Industrial and Engineering Chemistry Research* 30, 1991pp 2411-2416.
12. Alhamed, Yahia A. Saleh and Abdulsalam, Mohammed I., "*Activated Carbon from Palm Tree Branches*", Proceedings of the Fourth Saudi Engineering Conference, 5-8 November,Jeddah, Saudi Arabia, 1995 Vol. 5, p 51-58 .
13. Kula, I., Ugurlu, M., Karaoglu, H., and Çelik, A., *Adsorption of Cd(II) ionsfrom aqueous solutions using activated carbon prepared from olive stone by $ZnCl_2$ activation.* Bioresource Technology, 2008. 99(3): p. 492-501.
14. "Lead removal in aqueous solution by activated carbons prepared from Cola edulis shell", (Alocacée), Pentaclethra macrophylla husk (Mimosaceae) and Aucoumea klaineana sawdust (Burseraceae) François Eba1, Raphinos Kouya Biboutou1, Joseph Ndong Nlo1, Yvon G. Bibalou1 and Michel Oyo2 1Laboratoire Pluridisciplinaire des Sciences (LAPLUS), Ecole Normale Supérieure BP 17009 Libreville-Gabon. 2Laboratoire de Géo-Guide BP 20489 Libreville-Gabon. 2011
15. Uddin, Md Jamal, and Yeon-Koo Jeong. "Application of magnesium ferrite nanomaterials for adsorptive removal of arsenic from water: Effects of Mg and Fe ratio." Chemosphere 307 (2022): 135817.

إستخدام طريقة السبر الجيوكهربائي المقطعي في دراسة مشكلة الرشح في بعض السدود الركامية في سورية

Abstract

This paper aims to demonstrate the role of Electrical Resistivity Tomography, ERT in detecting the possible leakage paths in earthen dams. This technique was applied in three earthen dams, (Afamia, Salhab, and Abu Baara dam) located in Al-Ghab region in northwestern Syria. The lithological heterogeneity of the deformed geological formations, consisting of alternating compact layers with permeable loose formation, affected by faults and structural discontinuities, were the main causes of water leakage from Afamia and Salhab dams. While, the geological formations of the dam lake bedrock which are mainly consisting of fractured and karstic dolomite and limestone rocks were the main factors of water leakage in dam. The electrical resistively tomography technique has revealed a good effectiveness in detecting the probable locations that responsible for the leakage possesses in studied dams, and has given an accurate and detailed image of the subsurface geological and tectonic structures of the studies dams.

مـقـدمة

إن الطلب المتزايد على المياه وخاصة الجوفية منها يعود لعدة عوامل طبيعية وأخرى بشرية تتعلق بشكل مباشر بتغير الشروط المناخية السائدة في المنطقة خلال

العقود القليلة الماضية من جهة، والتزايد المطرد في عدد السكان والإحتياجات الزراعية والصناعية من جهة أخرى. أدت هذه العوامل مجتمعةً إلى تفاقم مشكلة المياه في منطقة شرق البحر المتوسط وضعف في تغذية مصادرها. تعد الجمهورية العربية السورية واحدة من دول حوض المتوسط التي تعاني من شح وعجز في الموارد المائية سواء السطحية أو الجوفية، فمعظم الأحواض المائية في القطر تعاني من عجز في مصادر تغذيتها خاصة الأحواض ذات الكثافة السكانية أو النشاط الزراعي الكثيف كحوضي دمشق واليرموك. أدت الحاجة الكبيرة للمياه إلى زيادة كبيرة في عدد الآبار المحفورة خلال العقود الماضية، الأمر الذي أدى إلى نضوب العديد من الحوامل المائية الضحلة ومتوسطة العمق. لسد فجوة العجز في الإحتياجات المائية كان لابد من البحث عن مصادر أخرى تلبي جزء من المتطلبات البشرية والزراعية فكان التوجه إلى إشادة العديد من السدود في مختلف محافظات الجمهورية العربية السورية. حيث تم إشادة ما يقارب من 160 سد وسدة وبسعات تخزين مختلفة تبعا للشروط الفنية والحاجة البشرية والزراعية وغير ذلك. جميع هذه السدود هي سدود ترابية ركامية بإستثناء سد الفرات فهو سد خراساني بيتوني. ونتيجة للخطى المتسارعة في إشادة هذه السدود، فقد ظهرت العديد من المشاكل الفنية في بعض منها، حيث كانت ظاهرة الرشح هي الظاهرة الأكثر إنتشاراً في مثل هذا النوع من السدود والأمر الذي يؤدي إلى ضياع كميات كبيرة من المياه وخروج بعض السدود من الخدمة نحن بأمس الحاجة إليها في عملية التنمية في القطر.

تحظى دراسة ظاهرة الرشح من السدود الركامية بأهمية بالغة سوءا على الصعيد المحلي أو العالمي نظرا للأهمية الإستراتيجية للسدود في عملية التنمية في معظم دول العالم، حيث تعد هذه الظاهرة من أكثر المشاكل الهيدروجيولوجية والجيوهندسية ملاحظة في السدود الركامية المشيدة فوق بنيات جيولوجية مخلّعة أو فالقية.

تعتبر الطرائق الجيوفيزيائية من أهم التقانات المستخدمة في التحري والكشف عن العوامل الجيولوجية والتكتونية المسوؤلة عن عمليات الرشح

أو التسرب في السدود الترابية. تعد طريقة السبر الجيوكهربائي المقطعي (Electrical Resistivity Tomography, ERT) واحدة من التقنيات الجيوفيزيائية الحديثة والرئيسية المستخدمة على نطاق واسع في مجال علوم الأرض والتطبيقات الهيدروجيولوجية والمسائل الجيوهندسية كرشح السدود. فقد أثبتت هذه التقانة كفاءة عالية في الكشف عن أهم المعالم الجيولوجية والتكتونية المسببة لمعظم عمليات الرشح أو التسرب التي تحدث في السدود الترابية المشادة فوق تشكيلات جيولوجية مشققة أو كارستية أو توضعات قارية مفكك.

أن دراسة ومعالجة مشكلة كبيرة ومعقدة كمشكلة الرشح من السدود يتطلب إستخدام وتضافر العديد من أدوات التحري والاستكشاف الملائمة سواءً كانت جيوفيزيائية أو جيولوجية أو جيوهندسية وذلك للوصول إلى تحديد الأماكن التي تتم عبرها عمليات الرشح أو التسرب للمياه. لذلك ضمن إطار هذه الورقة، سوف يتم التركيز فقط على إستخدام تقانة السبر الجيوكهربائي المقطعي(ERT) لدراسة هذه الظاهرة وذلك من خلال إستعراض نتائج القياسات الجيوكهربائية المقطعية المنفذة في عدد من السدود كسد أفاميا (B) وسد سلحب بالإضافة إلى سد أبو بعرة والمشادة في منطقة الغاب والواقعة في الأجزاء الشمالية الغربية من سورية.

الأجهزة المستخدمة وطريقة العمل الحقلي

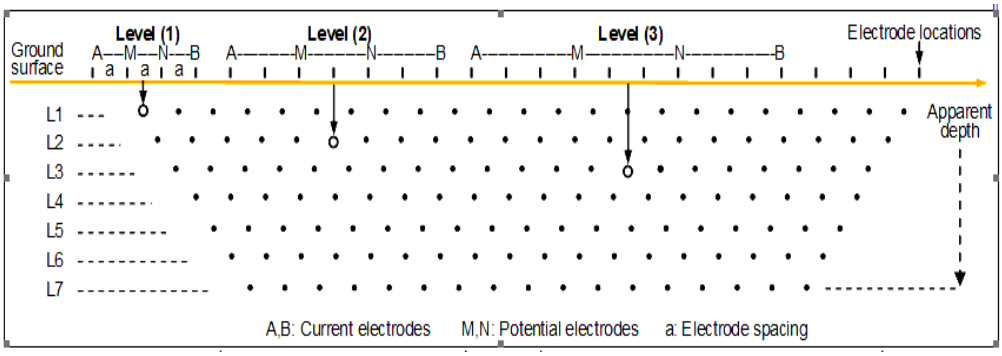
إستخدم جهاز الجيوكهربائية (Syscal Joiner Switch-72) وهو من صناعة الشركة الفرنسية (IRIS Instruments) لتنفيذ الأعمال الحقلية في السدود المختارة. الجهاز المستخدم هو جهاز حديث ومتطور مجهز بوحدة مركزية لتنفيذ سبور جيوكهربائية عادية تقليدية وأخرى مقطعية (2D). يتألف الجهاز بشكل عام، من كتلة مركزية تحتوي على وحدة لإرسال التيار الكهربائي وأخرى لإلتقاط الكمون الناتج عن ذلك، هذا بالإضافة إلى أربع بكرات خاصة متعددة المآخذ يمكن وصل 72 إلكترود فولاذي دفعة واحدة.

