

جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة بابل  
كلية العلوم

# دراسة النشاط الإشعاعي للمياه الجوفية والسطحية والرواسب لمحافظة بابل

رسالة مقدمة

الى

مجلس كلية العلوم - جامعة بابل

وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

من قبل

مرتضى شاكر اسود

بكالوريوس علوم فيزياء - جامعة بابل

1999

حزيران 2003م

ربيع الثاني 1424هـ

# **A study of Radioactivity of Underground and Surface Water and Sediments in Babylon Governrate**

A thesis

*Submitted to the Council of the College of  
Science , University of Babylon in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the Degree  
of Master of Science in Physics*

By

**Murtadha Shakir Aswood**  
*B.Sc.Physics University of Babylon*

1999

June 2003

# والله اعلم

الحق

والله اعلم العزيم

الحق

من بحضرتهم قلبه

أنموئي وأصدر قائمي وأجبائي

مرفعی

# *Abstract*

Seventy percent of the work conducted in this thesis was done in the Iraqi Atomic Power Organization , and the rest in the Department of Physics , College of Science , University of Babylon , for the period from November 2001 to November 2002 under the supervision of Prof.Dr. Falah Hassan Hussein and Prof. Dr. Baha'iul-Dean Hussein Ma'rouf .Except where indicated by references , it is the original work of the author and has not been submitted for any other degree .

The Gamma spectra analysis techniques were used in this work to measure the type and the amount of the radionuclides found in the samples of the surface and underground water as well as the sediments . The germanium detector of high purity was used for this purpose .

Samples of surface and underground water as well as sediments were collected from various places of Babylon Governrate relying on the Administrative Map of the governrate . Five samples of the surface water were collected from of the Euphrites (Hilla River ) ; forty samples of underground water were collected in two stages : Thirty ones in the first one where the radioactivity sites were detected , and ten in the second stage; and five samples of the sediments were collected from wells containing radioactivity and others having none for comparison .

This study proved that there was a natural radioactivity in some samples of underground water in different regions of Babylon Governrate, besides some isotopes of Uranium – 238 decay series (Radium – 226 , Lead-214 and Bismuth-214) , and the presence of Lead-212 isotope which belongs to Thorium-232 series in one sample .

The concentration of the Radium –226 was found under the sensitivity level of the used detector and  $18.4 \pm 8.6$  Bq/L in Al-Kifl region , whereas the concentrations of Bisumth-214 and Lead-214 have ranged between the sensitivity level and  $9.8 \pm 2.1$  and  $6.72 \pm 2.4$  Bq/L respectively in Al-Kifl and Al-Kasim regions . Lead-210 isotope has the concentrations of  $3.2 \pm 1.1$  Bq/L in one sample only in Al-Kifl region .

All obtained results referred to the fact that all the concentrations were within the allowed limits to agricultural and domestic use . Comparing the results in this work with those published by International Atomic Energy Agency and local and universal researches , it was found that these concentrations were within the allowed limits for agricultural and domestic uses .

The results of the radioactivity for the samples of the surface water showed that the radioactivity in the measured samples was below the sensitivity of the instrument limit (0.5 Bq/L) .

The results obtained for sediments samples showed that there were natural radioisotopes belonging to Uranium-238 ,Thorium-232 series and Potassium-40 isotopes . The results also showed that Radium-226 , Lead-214 and Bismuth-214 had high concentrations in Al-Kifl and Al-Kasim regions however , they were within the allowed limits .

The concentration of Radium-226 resulting from the use of underground water for agriculture was calculated . Consequently, the concentration of Radon-222 in the air was calculated in addition to the Radium-226 in plant and animal productions by using mathematical models . Afterwards the doses resulting from the plant and animal consumption were calculated and those were resulting from the inhibition of Radon gas were determined , and were both found within the allowed limits .

جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة بابل  
كلية العلوم

# دراسة النشاط الإشعاعي للمياه الجوفية والسطحية والرواسب لمحافظة بابل

دراسة مقدمة

الى

مجلس كلية العلوم - جامعة بابل

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير / في علوم الفيزياء

من الطالب

مرتضى شاكر اسود

بكلوريوس علوم في الفيزياء

1999

شباط 2003م

ذي الحجة 1423هـ

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

أُولَئِكَ يَمُرُّ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنْ أَلْسِنَاتِهِمْ وَالْأَرْضَ

كَاتِبًا مَرَّتًا فَتَقْتُلُهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ

كُلِّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ❁

صدق الله العلي العظيم

الانبياء / 30

## إقرار المشرفين

نقر بأن إعداد هذه الرسالة جرى تحت إشرافنا في قسم الفيزياء / كلية العلوم/ جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في تخصص الفيزياء .

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| التوقيع :                                  | التوقيع :                          |
| اسم المشرف : ا.د. بهاء الدين حسين معروف    | اسم المشرف: ا.د. فلاح حسن حسين     |
| المرتبة العلمية : أستاذ                    | المرتبة العلمية : أستاذ            |
| العنوان : منظمة الطاقة الذرية / قسم البيئة | العنوان : جامعة بابل / كلية العلوم |
| التاريخ :                                  | التاريخ :                          |

## توصية رئيس قسم الفيزياء

إستناداً إلى التوصية المقدمة من قبل الأستاذين المشرفين الأستاذ الدكتور فلاح حسن حسين و الأستاذ الدكتور بهاء الدين حسين معروف أحيل هذه الرسالة إلى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها .

التوقيع :  
الاسم : د. طالب هادي قدوري  
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد  
العنوان : جامعة بابل/ كلية العلوم  
التاريخ :

## قرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة نشهد أننا اطلعنا على هذه الرسالة وقد ناقشنا الطالب (مرتضى شاكر اسود) في محتوياتها وفي ما له علاقة بها وذلك بتاريخ 12/6/2003 فوجدنا أنها جديرة بالقبول لنيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء بتقدير (امتياز) و عليه نوصي بقبول هذه الرسالة .

رئيس اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. خالد حسين هاتف العطية  
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد  
العنوان : جامعة بابل / كلية العلوم  
التاريخ :

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. فيصل علي مصطفى  
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد  
العنوان : جامعة بابل / كلية العلوم  
التاريخ :

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. ندى فاضل توفيق  
المرتبة العلمية : أستاذ مساعد  
العنوان : جامعة النهريين / كلية العلوم  
التاريخ :

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :

الاسم : أ.د. بهاء الدين حسين معروف  
المرتبة العلمية : أستاذ  
العنوان : منظمة الطاقة الذرية/قسم البيئية  
التاريخ :

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :

الاسم : أ.د. فلاح حسن حسين  
المرتبة العلمية : أستاذ  
العنوان : جامعة بابل / كلية العلوم  
التاريخ :

مصادقة عمادة كلية العلوم

التوقيع

أ.م. عودة مزعل ياسر  
عميد كلية العلوم

2003 / /

بسم الله الرحمن الرحيم  
شكر وتقدير

الحمد لله مستحق الحمد حتى الانقطاع و موجب الشكر بأقصى ما يستطيع وصلى الله على محمد خير من افتتحت بذكره الدعوات واستنجدت به الطلاب وعلى آله الذين هم سفينة النجاة و القادة الهداة .

