تقدير المواد المشعة الطبيعية على أعماق أبار المياه السطحية في بعض ضواحي غرب وجنوب غرب العاصمة الليبية طرابلس

عزالدين أحميدة[1]، الهادي الشامس[2] (*)

[1] باحث مستقل

[2] مركز البحوث النووية – تاجوراء

ملخص البحث:

يهدف هذا البحث إلى تقدير المواد المشعة الطبيعية في أعماق الآبار السطحية وتقدير جرعة الرادون التي يتلقاها العاملون في حفر أبار المياه السطحية في ضواحي غرب و جنوب غرب طرابلس. حيث تم جمع عدد **8** عينات طينية من أعماق أبار سطحية تراوحت بين **20m** إلى **80m** وكذلك تم جمع عدد **2** عينة تربة سطحية للمقارنة والقياس من بعض الضواحي الغربية و الجنوبية الغربية للعاصمة الليبية طرابلس، وقد تم إعداد وتجهيز العينات للعد

(*) Email: naser_o_72@eng.misuratau.edu.ly

الإشعاعي باستخدام كاشف الجرمانيوم **(HPGe)** عالي النقاوة. وقد أوضحت النتائج أن مستوى النشـــاط الإشـــعاعي للبوتاســـيوم-**40** (**^{40}K**) يتـــراوح بـــين **168.23±1.67 Bq/kg** و **413.81±3.19 Bq/kg** بينمـا يتـراوح المسـتوى الإشـعاعي لليورانيـوم-**238** (**^{238}U**) بـين **12.18±0.07Bq/kg** و **50.57±0.51Bq/kg** وبالنسـبة للثوريـوم-**232** (**^{232}Th**) فقد تـراوح بين **8.36±0.01Bk/kg** و **37.79±0.41Bq/kg** . فيما تراوحت قيم النشاط المكافئ للراديوم (**Ra_{eq}**) بـين **119.49±1.34 Bq/kg** و **41.14±0.23 Bq/kg** و مؤشـر الخطـر الداخلي **H_{int}** بين **0.43** و **0.15** و تركيز غاز الرادون **^{220}Rn** و الثورون **^{222}Rn** في التربـة بين **32.54±0.44 kBq/kg** و **12.22±0.15 kBq/kg** و **239.59±2.34 Bq/kg** و **0 Bq/kg** على التوالي. تشير كل القيم و المؤشرات مبدئيا إلى أن الأعماق السطحية من **80m -20m** لا تحوي نشاط إشعاعي جدير بالاهتمام أو مختلف عن معدلات النشاط الطبيعي للتربة السطحية لمنطقة الدراسة.

و تشير نتائج العينتين السطحيتين إلى وجود نشاط عالي نسبيا للعينة **S2** وهذا راجع إلى أن العينة جمعت من منطقة ذات أصل زراعي مشبعة بالأسمدة الفوسفاتية.

الكلمات الدالة: المواد المشعة الطبيعية، الرادون، الآبار السطحية، كاشف الجرمانيوم.

1- مقدمة

في فترة منتصف الثمانينيات من القرن الماضي عانت مدن الساحل الليبي من نقص في المياه العذبة الصالحة للشرب، فالتجأ السكان إلى حفر الآبار ذات الأعماق السطحية بطريقة عشوائية وبدون تصاريح حكومية وخاصة سنوات التسعينات. ومع وصول مياه النهر الصناعي

إلى مدن الساحل انحسرت هذه الظاهرة ولكنها لم تختفي، كما أنها عاودت للظهور بشكل واضح في السنوات الأخيرة نتيجة للأوضاع السياسية والأمنية الحالية.