لتنفيذ بروفيل جيوكهربائي مقطعي، تُزرع مجموعة من الإلكترودات على إستقامة واحدة بتباعد ثابت بين كل إلكترودين متتاليين وتوصل فيما بينها بواسطة كبل قياس متعدد المآخذ (الشكل1). تتم عملية القياس تبعاً لمتتالية رياضية خاصة معدة بشكل مسبق بإستخدام برنامج حاسوبي خاص(ElectreII)، حيث يتم إختيار التشكيل المراد إستخدمه والتباعد بين الأوتاد وبعض البارامترات الفنية الأخرى. بناءً على هذه المعطيات، يتم تحديد عمق الإستكشاف والمسار الذي سوف يأخذه الجهاز في أخذ القياسات. تسجل القراءات بشكل ألي في ذاكرة الجهاز ومن ثم تنقل إلى حاسب ليصار إلى معالجتها ورسم المقاطع الجيوكهربائية وتفسيرها بإستخدام برامج حاسوبية خاصة (Prosys II, RES2DINV). السبر الجيوكهربائي المقطعي (ERT) عبارة عن تشكيل جيوكهربائي مركب أفقي وعمودي في آن واحد. تقاس المقاومية الكهربائية للوسط المدروس عن طريق إرسال تيار كهربائي شدته (I) عبر الأرض من خلال قطبي إرسال (AB) وقياس فرق الكمون (ΔV) الناتج عن ذلك بواسطة قطبين أخريين (MN). لزيادة عمق الإختراق، يتم إختيار أربع أقطاب أخرى بتباعد أكبر وهكذا إلى أن نصل إلى أكبر تباعد ممكن وذلك تبعاً إلى عدد الإلكترودات المستخدمة (الشكل1). تحسب قيمة المقاومية الكهربائية الظاهرية (ρ_a) للطبقات الأرضية مقدرة بـ (Ω.m) حسب قانون أوم:

$$\rho_a = k(\Delta V / I)$$

حيث K: ثابت جيومتري يعتمد على التباعدات بين الإلكترودات، ΔV: فرق الكمون المقاس بالميلي فولط، I: شدة التيار الكهربائي المطبق بالميلي أمبير. يتم تحويل المقاومية الظاهرية المقاسة إلى مقاومية حقيقية بإستخدام برامج معالجة خاصة

والحصول على مقطع جيوكهربائي مقطعي، يمكن تفسيره من وجهة نظر جيوكهربائية أو جيولوجية حسب الهدف من المسالة المطروحة.



الشكل (1): مبدأ القياس المطبق في تنفيذ السبور الجيوكهربائية المقطعية (ERT)، زيادة التباعد بين الأوتاد يقابله زيادة في عمق الاختراق.

سد أفاميا (**B**):

تقع سدود أفاميا في الجهة اليمنى من سهل الغاب على إمتداد نظام فوالق البحر الميت (Dead Sea Fault System) على بعد 40 كم شمال غرب مدينة حماة. يتضمن موقع الدراسة ثلاثة سدود ركامية هي على التوالي A، B وC (الشكل 2)، يعتبر السد (B) أكثر سدود أفاميا رشحا. يبلغ طول السد 2870 م وإرتفاعه 55 م عن سطح الأرض وسعته التخزينية 37 مليون متر مكعب من المياه. لإيجاد حل لمشكلة الرشح من السد، قامت العديد من الشركات المحلية والأجنبية كالشركة العامة للدراسات المائية في سوريا، وشركة هيدروسكوب الأرمنية بالإضافة إلى شركة ستاكي السويسرية، بتنفيذ تحريات جيوفيزيائية وهيدروجيولوجية تضمنت سبور جيوكهربائية عامودية (VES) وقياسات بئرية بيزوميترية في بحيرة السد والأجزاء المحيطة به. أظهرت نتائج هذه الدراسات وجود بنيات جيولوجية غير

متجانسة مؤلفة من المارل والحجر الرملي والحجر الكلسي إلا أن النتائج لم تشير أو تحدد بشكل دقيق الأماكن المحتملة لحدوث عمليات الرشح من السد.

البنية العامة لمنطقة سدود أفاميا هي عبارة من مقعر جيولوجي مؤلف من صخور كربوناتية كريتاسية مغطاة بتوضعات قارية نيوجينية وتوضعات رباعية حديثة. الصخور الكريتاسية ناهضة في الأجزاء المحيطة بمنطقة الدراسة وتغوص في الأجزاء المركزية تحت التوضعات النيوجينة إلى عمق أكثر من 100م. تتألف التوضعات الكريتاسية بشكل عام من صخور كلسية ودولوميتية مشققة، تلعب عمليات الكرستة دورا رئيسياً في تشكل كهوف وفجوات ومجاري كارستية جوفية (الشكل 2). تجدر الإشارة هنا إلى وجود فجوة ستراتوغرافية تمتد من السنومانيان وحتى البليوسين، أدت إلى غياب تشكيلات الباليوجين. أما التوضعات النيوجينة والمشاد عليها السد، فتتألف بشكل عام من المارل والكلس المارلي المتعاقب مع حجر رملي وكونغلوميرا جيدة الملاط. تبلغ سماكة هذه التوضعات أكثر من 100 م. أما التوضعات اللحقية الرباعية فتبلغ سماكتها عدة أمتار وتتألف من غضار أحمر مفكك وسلت، تزداد سماكة هذه التوضعات في بعض الأجزاء لتصل إلى 15 م، مغطية قاع بعض الوديان نتيجة عمليات الحت والتعرية والترسيب.

من الناحية الهيدروجيولوجية، يعتبر الحامل المائي العائد لصخور السينومانيان- تورنيان المشققة الحامل الريئسي في منطقة الدراسة وحركة المياه الجوفية فيه تتم من الشرق إلى الغرب بتأثير تدرج هيدروليكي خفيف. يخرج من هذا الحامل عدد من الينابيع الكارستية عند الطرف الشرقي لحوض الغاب. أما الحامل الثاني في منطقة الدراسة فيعود إلى التوضعات النيوجينية والتي يخرج منها عدد قليل من الينابيع الضعيفة.

1- التحريات الجيوفيزيائية المنفذة في سد أفاميا (B):

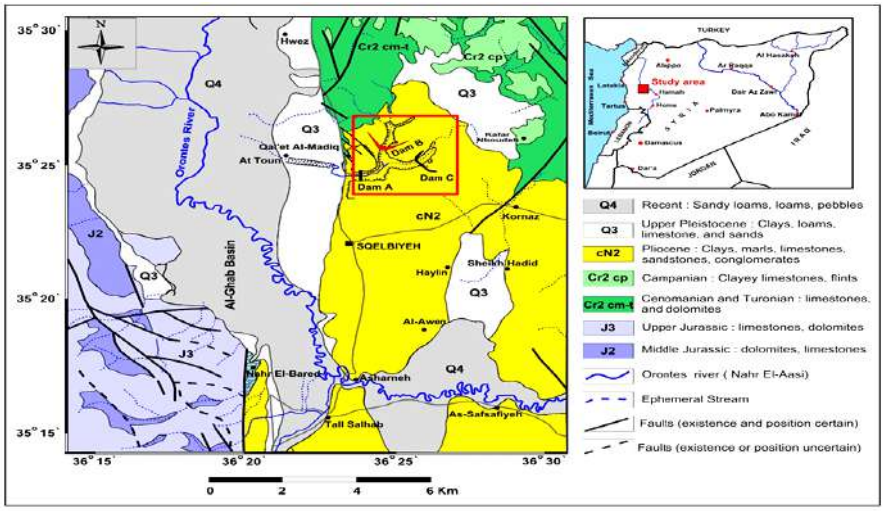
نفذت مجموعة من السبور الجيوفيزيائية المتنوعة في بحيرة السد، حيث تم تنفيذ شبكة من القياسات الكهرومغناطيسية غطت أجزاء مختارة من البحيرة. كما تم تنفيذ

عدد من السبور الجيوكهربائية العمودية (VES). بالإضافة إلى ذلك، فقد تم تنفيذ سبور جيوكهربائية مقطعية في البحيرة موازية لجسم السد وأخرى متعامدة. سوف يتم إستعراض فقط نتائج بعض السبور الجيوكهربائية المقطعية المنفذة. تم تنفيذ ثلاثة بروفيلات جيوكهربائية مقطعية بالقرب من جسم السد ومعامد للوادي الرئيسي. تراوحت أطوال هذه البروفيلات بين 320 و 430 م (الشكل3).