أماً بعد فإن الشكر قيد النعمة ومفتاح المزيد وقد وجب عليّ في نهاية بحثي هذا أن أتقدم بالشكر والامتنان إلى كل من الاستاذ الدكتور فلاح حسن حسين والاستاذ الدكتور بهاء الدين حسين معروف لتفضلهما بالإشراف على الرسالة ولتوجيهاتهما السديدة ومتابعتهما العلمية المستمرة طيلة مراحل البحث .

وكذلك أتقدم بالشكر الجزيل إلى السيد رئيس جامعة بابل المحترم و أتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ المساعد الدكتور خالد حسين هاتف العطية كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى عمادة كلية العلوم وقسم الفيزياء في جامعة بابل لما قدموه من دعم وتسهيلات لطلبة الدراسات العليا .  
و أود أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى منتسبي مختبر البيئة في منظمة الطاقة الذرية العراقية ومنتسبي مكتبتها المركزية . و اعبر أيضاً عن امتناني إلى منتسبي المكتبة المركزية في جامعة بغداد و لا انسى أن اعبر عن تقديري إلى أساتذة قسم الفيزياء في جامعة بغداد أخص بالذكر الدكتورة آسيا حميد المشهداني والست اسماء وأشكر منتسبي المكتبة المركزية جامعة بابل وأخص بالذكر الست صحراء والست خالدة والست ريم .  
و لا يفوتني ان أتقدم بالشكر الجزيل الى كل طلبة الدراسات العليا في قسم الفيزياء .  
لهم جميعاً أكرر شكري سائلاً العلي القدير ان يوفقهم

والله الموفق

## مرضى

## الخلاصة

إنّ العمل المنجز في هذه الرسالة قد تم في منظمة الطاقة الذرية العراقية بنسبة 70% وفي جامعة بابل / كلية العلوم/ قسم الفيزياء بنسبة 30% للمدة من تشرين الثاني 2001 ولغاية تشرين الثاني 2002 بإشراف ا. د. فلاح حسن حسين و ا. د. بهاء الدين حسين معروف وباستثناء ما مشار إليه بمصدر معين فإنّ المعلومات الموجودة من نتاج الباحث وإنّها لم تقدم لنيل درجة علمية أخرى سابقاً .

تم خلال هذا البحث استخدام تقنية تحليل أطياف أشعة كاما لقياس نوع ومقدار النويدات المشعة في نماذج المياه الجوفية والسطحية ونماذج رواسب باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة. إذ تم جمع نماذج المياه السطحية و الجوفية و الرواسب من مناطق مختلفة من محافظة بابل بالاعتماد على الخارطة الإدارية للمحافظة فتم جمع خمسة نماذج من المياه السطحية من نهر الفرات ( شط الحلة) و اربعين نموذجاً من المياه الجوفية وكانت على مرحلتين حيث جمعت ثلاثين نموذجاً في المرحلة الاولى و منها تم تحديد مواقع النشاط الإشعاعي و على ضوء ذلك جمعت عشرة نماذج للمرحلة الثانية . و من ثم جمع خمسة نماذج من الرواسب من أبار تحوي على نشاط إشعاعي وأخرى لا تحوي على نشاط إشعاعي لغرض المقارنة .

أثبتت الدراسة و جود نشاط إشعاعي طبيعي لبعض نماذج المياه الجوفية في مناطق مختلفة من محافظة بابل . و وجود بعض نظائر سلسلة انحلال اليورانيوم -238 (الراديوم-226 والرصاص-214 و البزموت -214) . ووجود نظير الرصاص-212 العائد لسلسلة الثوريوم-232 في نموذج واحد .

تراوح تركيز الراديوم-226 ما بين دون مستوى التحسس و  $8.6 \pm 18.4$  بكرل\التر في منطقة الكفل . أما نظائر الرصاص-214 والبزموت-214 فكانت تتراوح ما بين مستوى التحسس و  $6.72 \pm 2.4$  ،  $2.1 \pm 9.8$  بكرل\ لتر على التوالي في منطقتي القاسم و الكفل . أما نظير الرصاص-212 فكان تركيزه في نموذج واحد فقط في منطقة الكفل بحدود  $1,1 \pm 3.2$  بكرل\ لتر .

إن جميع النتائج تُشير إلى أنّ هذه التراكيز ضمن الحدود المسموح بها للاستخدامات المنزلية و الزراعية و عند مقارنة نتائج القياس مع ما منشور عالمياً في الوكالة الدولية للطاقة الذرية والبحوث العالمية والمحلية وجد أنها ضمن الحدود المسموح بها للاستخدامات المنزلية والزراعية. أظهرت نتائج قياس النشاط الإشعاعي لنماذج المياه السطحية أنّ النشاط الإشعاعي للنماذج المقاسة أقل من تحسس الجهاز بحدود (0.5 بكرل\ لتر) .

بينت نتائج قياس نماذج الرواسب وجود نظائر مشعة طبيعية تعود إلى سلسلتي اليورانيوم-238 و الثوريوم-232 و نظير البوتاسيوم-40 و أظهرت النتائج ارتفاع تراكيز نظائر الراديوم-226 والرصاص-214 والبزموت-214 في منطقتي الكفل والقاسم ولكنها ضمن الحدود المسموح بها عالمياً.

حسب تركيز الراديوم-226 في التربة والنتاج من استخدام المياه الجوفية للسقي اعتماداً على ذلك حسب تركيز الرادون-222 في الهواء وكذلك حسب تركيز الراديوم في النباتات والمنتجات الحيوانية باستخدام النماذج الرياضية. و حسب ذلك الجرعة الناتجة من استهلاك النباتات والمنتجات الحيوانية و الجرعة الناتجة من استنشاق غاز الرادون ووجد أنها ضمن الحدود المسموح بها.



## المحتويات

| الصفحة                       | الموضوع                                       | التسلسل |
|------------------------------|---|---------|
| <b>الفصل الأول - المقدمة</b> |   |         |
| 1                            | مقدمة عامة                                    | 1-1     |
| 2                            | النشاط الإشعاعي                               | 2-1     |
| 2                            | أنواع الأشعة                                  | 3-1     |
| 2                            | دقائق الفا                                    | 1-3-1   |
| 2                            | دقائق بيتا                                    | 2-3-1   |
| 2                            | أشعة كاما                                     | 3-3-1   |
| 3                            | مصادر النشاط الإشعاعي                         | 4-1     |
| 3                            | مصادر النشاط الإشعاعي الطبيعي                 | 1-4-1   |
| 3                            | الأشعة الكونية                                | 1-1-4-1 |
| 4                            | النويدات المشعة المتولدة نتيجة الأشعة الكونية | 2-1-4-1 |
| 4                            | النويدات المشعة ذات المنشأ الأرضي             | 3-1-4-1 |
| 10                           | مصادر النشاط الإشعاعي الصناعي                 | 2-4-1   |
| 10                           | التفجيرات النووية                             | 1-2-4-1 |
| 10                           | إنتاج الطاقة الكهرونووية                      | 2-2-4-1 |
| 10                           | استخدام القذائف الحاوية على اليورانيوم المنضب | 3-2-4-1 |
| 11                           | اليورانيوم                                    | 5-1     |
| 11                           | الثوريوم                                      | 6-1     |
| 12                           | حالات التوازن الإشعاعي                        | 7-1     |
| 13                           | التقدير الكمي للإشعاع                         | 8-1     |
| 13                           | التعرض  | 1-8-1   |
| 13                           | الجرعة الممتصة                                | 2-8-1   |