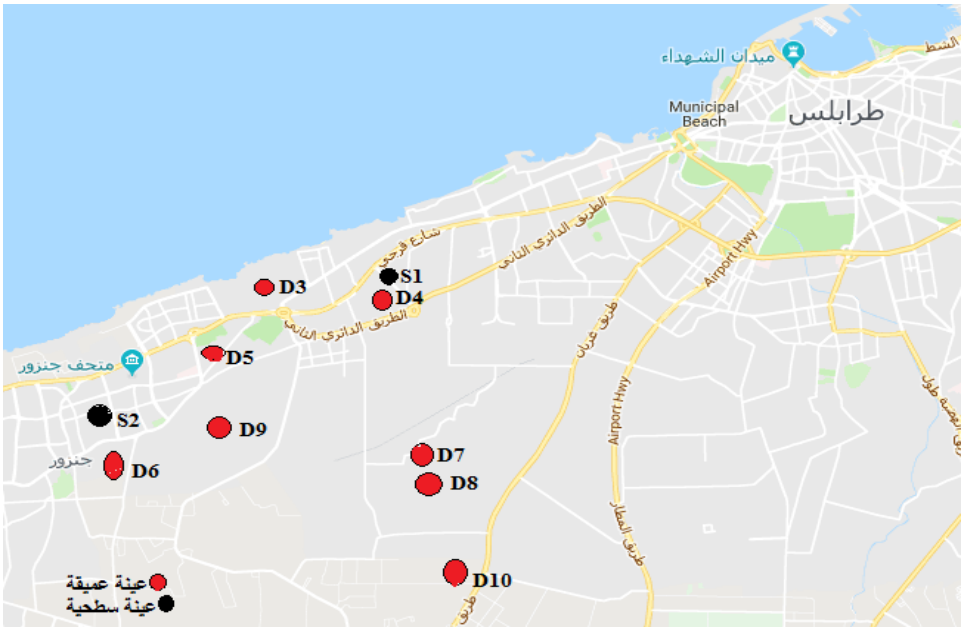
في هذه الورقة محاولة لرصد المواد المشعة طبيعية المنشأ (النورم) التي تخرج أثناء عملية الحفر و التغيير في تركيزها نتيجة تغيير الأعماق السطحية، وتقدير جرعة الرادون من حيث الزيادة مع العمق التي يمكن أن يتلقاها العاملون على الحفارات خاصة و أن هذه العمليات تتم بدون اتخاذ أي ضوابط للسلامة . كما يتم إلقاء جميع مخلفات عملية الحفر في مكبات عشوائية أو تركها أحيانا على قارعة الطريق.

تم جمع ثمانية عينات من مناطق ضواحي العاصمة طرابلس الغربية و الجنوبية الغربية وعلى أعماق تراوحت بين **20** و**80** متر وكانت عبارة عن طين وعينتين سطحيتين من نفس الضواحي للقياس والمقارنة.

منطقة الدراسة منطقة ساحلية تضاريسها منبسطة وتركيبها الجيولوجي متطابق، كانت إلى وقت قريب (سبعينات القرن الماضي) منطقة زراعية بالكامل قبل أن يجتاحها العمران.

2- الجانب العملي و المنهجية:

بعد التحضير الروتيني للعينات من تنظيف وتجفيف وتصفية وكذلك معايرة الكاشف وهو كاشف جرمانيوم **(HPGe)** عالي النقاوة بكفاءة **40%** بوضعية عمودية وقدرة فصل مقدارها**1.89kev** موجود بمبنى الوقاية بمركز البحوث النووية تاجوراء تم الكشف على العينات. الشكل **1** يوضح جغرافية أماكن أخذ العينات بالنسبة لمركز العاصمة طرابلس، والجدول **1** يبين المعلومات الأولية عن العينات.



شكل 1 مناطق جمع العينات

الجدول 1 – المعلومات اللازمة عن العينات

رمز العينة	الضاحية	العمـــق (m)	تاريخ الجمع	تاريخ الكشف	فترة الكشف
S1	المشيرقي	0	يناير 2018	مارس 2018	18 ساعة
S2	جنزور	0	يناير 2017	مارس 2018	18 ساعة
D3	المدينة السياحية	30	ديسمبر 2017	فبراير 2018	18 ساعة
D4	الدريبي	20	يناير 2018	فبراير 2018	18 ساعة
D5	الغيران	33	ديسمبر 2017	فبراير 2018	18 ساعة
D6	جنزور	30	ديسمبر 2017	فبراير 2018	18 ساعة
D7	الدعوة الإسلامية 1	27	يناير 2018	فبراير 2018	18 ساعة
D8	الدعوة الإسلامية 2	34	يناير 2018	فبراير 2018	18 ساعة
D9	السراج	30	يناير 2018	فبراير 2018	18 ساعة
D10	السواني	80	ديسمبر 2017	فبراير 2018	18 ساعة