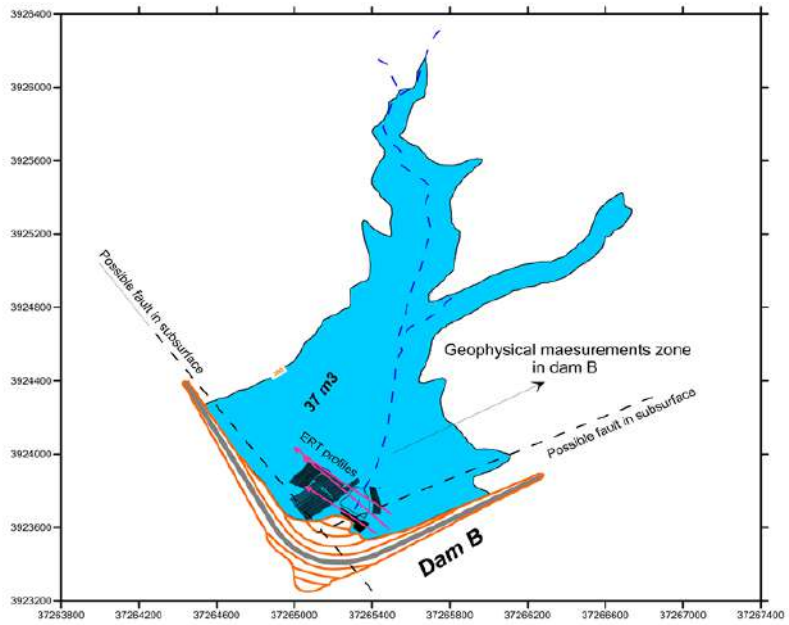
نفذت القياسات بإستخدام متتالية القياس شلومبرجير–وينر (Schlumberger–Wanner Sequence) بتباعد 3 م بين الإلكترودات وبهذه الحالة يمكن أن يصل عمق الاستكشاف إلى أكثر من 30 م. تمت معالجة معطيات القياس بإستخدام برامج حاسوبية خاصة للحصول على مقاطع جيوكهربائية لقيم المقاومية الكهربائية للتشكيلات الجيولوجية المخترقة.

2- تفسير السبور الجيوكهربائية المقطعية المنفذة في سد أفاميا (B)

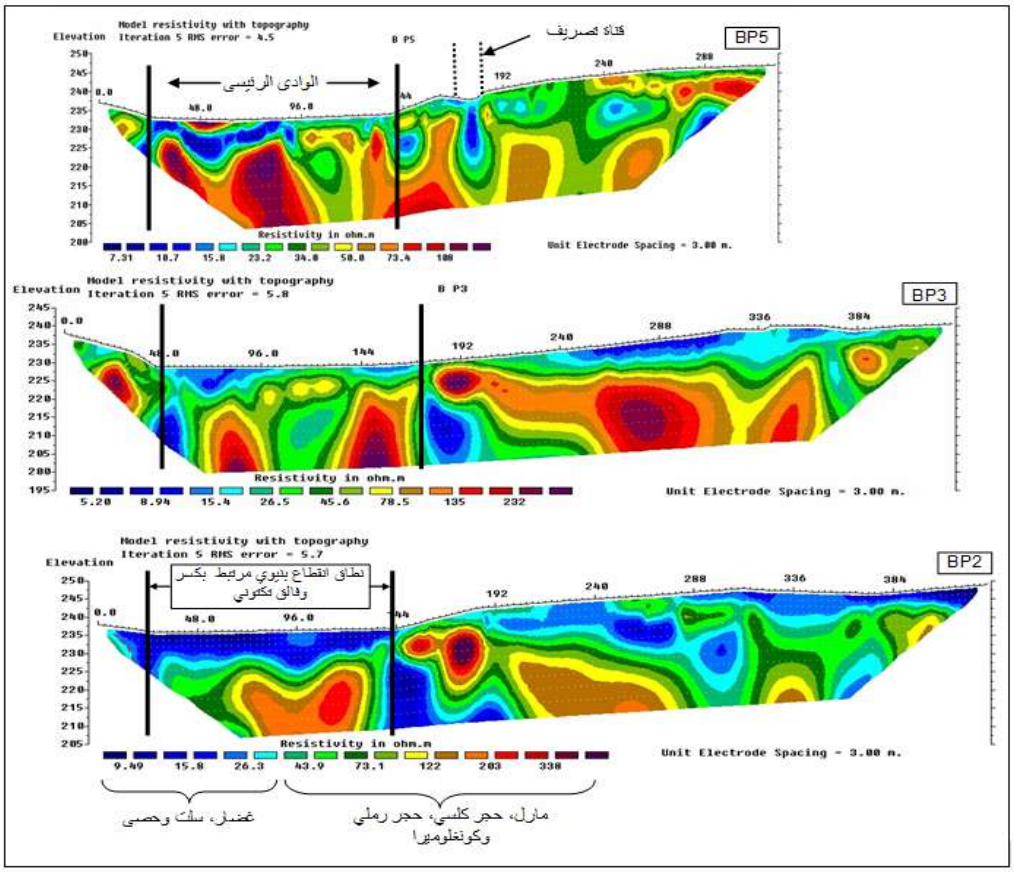
يبين الشكل (4)، المقاطع الجيوكهربائية لبروفيلات القياس المنفذة في بحيرة السد، حيث تشير نتائج معالجة هذه المقاطع إلى وجود تتطبق ليتولوجي مؤلف من تناوب طبقات منخفضة المقاومية مع أخرى مرتفعة. تتراوح قيم المقاومية المنخفضة بين 5–25 أوم.م هذه القيم مرتبطة بالتوضعات الغضارية والسلت، في حين تتراوح القيم المرتفعة بين 20–120 أوم.م وتتعلق بالتشكيلات المارنية والحجر الكلسي. أما القيم التي تتراوح بين 200– 350 أوم.م والتي تظهر في بعض أجزاء المقاطع فتتعلق بالتوضعات الكلسية المستحاثية القاسية والمتواجدة ضمن سويات عميقة ضمن التشكيلات النيوجينية. إن التتابع الليثولوجي المشار إليه هنا يمثل البنية الجيولوجية العامة لبحيرة السد والجوانب المحيطة بها، حيث تميل الطبقات المشكلة لهذه البنية بإتجاه الجنوب الغربي بزاوية تتراوح بين 15 – 20 درجة.



الشكل (2): خريطة جيولوجية مبسطة لمنطقة الدراسة موضح عليها مواقع سدود أفاميا



الشكل (3): البنية العامة لسد أفاميا (B) ومواقع تنفيذ القياسات الجيوكهربائية المقطعية.



الشكل (4): تفسير السبور الجيوكهربائية المقطعية المنفذة في بحيرة سد أفاميا (B).

أن وجود التتابع الطبقي المشار إليه والاختلاف في الخصائص البنيوية والهيدروليكية وميل الطبقات النفوذة يساهم بدرجة ما في زيادة عمليات الرشح شبه الأفقية التي تم عبر الطبقات النفوذة في بحيرة السد. الشيء المميز الذي تم ملاحظته في المقاطع الجيوكهربائية هو وجود إنقطاعات بنيوية على إمتداد المسافة بين 30 – 170م من بداية البروفيلات. تتوافق هذه المسافة (140م) مع الجزء المركزي

لمنخفض بحيرة السد والوادي الرئيسي، وعلى الأغلب فإن هذا المنخفض مرتبط بوجود كسور أو فوالق تكتونية وأنقطاعات بنيوية تضرب الوادي الرئيسي وتخترق التشكيلات أسفل جسم السد. أن وجود مثل هذه البنية الجيولوجية والتكتونية في تشكيلات بحيرت السد تعد من أهم العوامل الرئيسية المسوؤلة عن عمليات الرشح العمودية والتي تتم من خلال التوضعات النيوجينة بإتجاه الصخور الكريتاسية المشققة العميقة.

سد سلحب

يقع سد سلحب إلى الجنوب الغربي من بلدة سلحب، عند الأطراف الجنوبية لسهل الغاب في محافظة حماة وهو عبارة عن سد ترابي بنواة غضارية. تم بناء السد على مجرى نهر سلحب في العام 1993 وذلك للتخفيف من خطر الفيضانات المفاجئة التي تحدث نتيجة العواصف المطرية الغزيرة في سهل الغاب وتخزين المياه الزائدة للإستخدامات الزراعية في فصل الصيف. تأتي معظم مياه السد من مياه الجريان السطحي للينابيع الكارستية المنتشرة على السفوح الجبلية الواقعة في الجهة الغربية والجنوبية من موقع السد. يحيط بالسد وبحيرته من جهة الغرب مرتفعات جبلية متوسطة إلى شديدة الانحدار في حين يحدها من الشرق هضاب متوسطة الإرتفاع تميل بشكل خفيف بإتجاه بحيرة السد. يتألف سد سلحب من جزئيين رئيسين (الشكل 5): الجزء الأول ويمثل جسم السدة الرئيسية، حيث يبلغ طولها 895 م بإرتفاع 14.5 م عن سطح الأرض. أما الجزء الثاني فيمثل السدة الثانوية والتي تمتد بطول 511 م بإتجاه شمال غرب – جنوب شرق وبارتفاع 11 م عن سطح الأرض. يبلغ منسوب قمة السدة الرئيسية والثانوية المطلق 219 م عن مستوى سطح البحر وتبلغ مساحة البحيرة السد 145 هكتار وبطول 2 كم وبهذا تصل السعة التخزينية الأعظمية للسد إلى حدود 7.75 مليون م^3.