|    |   |          |
|----|---|----------|
| 13 | الجرعة المكافئة                                       | 3-8-1    |
| 14 | النشاط الإشعاعي الطبيعي في المياه الجوفية             | 9-1      |
| 15 | النشاط الإشعاعي الطبيعي في الرواسب                    | 10-1     |
| 16 | التأثير البيولوجي للإشعاع                             | 11-1     |
| 16 | انتقال المواد المشعة من التربة إلى النبات             | 12-1     |
| 17 | معاملات الانتقال                                      | 13-1     |
| 17 | الكواشف النووية                                       | 14-1     |
| 18 | طرائق تحليل الإشعاعات النووية                         | 15-1     |
| 18 | كواشف أشباه الموصلات                                  | 1-15-1   |
| 18 | تفاعل أشعة كاما مع المادة                             | 2-15-1   |
| 18 | تفاعلات اشعة كاما                                     | 3-15-1   |
| 18 | التأثير الكهروضوئي                                    | 1-3-15-1 |
| 19 | تأثير كومبتن  | 2-3-15-1 |
| 19 | إنتاج الزوج   | 3-3-15-1 |
| 20 | المعايير العالمية لتراكيز المواد المشعة في مياه الشرب | 16-1     |
| 20 | المياه الجوفية في منطقة الدراسة                       | 17-1     |
| 21 | جيولوجية منطقة الدراسة                                | 18-1     |
| 23 | الدراسات السابقة للنشاط الإشعاعي                      | 19-1     |
| 23 | الدراسات العالمية السابقة                             | 1-19-1   |
| 25 | الدراسات العربية السابقة                              | 2-19-1   |
| 26 | الدراسات المحلية السابقة                              | 3-19-1   |
| 26 | الهدف من البحث  | 20-1     |

|    |   |       |
|----|---|-------|
| 27 | مميزات كاشف HPGe  | 1-2   |
| 28 | مميزات طريقة الكشف  | 2-2   |
| 28 | منظومة الكشف والتحليل   | 3-2   |
| 28 | كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة  | 1-3-2 |
| 28 | المضخم الابتدائي  | 2-3-2 |
| 29 | المضخم الرئيسي  | 3-3-2 |
| 30 | مجهر الفولتية العالية   | 4-3-2 |
| 30 | محلل الحاسوب الشخصي   | 5-3-2 |
| 30 | القياسات العملية  | 4-2   |
| 30 | قابلية الفصل الطاقى للكاشف  | 1-4-2 |
| 32 | معايرة الطاقة   | 2-4-2 |
| 33 | معايرة الكفاءة  | 3-4-2 |
| 34 | الأمر التي تم مراعاتها عند القياس                                       | 5-2   |
| 34 | قياس الخلفية الإشعاعية  | 1-5-2 |
| 34 | الشكل الهندسي للأنموذج  | 2-5-2 |
| 35 | التحليل النوعي و الكمي  | 6-2   |
| 35 | حساب النشاط الإشعاعي للراديووم-226 في التربة وغاز الرادون-222 في الهواء | 7-2   |
| 36 | موقع منطقة الدراسة  | 8-2   |
| 38 | جمع النماذج المدروسة  | 9-2   |
| 38 | تحضير النماذج   | 10-2  |

|                                  |  |        |
|----------------------------------|--|--------|
| 38                               | التجفيف                                      | 1-10-2 |
| 38                               | الطحن  | 2-10-2 |
| الفصل الثالث – النتائج والمناقشة |  |        |
| 39                               | نتائج التحاليل النوعية                       | 1-3    |
| 40                               | نتائج التحاليل الكمية                        | 2-3    |
| 40                               | نتائج تحاليل المياه السطحية                  | 1-2-3  |
| 41                               | نتائج تحاليل المياه الجوفية                  | 2-2-3  |
| 46                               | نتائج تحاليل الرواسب                         | 3-2-3  |
| 49                               | حساب النشاط الإشعاعي في التربة               | 3-3    |
| 50                               | النماذج الرياضية                             | 4-3    |
| 52                               | النشاط الإشعاعي في النباتات                  | 1-4-3  |
| 53                               | النشاط الإشعاعي في اللحوم و الحليب           | 2-4-3  |
| 54                               | النشاط الشعاعي للرادون –222 في التربة        | 3-4-3  |
| 54                               | حساب الجرع                                   | 5-3    |
| 54                               | الجرعة السنوية الناجمة من شرب المياه الجوفية | 1-5-3  |
| 55                               | الجرعة الناتجة من استهلاك الخضراوات          | 2-5-3  |
| 56                               | الجرعة الناتجة من استهلاك الحليب و اللحم     | 3-5-3  |
| 57                               | الجرعة الناتجة من الاستنشاق                  | 4-5-3  |
| 58                               | الاستنتاجات                                  | 6-3    |
| 59                               | التوصيات و العمل المستقبلي                   | 7-3    |
| 60                               | المصادر                                      |        |

# الفصل الأول

## المقدمة Introduction

### 1-1: مقدمة عامة General Introduction

اكتشف العالم هنري بكريل (Becquerel) عام 1896 أنّ هناك عدد من المواد الفسفورية تتوهج لبرهة بعد تعرضها للشمس أو أي مصدر للإشعاعات الضوئية ، ولاحظ بطريق الصدفة توهج ملح اليورانيوم الفسفوري وانبعثت طاقة منه (الإشعاع) وبعد عدة تجارب اكتشف بكريل أنّه يمكن أن ينبعث من ملح اليورانيوم إشعاع ذو قوة نفاذة حتىّ في حالة عدم تعرضه لضوء الشمس وبعبارة أخرى تحدث العملية بصورة ذاتية<sup>(1)</sup>.

و قد اكتشفت ماري كوري (Curie) أنه ليس اليورانيوم يبعث إشعاعاً فقط و إنما هناك العديد من المواد التي لها قابلية الإشعاع مثل (البولونيوم – الراديوم)<sup>(1)</sup>. حفزت هذه الاكتشافات الكثير من العلماء الى فهم ظاهرة النشاط الإشعاعي وبعد عدة سنوات اثمرت جهودهم و اشاروا الى أنّ ذرات المواد المشعة يمكنها أن تتحطم وينبعث منها نوع من الاشعة لها القدرة على تأين ذرات الوسط التي تمر فيه<sup>(1)</sup>.