1.2 – تقييم المخاطر الإشعاعية

1.1.2– حساب النشاط الإشعاعي (A) : تم حساب النشاط الإشعاعي النوعي **A** (لكل كيلوجرام) باستخدام المعادلة **1 [1]**

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

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

2.1.2- النشاط المكافئ للراديوم (Ra_{eq}) : النشاط المكافئ للراديوم (Ra_{eq}) بوحدة **Bq/kg** مؤشر خطر إشعاعي واسع الانتشار و يستخدم لتقييم المخاطر المرتبطة بالمواد المحتوية على نويدات ^{226}Ra و ^{232}Th و ^{40}K وقد تم تحديده على أساس افتراض أن **370Bq/kg** من ^{226}Ra و **260Bq/kg** من ^{232}Th و **4810Bq/kg** من ^{40}K تنتج نفس معدل الجرعة.**[2]** . تم حسابه على النحو الموضح في المعادلة **2 [3]**

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

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

3.1.2- الجرعة الممتصة (D) : تحديد معدلات الجرعة الممتصة **(D)** للعينات بوحدة **nGy/ h** من تركيز النشاط الإشعاعي النوعي ، بالإضافة إلى المخاطر الإشعاعية المصاحبة من الجرعة الممتصة عند **1** متر فوق سطح الأرض موضح في المعادلة **3 [3]**

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

4.1.2- مكافئ الجرعة الفعالة السنوية (AEDE) : مكافئ الجرعة الفعالة السنوية **(AEDE)** يمكن قياسه بقياس تركيز النويدات المشعة في البيئة بسبب إشعاع جاما الأرضي الناتج من ^{40}K ^{232}Th ^{238}U, من خلال المتوسط المكافئ السنوي الفعلي للجرعة **[4]** **AEDE** حيث:

$$AEDE = D \times 1.23 \times 10^{-3}\ mSv/y \rightarrow (4)$$

حيث **D** معدل الجرعة الممتصة **(nGy/ h)**

5.1.2- مؤشر الخطر الداخلي H_{int} : مقياس يشير إلى التعرض الداخلي بسبب الرادون ^{222}Rn ويجب أن يكون المؤشر أقل من الواحد ليكون ضمن عتبة السلامة ، المعادلة **5** **[5]**

$$H_{int} = \left(\frac{A_U}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810}\right) \leq 1 \qquad \rightarrow (5)$$

6.1.2 - مؤشر الخطر الخارجي H_{ext} : يستعمل مؤشر H_{ext} لتقييم التعرض للإشعاع الخارجي من المواد المحتوية على الراديوم. تمثل قيمة $H_{ext}=1$ القيمة القصوى المسموح بها المكافئة لنشاط مكافئ الراديوم مقداره **370 Bq / kg** المعادلة **6** **[5]**

$$H_{ext} = \left(\frac{A_U}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810}\right) \leq 1 \qquad \rightarrow (6)$$

7.1.2- مؤشر مخاطر الإشعاع Iγ: تم تقدير مستويات الخطورة لإشعاع غاما المرتبطة بالنويدات المشعة الطبيعية في العينات استناداً إلى مؤشر مخاطر الإشعاع **Iγ** الموضح في المعادلة **7** **[6]**

$$I_\gamma = \left(\frac{A_U}{150} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{1500}\right) \rightarrow 7$$

يجب أن تكون قيمة هذا المؤشر أقل من الوحدة ليكون الخطر الإشعاعي غير ذي أهمية.

8.1.2- حساب تركيز غاز الرادون C_{Rn} في التربة: تستعمل المعادلة **8** **[4]** لحساب تركيز غاز الرادون **(^{220}Rn, ^{222}Rn)** في التربة الناتج مباشرة من تفكك الراديوم **(^{224}Ra, ^{226}Ra)**

$$C_{Rn} = \frac{C_{Ra}}{\varepsilon} f \rho_s \frac{(1-\varepsilon)}{(m[K_T - 1] + 1)} \; Bq/m^3 \quad \rightarrow 8$$

حيث C_{Ra} هو تركيز الراديوم في التربة بوحدة **Bq/kg**، و f يعرف بمعامل الانبعاث **(emanation factor)**، ρ_s هو متوسط كثافة التربة **(2700-1600 kg/m^3)** وε هي المسامية الكلية **(porosity)** ، بما في ذلك الماء ومراحل الهواء ، **m** هي جزء المسامية عند تشبع التربة بالماء. K_T هو معامل تقسيم انتقال ال **Rn** بين الماء و مراحل الهواء. بالنسبة للتربة الجافة **m=0** . في التربة الرطبة الدافئة عند درجة حرارة **25C** 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 الاعتبار في حساب تركيز **Rn** في عينات هذا البحث.