تتألف التشكيلات السطحية لبحيرة السد من توضعات غضارية رقيقة مع حصى رملية مفككة بأحجام مختلفة تعود إلى الرباعي تغطي بدورها توضعات كونغلوميراتية

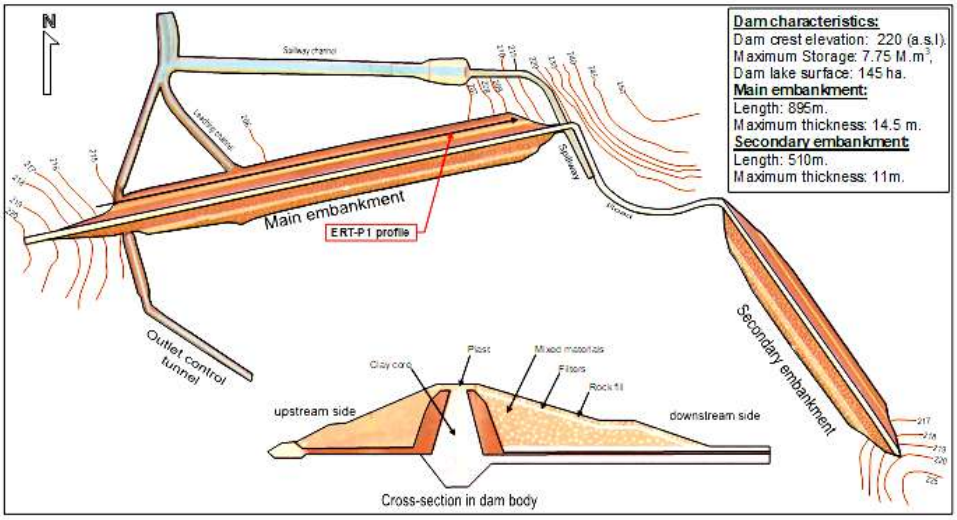
متماسكة بملاط كلسي مارني. أما السلاسل الجبلية الواقعة إلى الغرب من السد فتتألف من صخور كلسية دولوميتة شديدة التشقق ومكرستة تعود لعصر الكريتاسي (سينومانيان – تورونيان). أما الهضاب التي تقع إلى الشرق من السد فهي مؤلفة من حجر كلسي دولوميتي مع تناوبات رقيقة من المارن والكلس المارني مع تداخلات موضعية من البازلت وعقد صوانية (الشكل 6).

من الناحية الهيدروجيولوجية، تشكل التوضعات الرباعية المؤلفة من غضار ورمال وحصى الحامل المائي السطحي في منطقة السد. أما الصخور الكلسية الدلوميتية العائدة إلى الكريتاسي والجوراسي فتشكل الحامل المائي الرئيسي والعميق في المنطقة، حيث تتميز هذه الصخور بنفوذية عالية نتيجة كونها صخور مشققة ومكرستة على سويات عمقية متعددة.

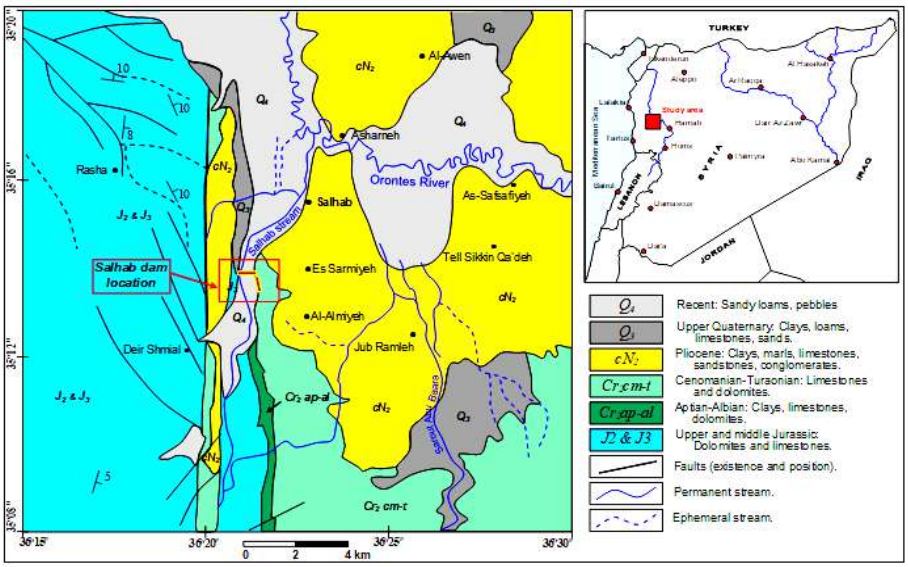
1- القياسات الجيوفيزيائية لمنفذة في سد سلحب:

طبقت طريقة السبر الجيوكهربائي المقطعي في سد سلحب مترافقة مع قياسات لتراكيز غاز الرادون في التربة بهدف الكشف عن مصادر الرشح أو التسرب الذي لوحظ خلف جسم السد. وكون السد مليء بالمياه فقد تم تنفيذ ثلاث بروفيلات مختلفة الأطوال خلف وعلى قمة السدة الرئيسية بالإضافة إلى بروفيل واحد فقط على السدة الثانوية. نفذت جميع بروفيلات القياس بشكل مستقيم وموازي لجسم السد وكان منسوب المياه في السد عند المستوى 215 م عن مستوى سطح البحر. سوف يتم إستعراض فقط نتائج البروفيل الجيوكهربائي المنفذ خلف جسم السدة الرئيسية كونه الأهم ويعطي صور دقيقة ومفصلة للبنية الجيولوجية تحت السطحية بالقرب من جسم السد. نفذ هذا البروفيل على طول المصطبة الخلفية للسدة الرئيسية وعلى إرتفاع طبوغرافي ثابت يبلغ 212 م عن مستوى سطح البحر الشكل (5). يبلغ طول البروفيل 718 م ومنفذ بخطوة قياس أو تباعد 2 م بين الإلكترودات.