في حقبة اكتشافات النشاط الإشعاعي الاولى لم يكن يعرف العلماء مخاطر هذا الإشعاع مما ادى ذلك الى اصابة عدد من هؤلاء العلماء بمرض السرطان<sup>(2)</sup>. واخذ بعدها موضوع الوقاية من تأثير الإشعاع يتطور و لا سيما بعد فهم التأثير الناجم من التعرض للإشعة المؤينة . إذ تم تشكيل لجان علمية و جمعيات في بعض الدول لغرض دراسة اثار التعرض للإشعاع والحد منه، و تضافرت جهود الدول و شكلت لجان دولية مثل اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع International Commission on Radiological Protection (ICRP) و لجنة الوكالة الدولية للطاقة الذرية International Atomic Energy Agency (IAEA) و المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع و القياسات في الولايات المتحدة National Council on Radiation Protection (NCRP) و لجنة الامم المتحدة العلمية حول تأثيرات الإشعاع المؤين United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) و اصدرت هذه المنظمات توصياتها في مجال العمل على المصادر المشعة و وضعت الحدود القصوى المسموح بها .

### 2-1: النشاط الإشعاعي Radioactivity

أنّ العديد من النظائر المشعة التي تتكون بصورة طبيعية أو المصنعة من قبل الانسان لها خاصية النشاط الإشعاعي وهو عبارة عن انحلال تلقائي للنوى غير المستقرة . وتحدث هذه الظاهرة في المواد الموجودة في باطن الارض والهواء والماء وجسم الانسان وكل ما يحتوي على العناصر المشعة .

### 3 – 1 : انواع الاشعة Radiation Types

ينبعث الإشعاع المؤين بأشكال مختلفة و يبين الجدول 1 – 1 أهم أنواع الاشعة وخواصها<sup>(3)</sup> و تعتمد مديات الاشعة المؤينة على طاقاتها ولهذه الاشعة قابليات اختراق مختلفة للمواد ولطاقاتها قابليات مختلفة لاحداث تغيير في الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمادة غير الحية أو المادة الحية و تقسم على عدة انواع من أهمها دقائق الفا و دقائق بيتا و اشعة كاما .

### 1 – 3 – 1: دقائق الفا Alpha Particles

هي عبارة عن نواة ذرة الهليوم تنبعث من نوى العناصر غير المستقرة وتكون لها قابلية اختراق قليلة ولا تستطيع المرور عبر عدة صحائف من الورق .

### 1-3-2: دقائق بيتا Beta Particles

هي عبارة عن جسيمات عالية الطاقة تتولد من داخل النواة وتمتلك خواص الالكترونات والفرق الاساسي بينها وبين الالكترونات يتمثل في أن الالكترونات تنبعث من الذرات بينما تنبعث جسيمات بيتا من داخل النواة . قابليتها على اختراق المواد اعلى من دقائق الفا .

### 1-3-3: أشعة كاما Gamma Ray

هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية بطول موجي قصير جدا يتراوح بين  $10^{-10}$  و  $10^{-11}$  سم أو اقل و لا تسبب عند انطلاقها من النواة تغيراً في العدد الكتلي والعدد الذري وغالبا ما يتبع انحلال الفا وبيتا انبعاث اشعة كاما وهي تنشأ من داخل النواة . و تكون قابليتها على اختراق الأجسام اكبر بكثير من اشعة الفا وبيتا ، أما قابليتها على احداث التأين فقليلة بالقياس الى أشعة الفا وبيتا .

الجدول 1-1 : أنواع الأشعة المؤينة وخواصها .

| الاشعاع                            | نوعه               | الكتلة (وحدة الكتل الذرية) | الشحنة  | المدى في الهواء | المدى في النسيج |
|------------------------------------|--------------------|----------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| الفا ( $\alpha$ )                  | نوى ذرة الهليوم    | 4.002603                   | 2+      | 3 سم            | 0.04 ملم        |
| بيتا ( $\beta$ )                   | الإلكترونات        | $5,5 \times 10^{-4}$       | 1- او 1 | 3م              | 5 ملم           |
| الأشعة السينية واشعة كاما $\gamma$ | أشعة كهرومغناطيسية | صفر (السكونية)             | صفر     | كبير جدا        | خلال الجسم      |

### 1-4-4: مصادر النشاط الإشعاعي Sources of Radioactivity

تقسم مصادر النشاط الإشعاعي التي يتعرض لها الإنسان على قسمين : مصادر طبيعية وأخرى صناعية(4) استنادا إلى نشئتها .

#### 1-4-1-1: مصادر النشاط الإشعاعي الطبيعي

#### Natural Radioactivity Sources

تقسم مصادر النشاط الإشعاعي الطبيعي على ثلاثة انواع رئيسية هي : الأشعة الكونية والنويدات المشعة المتولدة نتيجة الاشعة الكونية و النويدات المشعة ذات المنشأ الأرضي .

#### 1-4-1-1-1: الاشعة الكونية Cosmic Ray

ينشأ القسم الأعظم من الأشعة الكونية من اعماق النجوم في الفضاء في حين يتحرر بعضها الأخر من الشمس اثناء الانفجارات الشمسية . تتألف هذه الاشعة من 87% بروتونات و 11% دقائق الفا و 1% تقريبا نوى ذرات يتراوح عددها الذري بين 4-26 و 1% الکترونات عالية الطاقة (5-6) .

### 2-1-4-1: النويدات المشعة المتولدة نتيجة الأشعة الكونية

#### Cosmogenic Radionuclides

تنتج هذه النويدات من التفاعل الناشئ بين الأشعة الكونية وجو الأرض وتشمل هذه النويدات المشعة التريتيوم والبريليوم-7 والكربون-14 و تكون كمية هذه النظائر المشعة قليلة في البيئة وتسبب جرعة تعرض داخلي واطى جدا وتمتاز هذه النظائر المشعة بأن لها عمر نصف اقل بكثير من الارض زيادة على ان عددها الذري واطى<sup>(5)</sup>.

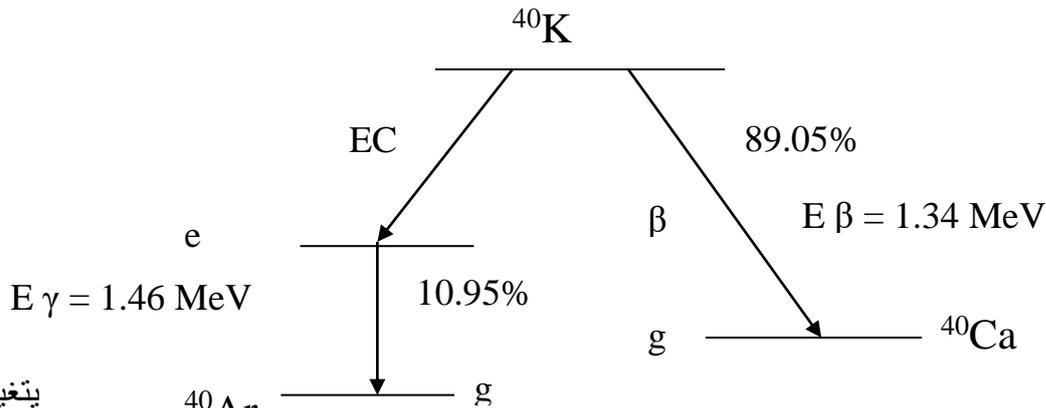
### 3-1-4-1: النويدات المشعة ذات المنشأ الأرضي