9.1.2- مكافئ تركيز الاتزان للRn (CRn_{eq})

(Equilibrium Equivalent Radon Concentration) يمكن تقدير تركيز نشاط الاتزان المكافئ للرادون و الثورون CRn_{eq} بتطبيق المعادلاتين **10** و**11** واللتان تعطيان كالأتي:

$$CRn_{eq} = 0.105C_1 + 0.515C_2 + 0.38C_3 \quad (^{222}_{2}Rn\ series) \rightarrow 10 \;\; [4]$$

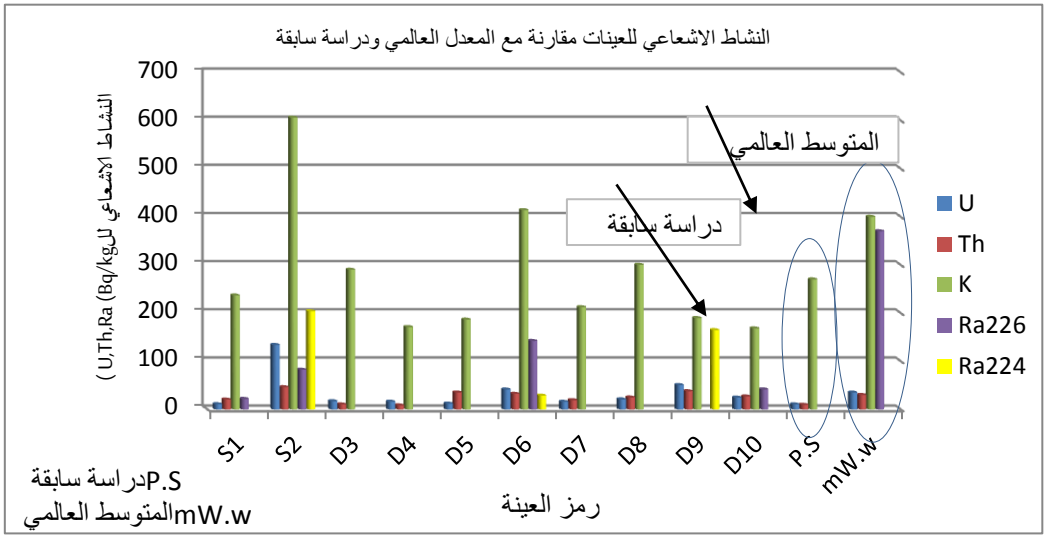
$$CRn_{eq} = 0.913C_4 + 0.087C_5 \quad (^{220}_{2}Rn\ series) \rightarrow 11 \;\; [4]$$

حيث C_1و C_2 و C_3 تشير إلى تركيزات نشاط الاضمحلال **(Bq/kg)** لل ^{218}**Po** و ^{214}**Pb** و ^{214}**Bi** على التوالي ، بالنسبة إلى سلسلة ^{222}**Rn** و C_4 و C_5 تشير إلى تركيزات نشاط اضمحلال ^{212}**Pb** و ^{212}**Bi** **(Bq/kg)** لسلسلة ^{220}**Rn** (الثورون) على التوالي. الثوابت تمثل النسبة الذي يساهم بها كل اضمحلال منتج إلى إجمالي الطاقة المحتملة من تحلل نشاط وحدة واحدة من الغاز **[4]**.