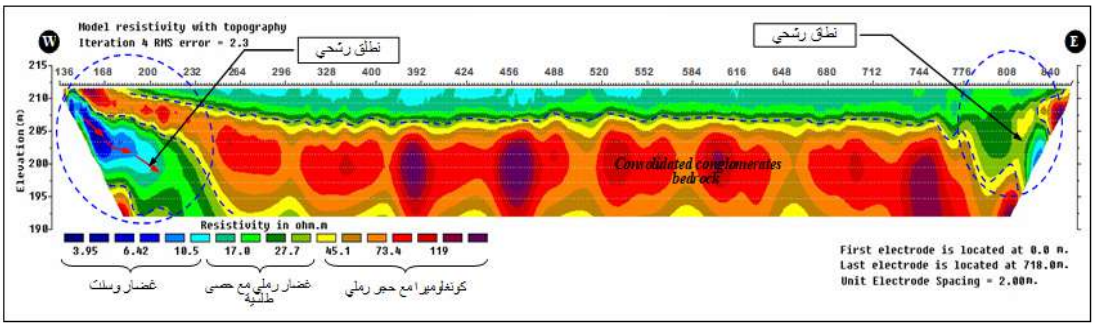
يظهر الشكل (7) تفسير المقطع الجيوكهربائي للبروفيل (ERT-P1) والمنفذ خلف جسم السد، حيث يمكن تمييز طبقة سطحية أفقية تمتد على طول مقطع البروفيل. تتراوح سماكة هذه الطبقة بين 0 و 5 م، بحيث تزداد كلما إتجهنا إلى نهاية المقطع الجيوكهربائي. تتراوح سماكة هذه الطبقة بين 0 – 5 م وتزداد كلما اتجهنا إلى نهاية المقطع. تتراوح قيم المقاومية الكهربائية بين 15-30 أوم.م، تتعلق هذه الطبقة على الأغلب بالمكونات الرئيسية للمصطبة المؤلفة من غضار ورمال وحصى. من الناحية البنيوية، تبدو هذه الطبقة متجانسة ولم يلاحظ وجود أي بنيات شاذة ضمنها. أسفل الطبقة السطحية هذه، يمكن ملاحظة وجود طبقة سميكة وموازية لمستوى المصطبة، تبدو متجانسة بنيويا وتمتد على طول البروفيل بإستثناء الأجزاء الطرفية من المقطع الجيوكهربائي. تتعلق هذه الطبقة بتوضعات الكونغلوميرا المتماسكة والحجر الرملي المشار إليها آنفاً. تشكل هذه الطبقة البنية الجيولوجية الأساسية لمنطقة السد وبحيرته. تصل سماكة هذه الطبقة إلى أكثر من 15 م ومقاوميتها الكهربائية تتراوح بين 40-150 أوم.م. إضافة إلى ذلك، فقد تم ملاحظة وجود نطاق غير عادي بلون أزرق يقع في بداية المقطع، يتميز هذا النطاق بالشكل المحدد الذي يأخذه حيث يبدو وكأنه يندس أسفل طبقة الكونغلوميرا المشار إليها سابقاً. يتميز هذا النطاق الشاذ بمقاومية كهربائية منخفضة تتراوح بين 4 و10 أوم.م، يمكن أن تكون متأثرة بوجود جريان جوفي قادم من السفوح الجبلية الغربية المجاورة أو يمكن أن تكون ناتجة عن عملية رشح أو تسرب من مياه بحيرة السد خاصة عندما يزداد منسوب المياه في البحيرة. كما يمكن ملاحظة أيضا وجود بنية شاذة أخرى في نهاية المقطع ضمن المسافة 770- 830 م، حيث يمكن تميز بنية غير مستمرة متقطعة في نهاية طبقة الكونغلوميرا الصلبة. تقع هذه البنية الشاذة مقابل قناة المفيض ويمكن أن تشكّل ممر محتمل لحدوث رشح لمياه السد عبر سطح التماس بين جسم السدة الرئيسية والتشكيلات الصخرية المجاورة.



الشكل (5): البنية العامة لسد سلحب وأماكن تنفيذ القياسات الجيوكهربائية المقطعية.



الشكل (6): خريطة جيولوجية مبسطة لمنقطة الدراسة تظهر موقع سد سلحب



الشكل (7). المقطع الجيوكهربائي المفسر للبروفيل المنفذ على المصطبة الخلفية للسدة الرئيسية لسد سلحب.

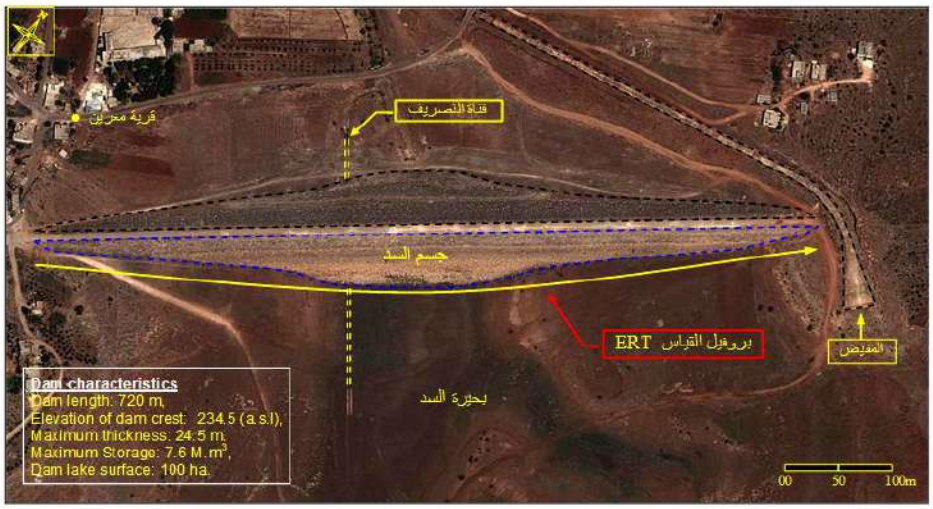
سد أبو بعرة

يقع سد أبو بعرة عند الأطراف الجنوبية لمنخفض سهل الغاب في محافظة حماة. يأخذ السد إتجاه شرق غرب بشكل متعامد مع الإتجاه العام لوادي نهر أبو بعرة والمسيلات المائية الأخرى. تم إنشاء السد في العام 1988 بهدف درء الفيضانات المطرية عن سهل الغاب وتجميع المياه الزائدة للإستفادة منها لري المحاصيل الزراعية في فصل الجفاف. تبلغ الطاقة التخزينية العظمي للسد بحدود 7.6 مليون م^3، ممتدة على مساحة البحيرة والبالغة 100 هكتار. يبلغ طول الساترة الترابية للسد 724 م، وإرتفاعها المطلق 234.5م، بسماكة أعظمية تبلغ 24.5 م عند سرير النهر (الشكل 8).

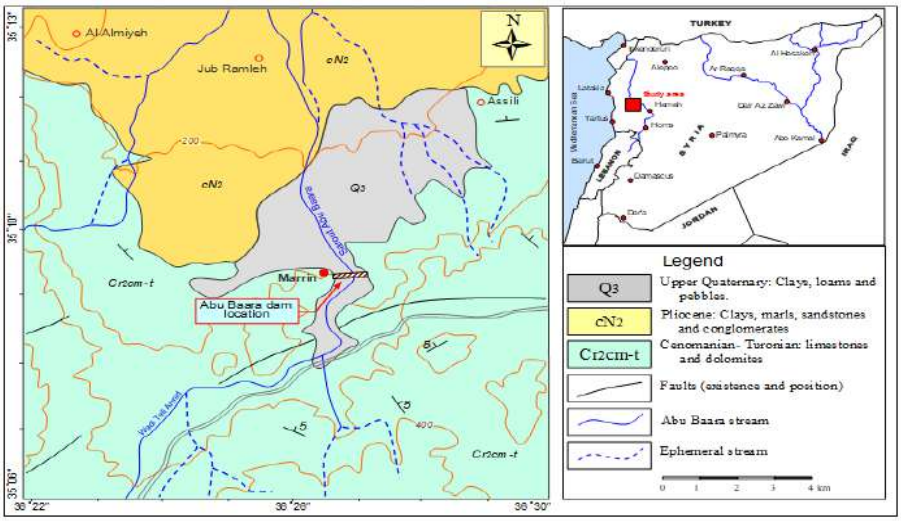
تتألف التشكيلات السطحية المؤلفة لبحيرة السد بشكل عام، من توضعات لحقية رباعية مؤلفة من غضار رملي سلتي مع حصى مختلفة الأحجام والأشكال، تتراوح سماكة هذه التوضعات في بعض الأماكن من متر إلى عدة أمتار هذا بالإضافة إلى وجود توضعات كونغلوميراتية على الجوانب ذات ملاط كلسي سيليسي. تغطي هذه التوضعات صخور كلسية دولوميتة تعود إلى السينومانيان- تورنيان (Cr_2cm-t) والتي تشكل الطبقة القاعدية الرئيسية لبحيرة السد. تميل هذه الصخور بزاوية تتراوح بين 5-15 درجة بإتجاه الوادي الرئيسي وتتميز هذه الصخور بكونها مكرستة وشديدة

التشقق الأمر الذي يجعلها مكاناً مناسباً لتشكل تكهفات ومجاري كارستية تحت سطحية (الشكل 9).

فيما يتعلق بالوضع الهيدروجيولوجي، تشكل الصخور الكلسية الدولوميتية الحامل المائي الرئيسي في المنطقة، حيث تتميز صخور هذا الحامل بنفوذية عالية كون هذه الصخور مشققة ومكرستة على سويات عمقية مختلفة. يعتبر هذا الحامل بمثابة المصدر الرئيسي لمياه عدد من الينابيع ومعظم الآبار المحفورة والمنتشرة في المنطقة. أما بالنسبة إلى التوضعات اللحقية الرباعية والمؤلفة بشكل أساسي من غضار ورمال وحصى فتشكل الحامل الجوفي الثانوي في المنطقة وهو حامل سطحي مسامي. تتوافق حركة المياه الجوفية في المنطقة بشكل عام مع إتجاه جريان الأنهار أي من الجنوب إلى الشمال، وكلا الحاملان الجوفيان يتلقيان تغذيتهما بشكل مباشر من رشح مياه الأمطار، والتي يتراوح معدلها بين 700 و1000 مم/سنة، ومن شبكة الجريان السطحي للمسيلات المائية والأنهار المنتشرة في المنطقة.



الشكل (8). البنية العامة لسد أبو بعرة ومواقع تنفيذ القياسات الجيوكهربائية المقطعية.