#### Primordial Radionuclides

يعتمد النشاط الإشعاعي في التربة على النشاط الإشعاعي في الصخور التي كونت التربة وعلى الفعاليات الكلية التي حدثت لتكوين التربة ، لقد كان هناك عدداً كبيراً من النويدات المشعة التي اضمحلت مع مرور الزمن ، أما ما تبقى الى يومنا هذا من النويدات المشعة ذات المنشأ الأرضي فتمتلك عمراً أكبر من عمر الأرض و تقسم مصادر النويدات المشعة ذات المنشأ الأرضي الى قسمين (5) هما :

#### 1 - مفردة Non-Series

هي نظائر بعمر يقارب نصف عمر الأرض و تتميز بأنها تتحلل الى نظير مستقر و اهم هذه النظائر المشعة المفردة هو البوتاسيوم-40 الذي يبلغ نصف عمره  $10 \times 1.28 \times 10^9$  سنة . و يتميز هذا النظير باحتوائه على خط كامي مفرد ذي طاقة  $10 \times 1460 \times 10^3$  الكترون فولت. والمخطط في ادناه يبين انحلال البوتاسيوم -40<sup>(7)</sup>



يتغير  
التربة التي لها  
علاقة وثيقة  
بطبيعة الصخر  
الام و عوامل

تركيز البوتاسيوم في التربة تبعاً لطبيعة

#### المخطط 1-1: انحلال البوتاسيوم المشع - 40

الحث ، و يزداد هذا التركيز في بعض المناطق الزراعية نتيجة استخدام الأسمدة الفوسفاتية .  
أما في المياه فيعتمد تركيزه على نوع مصدر المياه ، فمياه البحر تحوي أكبر تركيزاً للبوتاسيوم في حين أنّ المياه العذبة تحتوي على تركيزٍ قليلٍ جداً و في بعض الاحيان تحوي المياه الجوفية على تراكيز قليلة أيضاً<sup>(5)</sup>.

## ب - السلاسل المشعة Series Radionuclides

تتميز النظائر المشعة التي تنتمي الى احد هذه السلاسل بأعمار نصف مختلفة ولا يقل العدد الذري لأي منها عن العدد الذري للرصاص . و توجد في الطبيعة أربع سلاسل مشعة هي اليورانيوم و الثوريوم و الاكتينيوم و النبتونيوم . إذ تبعت هذه السلاسل اشعة الفا بصورة رئيسية إضافة الى اشعة بيتا و كما كما هو موضح في الجدول 1-2<sup>(3)</sup>.

الجدول 1-2: خصائص السلاسل المشعة .

| الرمز | العنصر المستقر | عمر النصف (سنة)       | السلسلة        |
|-------|----------------|-----------------------|----------------|
| 2+4N  | الرصاص-206     | $4.15 \times 10^9$    | اليورانيوم-238 |
| 3+4N  | الرصاص-207     | $7.13 \times 10^8$    | اليورانيوم-235 |
| 4N    | الرصاص-208     | $1.39 \times 10^{10}$ | الثوريوم-232   |
| 1+4N  | البزموت-209    | $2.2 \times 10^6$     | النبتونيوم-237 |

### 1- سلسلة اليورانيوم-238 Uranium Series -238

يوجد اليورانيوم على هيئة ثلاثة نظائر في الطبيعة و يقصد باليورانيوم هو النظير 238- الذي يعدُّ النويذة الأم لسلسلة اليورانيوم-238 و إن وفرته نسبة الى نظائره في الطبيعة بحدود 99.28% و تنتهي بالرصاص المستقر -206 و يرمز لهذه السلسلة بالرمز (4N+2) و تتراوح قيم (ن) بين 51 و 59 كما في الشكل 1-1<sup>(2)</sup>. و تعد اطول السلاسل واكثر وفرة في الطبيعة و أهم عناصر هذه السلسلة :

#### i - الراديوم - 226 Radium -226

هو احد العناصر القلوية الترابية في الطبيعة على هيئة أربعة نظائر مشعة هي الراديوم-226 و الراديوم-228 و الراديوم-224 و الراديوم-223 و عادة يقصد بالراديوم نظير الراديوم -226 الذي يمتلك عمر نصف طويل 1622 سنة ، الذي يعد هو ووليداته اهم النويدات المشعة الطبيعية المسؤولة عن نسبة كبيرة من الجرعة الإشعاعية من التي يتلقاها الإنسان من المصادر الطبيعية<sup>(8)</sup>. إن تركيز الراديوم يتغير من موقع الى آخر اعتمادا على طبيعة تكوين التربة<sup>(9)</sup>. أما تركيزه في الماء فيتغير اعتمادا على نوع مصدر المياه حيث أن المياه السطحية تحوي على تراكيز واطئة جدا بالقياس إلى تركيزه في المياه الجوفية التي يكون فيها الراديوم عالياً معتمدا على الطبيعة الجيولوجية المكونة للمكمن الجوفي<sup>(9,10)</sup>.