3- النتائج و المناقشة

1.3- النشاط الإشعاعي للعينات : الشكل **2** يوضح تركيز النشاط الإشعاعي للسلاسل ^{238}**U** ، ^{234}**Th** و ^{40}**K** و للراديوم **Ra** في العينات، من الواضح أنه لا توجد فوارق جديرة بالاهتمام ما عادا العينة **S2** (جنزور السطحية) وبدرجة أقل العينتين **9D,6D** (جنزور **(30m)** و السراج**(30m)**) ، وهذا راجع لكون المنطقة الممتدة من السراج حتى جنزور غربا حتى وقت قريب (تسعينات القرن الماضي) كانت معظمها مزارع استعملت فيها الأسمدة الفوسفاتية وهذا التفسير المنطقي لهذا النشاط المرتفع نسبيا للنورم ، و مع أن ضاحيتي الدعوة الإسلامية و السواني كذلك أراضي زراعية إلى وقت أقرب ولكنها لم تسجل هذا المستوى. و هذا يزيد كذلك من احتمال أن نشاط العينتين **9D,6D** ناتج عن تسرب نورم الفوسفات إلى الأعماق السطحية وليس لأي تركيب جيولوجي خاص بالمنطقة، ما يدعم هذا الاحتمال هو متوسط النشاط الإشعاعي الطبيعي المسجل في دراسة سابقة لعموم منطقة طرابلس**(1997) [7]** والتي لم تسجل فيها أي مستويات غير طبيعية . في عموم النشاط المسجل لكل العينات معظم التوزيع يبدو نمطيا حيث ^{40}**K** الأكثر نشاطا وهذا المتوقع بما أنه يمثل أكثر من **2.1%** من التركيبة

الجيولوجية لطبقات للأرض[8] ، وتوزيع سلاسل ال **U** و **Th** و بالتالي ^{226}**Ra** و ^{224}**Ra** كذلك لا تخرج عن النمط المتوقع لمنطقة ساحلية رملية.



الشكل 2– النشاط الإشعاعي للعينات

2.3- تقييم المخاطر الإشعاعية: يتمثل أحد الأهداف الرئيسية لقياس النشاط الإشعاعي في العينات البيئية هو تقدير جرعة التعرض للإشعاع وتقييم الآثار البيولوجية على البشر. في هذا البحث تم استعمال أربع كميات معروفة ذات صلة مباشرة بتقييم المخاطر الإشعاعية باعتبارات مختلفة، وهي نشاط مكافئ الراديوم ($\mathbf{Ra_{eq}}$) ، معدل الجرعة الممتصة **(D)** في الهواء عند **1m** فوق سطح الأرض، مكافئ الجرعة الفعالة السنوية **(AEDE)** و مؤشرات الخطر (الداخلي **Hint** والخارجي **Hext** و النشاط الإشعاعي I_γ). الجدول **2** يبين هذه القيم مقارنة مع متوسط المعدل العالمي للقيم السطحية، كل هذه القيم بطبيعة الحال ستكون نتيجة للنشاط الإشعاعي الطبيعي لل ^{238}**U** ، ^{232}**Th** و ^{40}**K** لذلك فأن توافق أو زيادة هذه القيم عن المعدل الطبيعي العادي يخضع لنفس التفسير الوارد في الفقرة **1.4**.

جدول 2– قيم تقييم المخاطر الاشعاعية للعينات(mW.w المتوسط العالمي)

H_{ext}	H_{int}	I_γ	AEDE (µSv/y)	D (nGy/h)	Ra_{eq} (Bq/kg)	الضاحية والعمق	رمز العينة
0.16	0.18	0.3	33.45±0.22	27.2±0.73	58.23±0.76	المشيرقي0m	S1
0.67	1.03	1.19	141.32±1.65	114.9±1.74	246.34±2.03	جنزور0m	S2
0.15	0.19	0.35	17.55±0.12	14.27±0.02	54.38±1.06	السياحية30m	D3
0.11	0.15	0.25	24.09±0.12	19.58±0.18	41.14±0.23	الدريبي20m	D4
0.21	0.24	0.34	42.61±0.21	34.64±0.76	76.82±0.75	الغيران33m	D5
0.32	0.43	0.68	60.88±0.32	49.5±0.64	119.49±1.34	جنزور30m	D6
0.12	0.2	0.32	34.15±0.32	27.77±0.08	59.64±0.63	د.الاسلامية27m	D7
0.21	0.27	0.43	45.65±0.54	37.11±0.77	79.4±0.76	د.الاسلامية34m	D8
0.32	0.45	0.61	63.07±0.71	51.28±0.34	119.24±1.74	السراج30m	D9
0.21	0.27	0.37	42.57±0.24	34.61±0.25	73.57±0.98	السواني80m	D10
>1	>1	>1	70	57	370	[5] mW.w	