الشكل (9). خارطة جيولوجية مبسطة لموقع سد أبو بعرة

1- القياسات الجيوكهربائية المنفذة في سد أبو بعرة:

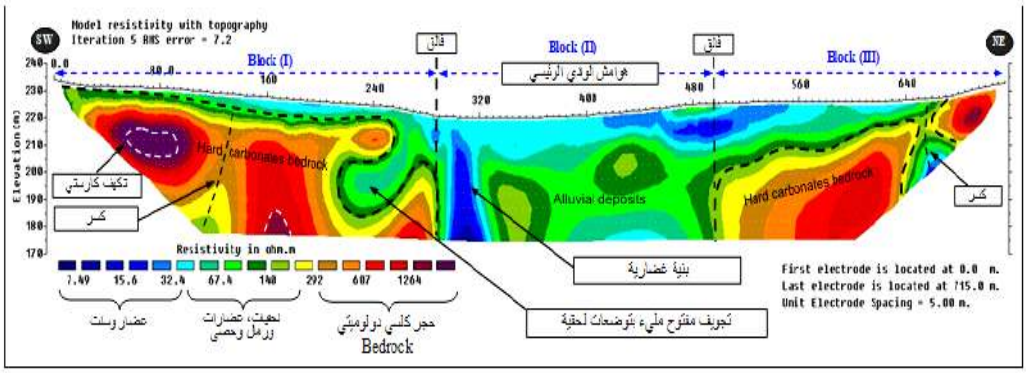
نفذت ثلاث بروفيلات جيوكهربائية مقطعية طولية موازية لجسم السد أبو بعرة وذلك من أجل الحصول على صورة واضحة للبنية الجيولوجية تحت السطحية بالقرب من جسم السد. نُفذ البروفيل الأول خلف جسم السد والثاني على القمة في حين تم تنفيذ البروفيل الثالث في بحيرة السد ويمتد على مسافة 715 م بتباعد 5 أمتار بين الإلكترودات (الشكل 6). سوف يتم التطرق هنا فقط لنتائج تفسير هذا البروفيل وذلك لأهميته. يظهر (الشكل 10) المقطع الجيوكهربائي للبروفيل ERT-P3، الذي يمكن تقسيمه إلى ثلاثة بلوكات أو كتل رئيسية متمايزة أفقياً:

فسرت الكتلة الأولى والثالثة معا لأنهما متشابهتان ويتألفان من نفس التشكيلة البنيوية تقريبا. تمتد الكتلة الأولى من بداية البروفيل حتى المسافة 300 م، في حين تمتد الكتلة الثالثة من المسافة 500 م وحتى نهاية البروفيل. تتضمن التشكيلتان طبقة

سطحية من التوضعات اللحقية الرباعية بسماكة تتراوح بين 1 –5 أمتار في الكتلة الأولى وتصل إلى 20 م في الكتلة الثانية. تتراوح قيم المقاومية الكهربائية لهذه التوضعات بين 40 و150 أوم.م. تغطي طبقة اللحقيات هذه طبقة من الصخور الكلسية الدولوميتة القاسية ذات المقاومية الكهربائية العالية (300– 1200 أوم.م). تميل الطبقة الصخوية هذه بزاوية 7 درجات بإتجاه الوادي الرئيسي بالنسبة للكتلة الأولى و15 درجة بالنسبة للكتلة الثالثة. تم تميز شاذ مقاوم ضمن المجال 60– 90 م من المقطع الجيوكهربائي (مقاوميته أكثر من 1200 أوم.م)، فُسر هذا الشاذ بأنه قد قد يكون مرتبط بتكهف كارستي يقع ضمن تشكيلة الصخور الكلسية الدولوميتية القاسية بالقرب من جسم السد. أن وجود مثل هذه التهكفات ضمن التشكيلة الصخرية يعتبر من أهم العوامل الرئيسية التي تؤدي إلى حدوث عمليات رشح وتسرب للمياه من البحيرة بإتجاه الأسفل وكذلك الى خلف جسم السد. بنية شاذة أخرى تم تمييزها ضمن المسافة 215 – 280 م من المقطع، حيث تبدو على شكل تجويف أو تكهف مفتوح ومليء بتوضعات لحقية (قيم المقاومية تتراوح بين 40 – 150 أوم.م)، هذا التجويف قد يكون ناتج عن عمليات حت أو إنحلال للصخور الكلسية الدولوميتة بفعل جريان المياه السحية والجوفية. كما تم تمييز عدد من سطوح الإنقطاع في الجزء الأخير من المقطع حيث ترتبط هذه الإنقطاعات، على الأغلب، بكسور تمتد بشكل عمودي على جسم السد وتزداد إتساعاً مع العمق. تشكل هذه الكسور مسارات وأماكن ملائمة لتسرب المياه من بحيرة السد.

أما بالنسبة إلى الكتلة الوسطى أو المركزية، فتشغل الحيز المسافي بين 300 –500 م من المقطع الجيوكهربائي. هذه الكتلة تتوافق مع حدود الوادي الرئيسي الصخرية ومؤلف كلياً من توضعات لحقية بسماكة تصل إلى أكثر من 50 م ويعتقد

بأن هذا الجزء من الوادي عبارة عن غرابن تكتوني ومعظم مياه السد تتسرب عبر هذا النطاق بإتجاه التشكيلات العميقة. كما يمكن تميز أيضا بنية غضارية غير عادية في المقطع ضمن النطاق 300–320م عند الحافة اليسرى لهذه الكتلة. ظهور مثل هذه البنية الغير عادية ربما يشير إلى حدوث رشح عمودي عبر هذا النطاق بإتجاه الأسفل وأدى الى ترسب الغضاريات فيه وأخذت شكلها الحالي. تمثل هذه الكتلة الجزء الأهم من هذا البروفيل لأنها تحتوي على الكثير من المظاهر البنيوية الغير طبيعية، ومن المؤكد أن معظم عمليات الرشح والتسرب تحدث عبر هذا النطاق.



الشكل (10): تفسير المقطع الجيوكهربائي للبروفيل ERT–P3 المنفذ في الوجه الأمامي للسد.

خلاصة عامة

أثبت النتائج التي تم الحصول عليها من تطبيق تقانة السبر الجيوكهربائي المقطعي (ERT) كفاءة عالية في تحديد بعض المظاهر الجيولوجية والتكتونية كالفوالق والكسور والتكهفات المسببة لظاهرة الرشح من السدود المدروسة. لقد أظهرت

المقاطع الجيوكهربائية المفّسرة وجود بنيات وتشكيلات جيولوجية مشوهة أو غير متجانسة تحت سطحية قد يكون لها الدور الرئيسي في معظم عمليات الرشح من هذه السدود.

أن وجود بنية جيولوجية، مؤلفة من تناوب طبقات كتيمة وأخرى مفككة ونفوذة تخترقها مجموعة من الكسور والفوالق وتحتوي إنقطاعات بنيوية، كانت المسبب الرئيسي لعمليات الرشح الأفقية والعمودية في سد أفاميا (B). في حين كانت البنية الجيولوجية المشوهة بتصدعات وكسور لبحيرت سد سلحب من العوامل المؤدية إلى عمليات الرشح وخاصة عند إرتفاع مناسيب المياه إلى في البحيرت الى سويات عليا.

أما الطبيعة الجيولوجية المشققة والكارستية والمضروبة بفوالق وصدوع تكتونية والتي تتطور ضمنها فجوات ومسالك كارستية فتعتبر من أهم وأخطر الأسباب الرئيسية لحدوث عمليات الرشح من السدود المشادة فوق بيئات كارستية مخلّعة ومشققة وهذا ما أظهرته نتائج تفسير المقاطع الجيوكهربائية المقطعية المنفذة في سد أبو بعرة.

إن إستخدام طرائق وتقانات جيوفيزيائية حديثة ومتطورة كطريقة السبر الجيوكهربائي المقطعي (ERT) مترافقة مع تقانات جيوفيزيائية يمكن أن تساهم وبشكل فعّال في الكشف عن الأماكن المسببة لحدوث عمليات الرشح في السدود الترابية هذا من جهة، لكن يبقى العامل الأكثر أهمية لتفادي مثل هذه الظاهرة ولعدم فشل السد وإنهياره هو القيام بتحريات كثيفة ودقيقة وشاملة قبل البدء بإنشاء السد حتى لو تتطلب ذلك زيادة في النفقات في أجل التحري المعمق والدقيق.