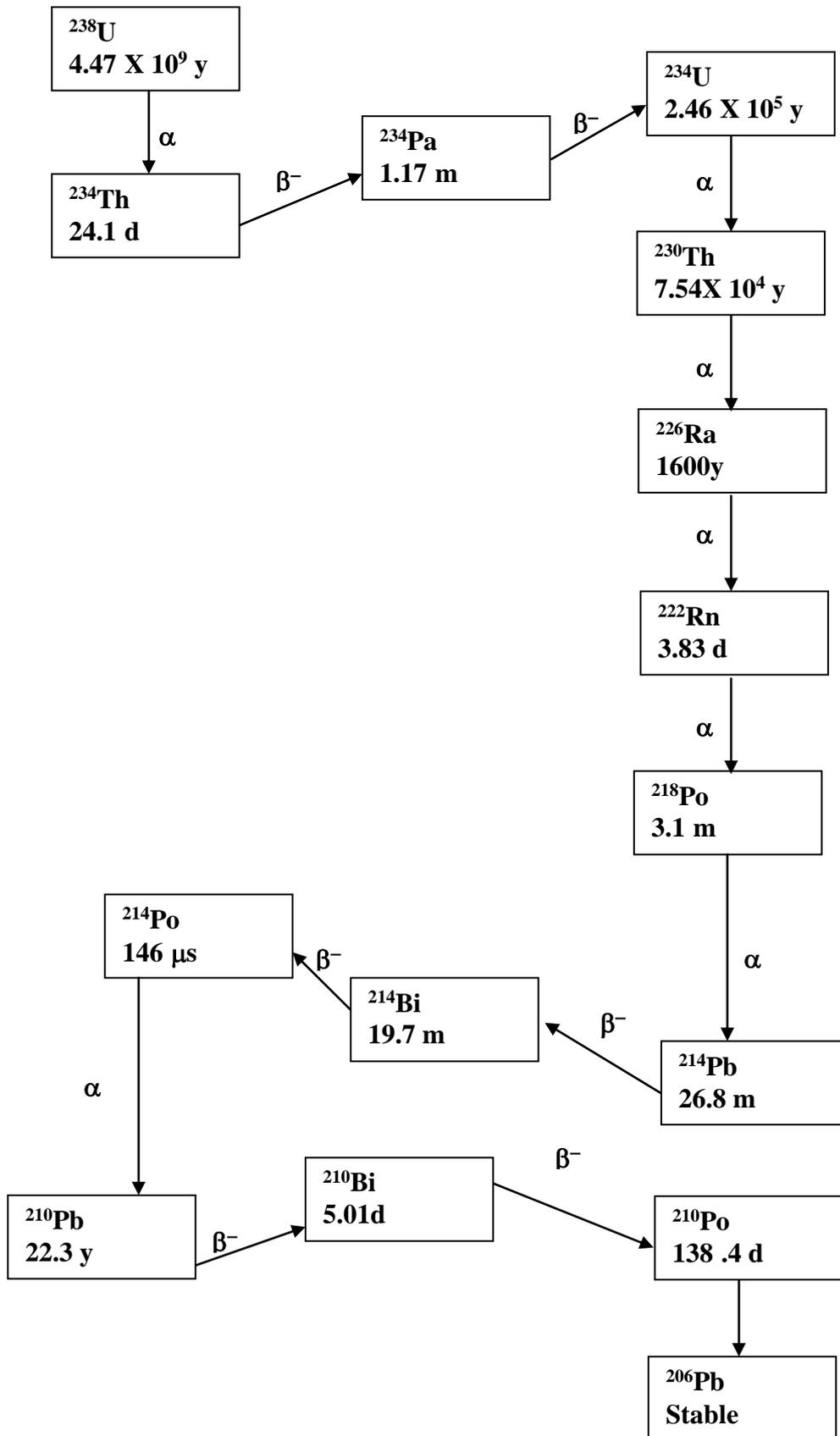
#### ii- الرادون -222 Radon-222

يكون غاز الرادون -222 عديم اللون والطعم و الرائحة وهو غاز خامل له عمر نصف 3.8 يوم . وهو يتولد نتيجة انحلال الراديوم-226 الموجود في التربة. ويعتمد تركيزه في الجو على نفاذه من التربة الى الهواء . وتسبب وليدات غاز الرادون -222 المشعة جرعا اشعاعية عالية عن طريق الاستنشاق<sup>(4)</sup>.

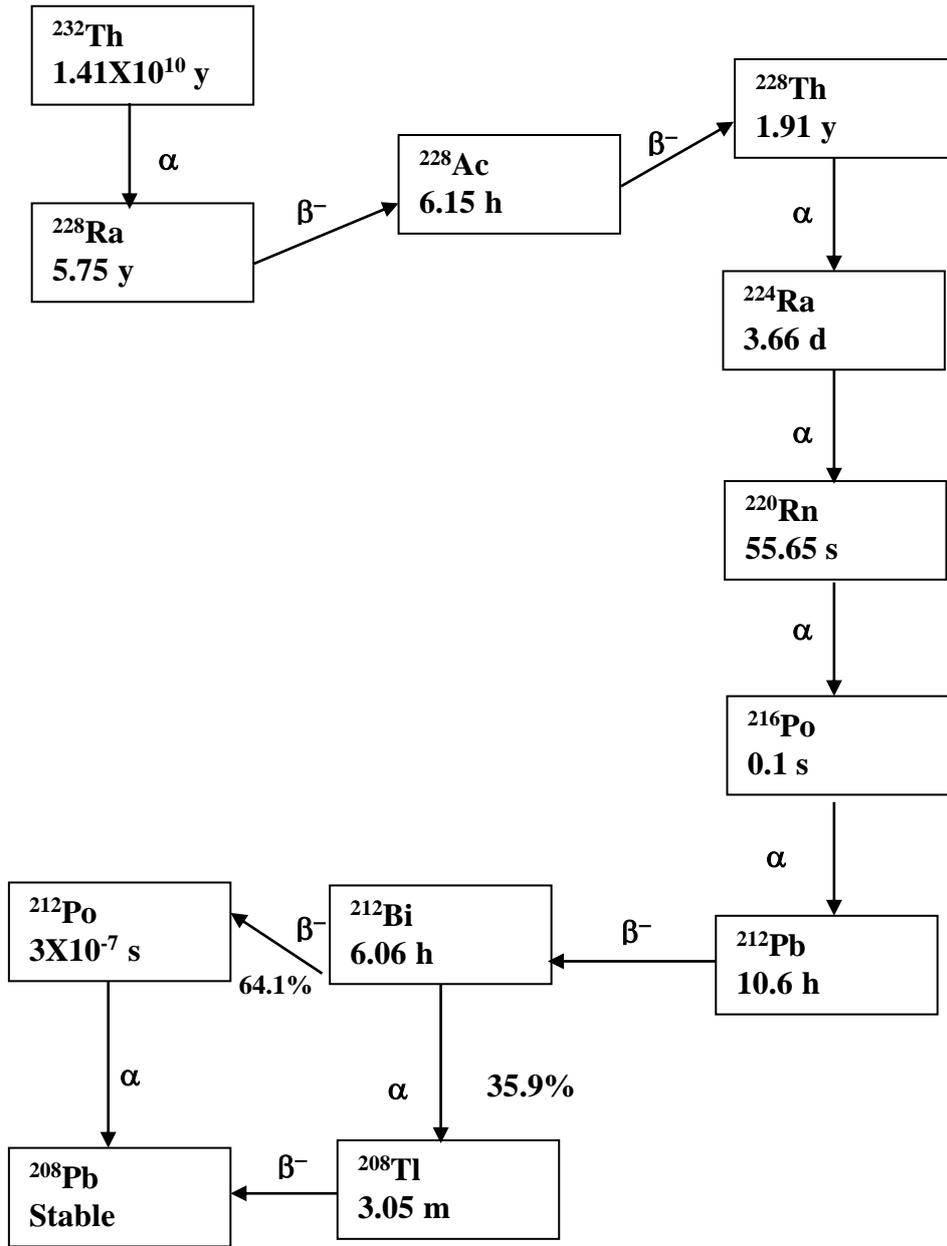
### 2 - سلسلة الثوريوم -232 Thorium Series -232

تبدأ بنظير الثوريوم - 232 و تنتهي بالرصاص المستقر -208 كما موضح في الشكل 1-2<sup>(2)</sup> و يرمز لها (4N) حيث (ن) عدد صحيح يتراوح بين 52 و 58 . و يوجد الثوريوم في القشرة

الأرضية على شكل أكاسيد كما هو الحال في فلز المسمى بالمونازايت و تتميز أكاسيد الثوريوم بقلة انحلالها في الماء و لهذا فإن وجود الثوريوم في الأجسام الحية من نبات أو حيوان منخفض جداً إذ لا ينتقل بشكل فعال إلى النباتات ، أما تواجده في المياه فيكون بتركيز منخفض جداً بالقياس إلى تراكيز اليورانيوم بسبب انخفاض ذوبانه في الماء<sup>(9)</sup> .