3.3- **تقدير جرعات الرادون** 222Rn **و الثورون** ^{220}Rn : تركيزات الرادون في التربة في الأعماق السطحية مهمة بشكل واضح في تحديد معدلات الرادون المتسربة من مسام التربة للهواء ولاحقا في الغلاف الجوي. يعتمد تركيز الرادون بشكل مباشر على التوزيع الجيولوجي للراديوم وعلى نفاذية التربة ، مع أنه من الصعب اعتماد تعميمات معينة لتوزيع تركيزات الرادون ولكن من المعروف أن مستوى تواجد الراديوم في حجر الغرانيت عالي نسبيا ، ومتوسط في الصخور الرسوبية ولا يميل للتواجد في محتويات الحجر الجيري [4]. منطقة طرابلس وضواحيها هي منطقة محاذية للبحر ورملية في أغلبها، أي أن توزيع الراديوم سيكون متجانس إلى حد ما بالرغم من صعوبة التعميم. المعادلة 8 لحساب تركيز الرادون ^{222}Rn (الثورون ^{220}Rn كذلك) بوحدة kBq/m^3 في المحيط المشبع بالماء (نشاط $10kBq/m^3$ من ^{222}Rn في الماء ينتج منها

حـوالي $1Bq/m^3$ فقـط إلـى الهـواء [9]) تأخـذ فـي الاعتبـار النشـاط الإشـعاعي للراديـوم (^{224}Ra,^{226}Ra) مع خصائص التربة (المسامية ،الكثافة ، الرطوبة و درجة الحرارة) وخصائص الغاز (النفاذية) وهذه الخصائص كلها تعتمد إلى حد كبير على التعميمات ، حيث مثلا عندما تتغير درجة الحرارة من $25C^o$-$0C^o$ فأن تركيز الRn يتغير من$78kBq/m^3$-$21kBq/m^3$ وكذلك كثافة التربة يمكن أن تتغير من $2700kg/m^3$-$1600kg/m^3$ من مكان إلى أخر ومن عمـق إلـى أخـر [4]. المعـادلتين 10 و11 تأخـذ فـي الاعتبـار النشـاط الإشـعاعي لوليـدات الRn^{222} و ^{220}Rn حيث أن نشاط هذه الوليدات في حالة الاتزان يشير بشكل مباشر إلى نشاط كل من الRn^{222} و ^{220}Rn .

الجدول **(3)** يوضح تركيز الرادون **CRn** ، الجرعة الفعالة الناتجة و تركيز مكافئ الاتزان لل**Rn**^{222} **(CRn_{eq222})** و ال**Rn**^{220} **(CRn_{eq220})** بوحدة **Bq/kg** .

جدول 3– تركيزRn و تركيز مكافئ الاتزان لل Rn في العينات(mW.w المتوسط العالمي)

العينة	CRn (kBq/m^3) ماء	CRn (Bq/m^3) هواء	الجرعة الفعالة µSv	$CRn_{eq\ 222}$ (kBq/kg)	$CRn_{eq\ 220}$ (Bq/kg)
3D	–	–	-	12.22±0.15	0.72±0.00
4D	–	–	-	18.22±0.18	1.18±0.01
5D	–	–	-	13.99±0.17	110.95±1.46
6D	45.42±0.56	4.54±0.03	9.84±0.05	29.33±0.23	0.61±0.01
7D	–	–	-	13.79±0.11	151.61±1.98
8D	–	–	-	7.92±0.06	90.76±0.98
9D	43.8±0.27	4.38±0.02	8.76±0.07	32.54±0.44	0
10D	11.05±0.07	1.1±0.01	3.3±0.02	25.36±0.27	239.59±2.34
mW.w	[5] 78	[5] 5	[5] 15-10	-	-