الدكتور وليد الفارس

هيئة الطاقة الذرية السورية

References

1. Trondalen, J. 2009. Climate Changes, Water Security and Possible Remedies for the Middle East'. Scientific paper for UNESCO-PCCP.
2. Khaldoon A. Mourad and Ronny Berndtsson "Syrian Water Resources between the present and the Future," Air, Soil and Water Research 4(1), (1 January 2020).
3. Gaballah, M., and Alharbi Th., (2022). 3-D GPR visualization technique integrated with electric resistivity tomography for characterizing near-surface fractures and cavities in limestone, Journal of Taibah University for Science, 16:1, 224-239.
4. Al-Fares, W., 2011. Contribution of the geophysical methods in characterizing the water leakage in Afamia B dam, Syria. Journal of Applied Geophysics 75, 464–471.
5. Al-Fraes, W. and Jamal Asfahani, 2018. Evaluation of the leakage origin in Abu Baara earthen dam using electrical resistivity tomography, northwestern Syria. Geofísica Internacional, 57-4: 223-237.
6. Al-Fares, W., 2019. Characterization of the leakage problem in Salhab earthen dam using electrical resistivity tomography and SP measurements, Syria. Contributions to Geophysics and Geodesy, 49, 4, 441–458.
7. Park, M.K., Park, S., Yi, MJ. et al., (2014). Application of electrical resistivity tomography (ERT) technique to detect underground cavities in a karst area of South Korea. Environmental Earth Sciences 71, 2797-2806.
8. Epting, J., Huggenberger, P., Glur, L., (2009). Integrated investigations of karst phenomena in urban environments. Engineering Geology, 109, 273-289.
9. Kruse, S.S., Grasmueck, M., Weiss, M., and Viggiano, D., (2006). Sinkhole structure imaging in covered Karst terrain. Geophysical Research Letters, 33, 8-25.

10. Vouillamoz, J. M., Legchenko A., AlBouy, Y., Bakalowicz, M. Baltassat, J.M. and Al-Fares, W., (2003). Localization of saturated karst aquifer with magnetic resonance sounding and resistivity imagery. Ground water, 41, 578-587.
11. Schoor, M., (2002). Detection of sinkholes using 2D electrical resistivity imaging. Journal of Applied Geophysics. 50, 393-399.
12. Batayneh, A T., 2001. Resistivity imaging for near-surface resistive dyke using two-dimensional techniques. Journal of Applied Geophysics, 48, 25-32.
13. General Company of Hydraulic Studies in Syria, 1989. Technical report about the geological and geophysical investigations in Afamia dams, *unpublished internal report.*
14. Minasian, R., 2001. Technical report about the results of geophysical studies in Afamia dams B & C. Hydroscope Scientific Productional Company Ltd. Republic of Armenia, in cooperation with the General Company of Hydraulic Studies in Syria. *Contract No. 19/D/2001, Unpublished internal report.*
15. Joos, B., Bussard, Th., 2004. Report about treatment of seepage at Afamia dams by STUCKY, Consulting Engineers Ltd. *The General Company of Hydraulic Studies, Homs-Syria.*
16. Ponikarov, V., 1963. The geological map of Syria, Hama sheet, scale 1:1200,000,V.O. *Technoexport. Ministry of Industry, Damascus, Syria.*
17. Loke, M.H., Barker R.D., 1996. Rapid least-square inversion of apparent resistivity pseudo-section by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting* 44, 131, 152.

أخبار عربية وعالمية

دول أوروبا في منظمة التعاون الاقتصادي تزيد إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية*

شهد إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) نمواً ملحوظاً في عام 2024، حيث أظهرت بيانات وكالة الطاقة الدولية أن الإنتاج بلغ 144.7 تيراواط/ ساعة خلال شهر سبتمبر 2024، ما يمثل 16.4% من إجمالي إنتاج الكهرباء في هذه الدول. ويعكس هذا الأداء المتزايد أهمية الطاقة النووية في استراتيجيات الطاقة المستدامة والآمنة، خاصة في ظل التحديات البيئية والطلب المتزايد على الكهرباء.

حققت دول أوروبا الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية قفزة نوعية في إنتاج الكهرباء النووية، حيث سجلت زيادة بنسبة 5% مقارنة بالفترة نفسها من عام 2023 حيث بلغ إنتاج هذه الدول أكثر من 23 تيراواط/ ساعة خلال الفترة الممتدة من يناير إلى سبتمبر 2024، مما يبرز التزام أوروبا بالاستثمار في تقنيات الطاقة النظيفة وتعزيز مساهمة المفاعلات النووية في شبكة الطاقة.

ويرتبط هذا النمو بتوسعات مهمة في محطات الطاقة النووية الأوروبية، مثل إدخال مفاعلات جديدة وتحسين كفاءة المحطات القائمة، إلى جانب سياسات دعم الطاقة النظيفة التي تعتمدها الحكومات الأوروبية في إطار جهودها لتحقيق أهداف خفض انبعاثات الكربون بحلول عام 2050.

سجلت دول منطقة آسيا وأوقيانوسيا نمواً لافتاً بنسبة 5.6% على أساس سنوي، حيث بلغ إنتاج الكهرباء النووية في هذه المنطقة 10.4 تيراواط/ ساعة. تعكس هذه الزيادة اهتمام المنطقة بالاستفادة من التكنولوجيا النووية لتلبية الطلب

* المصدر: وكالة أنباء الإمارات(وام) نُشر بتاريخ 7 يناير 2025.

المتزايد على الكهرباء، خاصة في دول مثل اليابان وكوريا الجنوبية، التي تستثمر بشكل كبير في تحديث وتوسيع بنيتها التحتية النووية.

أما في منطقة الأمريكتين، فقد حققت زيادة طفيفة بلغت 0.5% فقط، مع تسجيل إنتاجية قدرها 3.6 تيراواط/ ساعة. رغم ذلك، تُظهر هذه الأرقام استقراراً في مساهمة الطاقة النووية في مزيج الطاقة الأمريكي، حيث تستمر الولايات المتحدة وكندا في دعم القطاع النووي كجزء من استراتيجياتهما لتعزيز أمن الطاقة وخفض الانبعاثات.

تميزت بداية عام 2024 بأداء استثنائي، حيث سجل شهر يناير أعلى إنتاجية للطاقة النووية خلال العام، إذ بلغت 162 تيراواط/ ساعة، ما يُظهر قدرة القطاع النووي على تحقيق إنتاجية كبيرة خلال فترات الطلب المرتفع.

وفي شهر فبراير 2024، بلغت مساهمة الطاقة النووية في إجمالي إنتاج الكهرباء أعلى مستوى لها، حيث وصلت إلى 17.3%، ما يعكس دورها الحيوي في تلبية احتياجات الطاقة خلال فصل الشتاء، عندما يرتفع استهلاك الكهرباء بشكل كبير. ويعكس هذا النمو الجهود الأوروبية المستمرة لتطوير قطاع الطاقة النووية، حيث شهدت المنطقة استثمارات كبيرة في تحديث محطات الطاقة النووية القائمة وتطوير مفاعلات جديدة. بالإضافة إلى ذلك، تُعزى هذه الزيادة إلى التزام الحكومات الأوروبية بأهداف الحد من انبعاثات الكربون وتعزيز الاعتماد على مصادر طاقة نظيفة ومستدامة، في إطار استراتيجيات طويلة الأجل لمكافحة تغير المناخ.

رغم هذا النمو الإيجابي، تواجه الطاقة النووية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية تحديات عدة، من أبرزها: التكاليف العالية لبناء وتشغيل المفاعلات النووية الجديدة، القضايا البيئية المتعلقة بإدارة النفايات النووية، المخاوف العامة بشأن أمان المفاعلات النووية. ومع ذلك، فإن الابتكارات التكنولوجية، مثل تطوير المفاعلات المعيارية الصغيرة، قد تسهم في تقليل هذه التحديات وتعزيز جاذبية الطاقة النووية كخيار مستدام لمستقبل الطاقة.

تحديات إعلان COP28 لمضاعفة القدرات النووية على دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في التحقق النووي *

في 2 ديسمبر 2023، خلال مؤتمر المناخCOP28 ، وقع ممثلو أكثر من 20 دولة على "إعلان مضاعفة القدرات في مجال الطاقة النووية ثلاث مرات" بحلول عام 2050 في مبادرة تعكس توجه هام نحو تعزيز الطاقة النووية كجزء من استراتيجيات المستقبل المستدامة والمنخفضة الكربون مما سيؤدي إلى زيادة كبيرة في استخدام المواد النووية والمرافق الخاضعة للضمانات النووية التي تشرف عليها الوكالة الدولية للطاقة الذرية.(IAEA)

عبر نظام "الضمانات" النووية، تلتزم الوكالة الدولية للطاقة الذرية بمراقبة دقيقة لضمان استخدام المواد النووية لأغراض سلمية بحتة. وخلال الفترة بين عامي 2010 و2022، سُجلت زيادة لافتة بنسبة 34% في كميات المواد النووية و15% في عدد المنشآت النووية، مع توقعات بأن يشهد هذا التوسع وتيرة أسرع في المستقبل.