الشكل 1-1: سلسلة انحلال اليورانيوم-238.



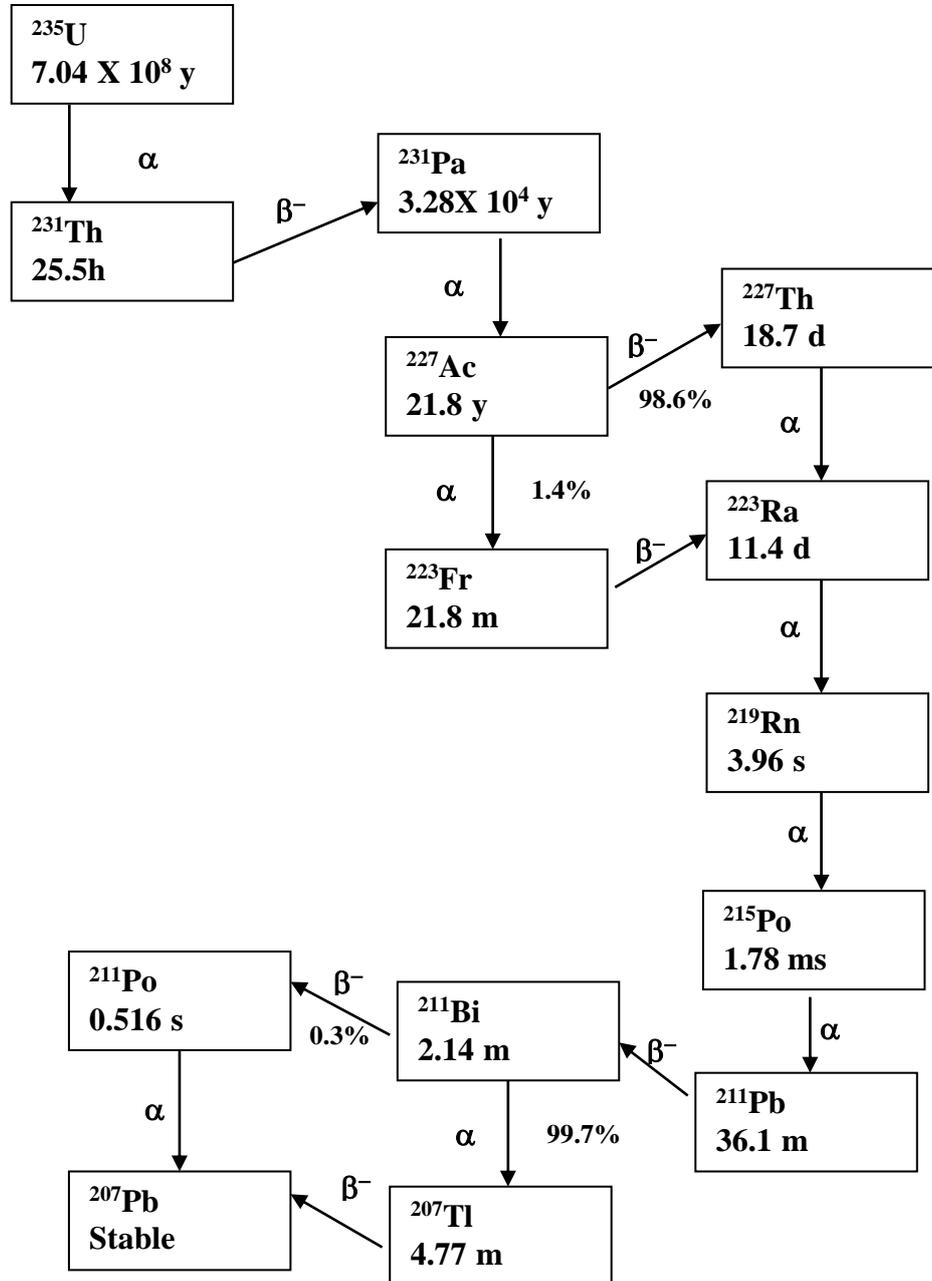
الشكل 1-2: سلسلة انحلال الثوريوم-232.

### Actinum Series –235

### 3 - سلسلة الاكتينيوم –235

تبدأ هذه السلسلة باليورانيوم-235 و تنتهي بالرصاص المستقر-207 ، وفرته بالطبيعة نسبة الى نظائر اليورانيوم بحدود 0.72% و يرمز لهذه السلسلة (4ن+3) حيث ( ن ) عدد صحيح يتراوح بين 51 و 58 كما هو موضح في الشكل 1-3<sup>(2)</sup>.

يلاحظ مما سبق عدم وجود سلسلة طبيعية للعناصر المشعة التي تحمل الرمز (4ن+1) هذه السلسلة موجودة لكنها اضمحلت كلياً ، و تسمى النيتونيوم-237 الذي له عمر نصف  $2.2 \times 10^6$  سنة ، قد اكتشفت هذه السلسلة في بعض اطياف النجوم<sup>(1)</sup> .



الشكل 1-3: سلسلة انحلال اليورانيوم-235 .

## 2-4-1 : مصادر النشاط الإشعاعي الصناعي

### Artificial Radioactivity Sources

توجد عدة مصادر للإشعاع أضافها الإنسان إلى الطبيعة<sup>(4)</sup> وأهم هذه المصادر التفجيرات النووية و إنتاج الطاقة الكهرونووية و استخدام الاسلحة الحاوية على مواد مشعة .

#### 1-2-4-1 : التفجيرات النووية

عندما يجري تفجير سلاح نووي فإن التفجير يلتقط جزيئات من تراب الأرض والغبار العالق في الهواء ويصهرها فتندمج مع المواد الانشطارية التي يتفاوت عمرها من بضعة ثوان إلى

عدة آلاف من السنين ، فتنساقط الجزيئات الكبيرة بالقرب من مكان الانفجار على حين تستمر الجزيئات الصغيرة بالصعود إلى الأعلى معتمدة على قوة التفجير وحركة الهواء، لا سيما النظائر ذات عمر نصف طويل يمثل الغبار النووي المتساقط من التفجيرات اهم مصادر تلوث البيئة بالمواد المشعة ويعطي تلوثا داخليا وخارجيا للإنسان يفوق كثيرا مصادر التلوث الأخرى و من اهم هذه النظائر المشعة هو السيزيوم-137 (5).

#### 1-4-2-2: انتاج الطاقة الكهرونووية

تستعمل الطاقة النووية بالدرجة الأساس لتوليد الطاقة الكهربائية وذلك بتشغيل المحطات الكهرونووية مما يتطلب الحصول على الوقود النووي كاليورانيوم مثلا الذي يستخرج من المناجم ، يحتاج الوقود النووي المستخدم في المحطات الكهرونووية الى وقود نووي يكون اكثر تخصيباً من اليورانيوم الطبيعي لغرض الحصول على تصنيع قضبان الوقود . ينشأ عن تشغيل المحطات الكهرونووية الاف الاطنان من النفايات المشعة وتكمن خطورتها في كونها سامة بالاضافة الى ان بعضها له عمر نصف طويل وهي سريعة الانتشار في البيئة (5).