تـم حسـاب تركيـزات ال ^{222}Rn و ^{220}Rn فـي التربـة المشـبعة بالمـاء (شـكل العينـة) للعينات العميقة فقط وليس للعينات السطحية باستخدام المعادلة **8** بوحدة kBq/m^3 ثم تم إيجاد ما ينتقل منه للهواء ، وتم حساب الجرعة الفعالة في الهواء أي جرعة الغاز التي يمكن أن يتلقاها العاملون على الحفارة. حيث $10Bq/m^3$ في الهواء الطلق **(outdoor)** لل^{222}Rn يعطي جرعة فعالـة **3µSv** و فـي الهـواء الطلـق كـذلك ال^{220}Rn يعطـي جرعـة فعالـة **2µSv** لكـل $10Bq/m^3$[5]، ($10\ Bq\ m^{-3} \times 1{,}760\ h \times 0.17\ nSv\ (Bq\ h = 0.003\ mSv$ m^{-3})$^{-1}$ لل ^{222}Rn و $10\ Bq\ m^{-3} \times 1{,}760\ h \times 0.11\ nSv\ (Bq\ h = 0.002\ mSv$ m^{-3})$^{-1}$ لـل ^{220}Rn ، حيث **1760h** هو معدل السـاعات المقضـية سـنويا فـي الهـواء الطلـق **(outdoor)** بالنسبة للإنسان العادي والتي اعتبرت في هذا البحث نفس الساعات التي يقضيها العامل على الحفارة).

يلاحظ أن جميع القيم في نطاق المعدل الطبيعي، وأكثر العينات تسجيلا لنشاط غاز الثـورون ^{220}Rn النـاتج مـن نشـاط لـل ^{224}Ra قـدره **164.67Bq/kg** هـي العينـة **9D** (السراج**30m**) في حين كان نشاط العينة **6D** (جنزور**30m**) ناتج من نشاط لل ^{224}Ra قدره **142.2Bq/kg**ونشاط لل^{226}Ra قدره **28.55Bq/kg** وهي العينة الوحيدة التي سجل بها نشاط لكل من ^{226}Ra و ^{224}Ra معا ، اما العينة **10D** (السواني**80m**) فنشاطها ناتج من نشاط لل^{226}Ra قدره **41.54Bq/kg**. العينات **3D,4D,5D,7D**و**8D** لم يسجل فيها نشاط مباشر لل ^{222}Rn و ^{220}Rn لأن نشاط ال**Ra** كان أقل من تحسس المنظومة **(B.D.L)** ، حتى في حالة عدم تسجيل نشاط مباشر لل**Ra** يمكن تقدير نشاط ال ^{222}Rn و ^{220}Rn من خلال ما يعرف بنشاط الاتزان المكافئ للرادون و الثورون **(**CRn_{eq222}, CRn_{eq220}**)** **[4]** ، حيث يساهم ^{218}Po

بنشاط يكافئ **10.5%** و ^{214}**Pb** بنشاط يكافئ **51.5%** و ^{214}**Bi** بنشاط يكافئ **38%** من نشاط وحدة واحدة من اضمحلال غاز الرادون. و بالمثل بالنسبة للثورون حيث يساهم ^{212}**Pb** بنشاط يكافئ **91.3%** و ^{212}**Bi** بنشاط يكافئ **8.7%** من نشاط اضمحلال وحدة واحدة من غاز الثورون.

من الجدول **3** كانت أعلى قيم لنشاط الاتزان المكافئ للرادون للعينات **10D ,9D,6D** على التوالي وهذا منسجم مع قيم تركيز **CRn** ب**(Bq/m^3)** ومتوافق مع مؤشر الخطر الداخلي $\mathbf{H_{int}}$ (مؤشر الرادون). أعلى القيم لنشاط الاتزان المكافئ للثورون كانت للعينات **8D,7D,5D,10D** على التوالي وهذا ناتج من أن نشاط الرصاص **(**^{212}**Pb)** الذي يمثل **91%** من نشاط الاتزان المكافئ للثورون كان عالي نسبيا في هذه العينات حيث وصل مثلا في العينة **10D** (السواني**80m**) إلى **261.74Bq/kg** ، بالنسبة إلى توافق هذه القيم مع تركيز **CRn** ب**(Bq/m^3)** فلا يوجد رابط واضح يمكن أن يفسر عدم الانسجام، ربما ما عادا أن العينات لم تصل إلى حالة الاتزان بالشكل المطلوب أثناء فترة التخزين قبل عملية الكشف. في العموم كانت هناك زيادة بسيطة في نشاط الاتزان المكافئ للثورون (زيادة في نشاط ^{212}**Pb**) مع العمق والذي بدوره يتبع تزايد نشاط سلسلة ^{232}**Th** .