تعمل الوكالة على تطوير تقنياتها لتعزيز فعالية التحقق النووي، بما في ذلك اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي والروبوتات ومن أبرز هذه الابتكارات جهاز "رؤية ظاهرة تشيرينكوف من الجيل التالي(XCVD) "، الذي رفع كفاءة عمليات التحقق من الوقود النووي المستهلك إلى ثمانية أضعاف مقارنة بالأساليب التقليدية.

كما تسعى الوكالة إلى تعزيز نظم حصر ومراقبة المواد النووية لدى الدول، وضمان تنفيذ الضمانات بفعالية حيث يشمل هذا الدعم العديد من الآليات، مثل بعثات الخدمة الاستشارية، والدورات التدريبية، والتعلُّم الإلكتروني، والحلقات الدراسية الشبكية، والمساعدة القانونية والرقابية إضافة إلى مبادرة "كومباس"، التي أُطلقت عام 2020 بدعم مالي وعيني من الدول الأعضاء والتي تهدف إلى بناء قدرات الدول وتعزيز نظمها الحكومية والإقليمية المسؤولة عن تنفيذ الضمانات، من خلال تقديم دعم مخصص يشمل التدريب الوطني، وتطوير البرمجيات، ودعم الموارد البشرية،

* المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، (نوفمبر 2024)، *الإعلان النووي في مؤتمر المناخ COP28 وأثره في عمل الوكالة في ميدان التحقق النووي*، بقلم إيفا موريلا لام ريدوندو.

والمسائل القانونية والتقنية في المستقبل، تسعى الوكالة إلى دمج الضمانات النووية في تصميم المنشآت النووية الجديدة لضمان أعلى مستويات الأمن والأمان، وتلبية الطلب المتزايد للطاقة النووية في إطار تحقيق أهداف صافي الانبعاثات صفر.

في سياق الجهود الرامية لتحقيق مستقبل مستدام ومنخفض الكربون، يعكس الإعلان عن مضاعفة القدرات النووية ثلاث مرات التزاما جماعيا بالنهوض بالطاقة النووية كجزء من الحلول المستدامة. ويتطلب هذا الهدف الطموح من الوكالة توسيع نطاق عملياتها، بما يشمل مراقبة المزيد من المواد النووية والمرافق وكذلك اعتماد التكنولوجيات المتقدمة والتعاون مع الدول التي تسعى لتوسيع نطاق إنتاجها للطاقة النووية وهو ما يدعم أهداف الوكالة في تلبية الطلبات المتزايدة للمجتمع الدولي، مع المساهمة في تحقيق الأهداف المناخية العالمية.

بطارية الكربون 14 – طاقة مستدامة لآلاف السنين *

نجح علماء من جامعة بريستول بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية البريطانية (UKAEA) في تطوير مصدر موثوق ومستدام للكهرباء باستخدام بطارية تعتمد على كمية صغيرة من الكربون 14، مغلفة بالألماس. مع نصف عمر إشعاعي يبلغ 5730 عامًا كما سيكون لهذه البطارية استقلالية لعدة آلاف من السنين دون الحاجة إلى إعادة الشحن. ستستخدم هذه البطارية في العديد من المجالات المختلفة وخاصة في المجال الطبي. يستخدم الكربون 14 بشكل لافت في تأريخ الأشياء القديمة كجزء من الأبحاث الأثرية. إذ يتم استغلال الطاقة المنبعثة من التحلل الإشعاعي للكربون 14، ويقارن الباحثون عمل هذه البطارية بالألواح الشمسية والتي تبرز أن الفرق هو أنه بدلاً من تحويل الضوء إلى كهرباء، فإن هذه البطارية تستخدم الإلكترونات سريعة الحركة الناتجة عن الاضمحلال الإشعاعي. تتحلل نصف ذرات الكربون 14 إلى نيتروجين 14 بعد 5730 عامًا، مما يسمح للبطارية بتشغيل الأجهزة لفترات زمنية طويلة جدًا دون الحاجة إلى إعادة الشحن.

* المصدر: Techniques de l'Ingénieur ، "Batterie au carbone 14 pour des milliers d’années d’autonomie"، نُشر في 2 يناير 2025.

تعتمد البطارية على الكربون 14 المحاط بالألماس، الذي يعد واحدًا من أصلب المواد المعروفة. يمتص الغلاف الماسي الإشعاع القصير المدى ويحولها إلى مستويات منخفضة جدًا من الكهرباء، مما يضمن سلامة الجهاز. وفي هذا السياق أكدت سارة كلارك، مديرة دورة وقود التريتيوم فيUKAEA ، على "متانة الجهاز وسلامته، مشيرة إلى التنوع الكبير في التطبيقات المحتملة، خاصة في المجال الطبي".

إضافة إلى صلابته، يمتاز الماس بخصائص أخرى كالتوافق الحيوي. مما يعني أن هذه البطارية الماسية يمكن استخدامها في تشغيل الأجهزة المزروعة مثل أجهزة تنظيم ضربات القلب، أجهزة السمع، وأجهزة العين. كما يتم تطوير استخدامات أخرى في الفضاء وفي بيئات أو أجهزة لا تتناسب معها مصادر الطاقة التقليدية.

تجدر الإشارة إلى أن البطارية الماسية تم تطويرها في إطار مشروع ASPIRE في جامعة بريستول، والذي يركز على وحدات الاستشعار المتقدمة ذاتية التشغيل في بيئات الإشعاع المكثف فيما تم تصنيع الماس المستخدم في البطارية من النفايات الناتجة عن محطة الطاقة النووية السابقة في بيركلي، جلوسيسترشاير، التي تم إغلاقها في عام 1989. وبعد ثلاثين عامًا من الإغلاق، تمكن العلماء من استخراج كتل الجرافيت المخزنة والتي تحتوي على الكربون 14.

التغيرات المناخية والدولية تسرّعان وتيرة الاعتماد على الطاقة النووية في 2025 *

يشهد العالم تحولات متسارعة في المجال الطاقي في ظل تصاعد تحديات التغير المناخي وأزمة إمدادات الطاقة العالمية، ورغم تزايد الاعتماد على تقنيات الطاقة الشمسية، تواجه هذه الجهود عقبات قد تعرقل الانتقال إلى مصادر الطاقة النظيفة هذا العام خصوصا مع مساعي إدارة ترامب للخروج من اتفاقية باريس للمناخ وتجميد العمل بالمشاريع الصديقة للبيئة كمشروع الرياح البحرية. ووفقًا لتوقعات الخبراء، من المتوقع أن يرتفع الطلب على الطاقة بشكل ملحوظ بسبب زيادة احتياجات مراكز

* المصدر: بلومبرغ، نُشر بتاريخ 06 يناير 2025

البيانات من الكهرباء لدعم تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي مما سيجبر بعض شركات المرافق إلى إعادة تقييم مواعيد التخلص التدريجي من محطات الطاقة التي تعمل بالوقود الأحفوري، الأمر الذي يسهم أيضًا في تعزيز العودة لاستخدام الطاقة النووية.

وسط هذه التغيرات، تبرز الطاقة النووية كحل بديل ومصدر موثوق للطاقة في العديد من البلدان، وهو ما يفسر الإنتعاشة الحاصلة في هذا المجال في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية حيث باتت تمثل خيارا مهمًا لمكافحة التغير المناخي وضمان استقرار الإمدادات. ومن المتوقع أن تتزايد الأخبار حول إعادة تشغيل محطات الطاقة النووية التي كانت قد توقفت سابقًا، بالإضافة إلى اهتمام متزايد بتطوير الجيل الجديد من المفاعلات المعيارية الصغيرة (SMRs) في ظل التحولات العالمية نحو تنويع مصادر الطاقة والتي تتمتع بمزايا تقنية كبيرة في تلبية احتياجات الطاقة بكفاءة أعلى وبتكلفة استثمارية أقل مقارنة بالمفاعلات التقليدية، مما يتيح لها إمكانية التكامل بسهولة مع شبكات الطاقة الحديثة وتوسيع نطاق استخدامها في مناطق متعددة حول العالم.

تُسهم هذه التحولات في دعم التوجهات العالمية نحو مصادر طاقة أكثر استدامة، حيث تواكب الحاجة المتزايدة للطاقة في ظل تكنولوجيا مثل الذكاء الاصطناعي، مما يجعل الطاقة النووية جزءًا من الحلول المستقبلية لمواجهة تحديات الطاقة المتزايدة.

إعداد: سناء عدوني

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