4- الخاتمة والتوصيات

كانت الغاية من هذا البحث هو محاولة دراسة تأثير الأعماق السطحية علي توزيع المواد المشعة طبيعية المنشأ (النورم) ونشاطها الإشعاعي و تقدير جرعة ال**Rn** التي يمكن أن يتعرض لها العاملون على الحفارات، مبدئيا يمكن القول أن الأعماق السطحية لا تحمل أي زيادة في توزيع هذه المواد وبالتالي لا يوجد أي نشاط إشعاعي يميز هذه الأعماق عن السطح، وهذا ربما

لأن هذه الأعماق تعتبر سطح التربة بالمقاييس الجيولوجية . ما ظهر من خلال النشاط الإشعاعي للعينات **S2** (جنزور السطحية) ، **D6** (جنزور**30m**) و**D9** (السراج **30m**) هو احتمالية تسرب النورم المصاحب للأسمدة الفوسفاتية للطبقات السطحية في المناطق ذات الأصل الزراعي لأن النشاط الإشعاعي لهذه العينات مرتفع نسبيا بنسبة لمنطقة لا يوجد بها أي نشاط صناعي و جيولوجية طبقاتها السطحية لا تختلف عن بقية منطقة طرابلس الكبرى. وبالتالي فأن كمية الرادون و الثورون المنبعث نتيجة عمليات حفر الآبار في نطاق معدلات التركيزات السطحية. ما يمكن قوله أخيرا هو أن نتائج هذا البحث تعطي لمحة مبدئية على استنتاجات مهمة بالرغم من قلة عدد العينات(لصعوبة الحصول عليها بالشكل المطلوب) و كذلك عدم وجود أبحاث محلية أو عالمية منشورة مماثلة للمقارنة، وهي :

- توزيع النورم في الأعماق السطحية مماثل للتوزيع السطحي و لا وجود لزيادة واضحة في نشاط غاز الرادون و الثورون عند هذه الأعماق.
- الاحتمال الكبير لتسرب النورم الناتج عن الأسمدة الفوسفاتية المستخدم في الأنشطة الزراعية للطبقات و المياه السطحية.
- يجب الاستمرار في عمليات البحث و الدراسة في هذا الموضوع خاصة في المناطق ذات الأصل الزراعي و ذلك لرصد تأثير نورم الأسمدة الفوسفاتية على المياه السطحية المستعملة من قبل السكان بشكل كبير، و كذلك لدراسة توزيع المواد المشعة الطبيعية بالنسبة لجيولوجيا المنطقة.

5-المراجع:

1- *Dovlete, C., Povinec, P.P., Quantification of uncertainty in gamma spectrometric analysis of environmental samples, 2004. IAEA-TECDOC-1401. Int. At. Energy Agency, Austria 103-126*

2- *UNSCEAR Report. Sources, effects and risks of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation(1988). (Report to the General Assembly, with Annexes). 124-156*

3-*Beretka, J., & Mathew, P. J.. Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by products. (1985) Health Physics, 48, 87-95*

4- *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).98-103*

5- *Svoukis, E., & Tsertos, H. Indoor and outdoor in situ higher solution gamma radiation measurements in urban areas of Cyprus. (2007). Radiation Protection Dosimetry, 123(3), 384-390*

6- *OECD - Organization for Economic Cooperation and Development. (1979). Exposure to radiation from the natural radioactivity in building materials (Report by a group of experts). Paris, France: Nuclear Energy Agency.*

7- Shenber, M.A. Measurement of natural radioactivity levels in soil in Tripoli. .,(1997) Applied Radiation and Isotope 48(1), 147-148

8- Mcaulay, I.R. & Moran D. Natural Radioactivity in Soil in the - Republic of Ireland Radiation. Port. Dosi J., 24,47-49. (1988).

9- United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation . United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publication E.94.IX.2.