#### 1-4-2-3: استخدام القذائف الحاوية على اليورانيوم المنضب

ان اليورانيوم هو المادة الأساسية المستخدمة كوقود نووي في المفاعلات النووية . حيث يتم تخصيب اليورانيوم بعمليات معقدة لزيادة تركيز نظير اليورانيوم-235 على نظائر اليورانيوم الأخرى و بقايا المواد المستخدمة تسمى باليورانيوم المنضب (12) . ازدادت النفايات المشعة في الدول الكبرى مثل امريكا و بريطانيا نتيجة لاستمرار عمليات التخصيب لذا سارعت المؤسسات الامريكية في بداية السبعينيات إلى إجراء مجموعة من البحوث للتخلص من تلك النفايات و بتمويل من البنتاغون تم تطوير ما يسمى بقذائف اليورانيوم المنضب . و لقد استخدمت تلك القذائف أول مرة في الحرب ضد العراق عام 1991 اثناء العدوان الثلاثيني مما ادى الى تلوث مناطق القطر بالنفايات المشعة (12).

إن أهم المصادر النووية التي أدت إلى تلوث البيئة العراقية إشعاعيا هي :-

- 1- المتساقطات عالمية النطاق حيث اكتشف تلوث المنطقة الشمالية من العراق بالمواد المشعة نتيجة حادث انفجار محطة تشرنوبل عام 1986 (13) .
- 2- تأثر المنطقة الغربية من القطر بالنشاط النووي الصهيوني حيث دلت القياسات الى زيادة التعرض الإشعاعي (14) .
- 3- استخدام الولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة لقذائف اليورانيوم المنضب ضد الأهداف المدنية و العسكرية في العراق عام 1991 اثناء العدوان الثلاثيني (15) .

#### 1-5: اليورانيوم

يعد اليورانيوم أحد أهم العناصر المشعة الرئيسية في الطبيعة إذ يتواجد بالطبيعة بثلاثة نظائر و هي اليورانيوم- 238 و اليورانيوم-235 و اليورانيوم-234 بنسب (99,27%، 0,72%، 0,005%) على التوالي وجميعها نظائر مشعة طبيعية تشع دقائق ألفا بصورة رئيسية (8) . لا يوجد اليورانيوم في الطبيعة بشكل حر وإنما متحد مع عناصر أخرى ، من اهم خاماته :

- ا- البجلند  $U_3O_8$  وهي صخور ذات لون بنفسجي مسود .
  - ب- اليورانيات  $UO_2$  وتكون على هيئة بلورات كثيفة سوداء .
  - ج- الاوتونايت  $(Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O)$  وهي بلورات لونها اصفر الى اخضر فاتح.
  - د- الكارنوتايت  $(K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot nH_2O)$  وهي بلورات لونها اصفر براق .
  - هـ- التوريرنايت  $(Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8-12H_2O)$  وهي عبارة عن بلورات خضراء اللون.
- إن نسبة تركيز اليورانيوم في القشرة الأرضية بشكل عام تختلف اعتمادا على نوعية صخور القشرة الأرضية (16) .

## 1 - 6: الثوريوم

يُعدُّ الثوريوم - 232 أحدَ العناصر المشعة الرئيسة ويوجد نظير واحد في الطبيعة تكون وفرة تواجدته 100% ، لا يوجد الثوريوم في القشرة الأرضية بصورة طبيعية بل متحد مع عناصر مكوناً أكاسيد مثل المونزايت ومعدن الثورايت . إذ يُعدُّ الثوريوم من العناصر ذات الوجود الضئيل حيث يتواجد بتركيز قليلة في الطبيعة ويختلف تركيزه باختلاف نوع صخور القشرة الأرضية (16) .

## 1-7: حالات التوازن الإشعاعي

### Radioactivity Equilibrium Cases

إنَّ استخدام ما يسمى بتوازن النشاط الإشعاعي يمكننا الى التوصل الى تعريف افضل عند دراسة السلاسل الإشعاعية حيث أنَّ السلاسل تتميز بأعمار أنصاف مختلفة و غالباً ما تمتلك نواة الأم أعمار أنصاف كبيرة من النوييدة الوليدة ، اضمحلال النوييدة الام يؤدي الى نقصانها مقابل ذلك زيادة في النوييدة الوليدة حيث يتساوى معدل إنتاج و اضمحلال النوييدات و عندما يتساوى هاذين المعدلين ، يصبح ناتج الاضمحلال في توازن النشاط الإشعاعي مع نواة الأم . و هناك نوعان من التوازن الإشعاعي.

### 1- التوازن المؤقت Transient Equilibrium

هو الذي يكون فيه عمر النصف للنواة الام اكبر من عمر النصف للنوييدة الوليدة  $\lambda_2 > \lambda_1$  حسب العلاقة الآتية (17-18) :

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1 \quad (1-1)$$

حيث ان  $\lambda_1$  ,  $\lambda_2$  ثابتا اضمحلال للنواة الام و الوليدة على التوالي  $N_1$  ,  $N_2$  عدد الذرات للنواة الام و الوليدة على التوالي.

### ب - التوازن القرني Secular Equilibrium

في هذه الحالة يكون عمر النصف للنوييدة الام اكبر بكثير من عمر النصف للنوييدة الوليدة ( $\lambda_2 \gg \lambda_1$ ) ، أي أنَّ النشاط الإشعاعي للنوييدة الوليدة يساوي النشاط الإشعاعي للنوييدة الام بعد مرور مدة زمنية و عالية فإنَّ قانون التوازن يعطى بالعلاقة الآتية (17-18) :

$$N_1 \lambda_1 = N_2 \lambda_2 \quad (1-2)$$

و تعد هذه الحالة الشائعة في قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي للنوييدات المشعة مثل اليورانيوم و الثوريوم . و لا يتم القياس إلا بعد أن تُصلَّ النواة الوليدة الى حالة التوازن القرني .

## 1-8: التقدير الكمي للإشعاع

لقد تم وصف التغيرات الكمية للإشعاع في النظام العالمي System International (SI) و هو النظام الحديث إلا أنَّ هناك الكثير من الوحدات التي مازالت تستخدم الجدول 1-3 (18,19) . يبين كميات القياس و الوحدات التي تعبر عنها في النظام القديم والحديث .

### 1-8-1: التعرض Exposure

و هو مقدار التآين الحاصل بفعل الأشعة السينية و اشعة كاما و تستخدم وحدة الرونتغن ( Roentgen ) و تعرف كمية الإشعاع اللازم لتوليد وحدة كهروستاتيكية واحدة من الشحنة في واحد سم مكعب من الهواء تحت ظروف قياسية .

### 1-8-2: الجرعة الممتصة Absorbed Dose

هي الطاقة المترسبة في أي وسط من كل أنواع الأشعة المؤينة و تقاس بوحدات الراد ( Rad ) و في النظام العالمي تستخدم وحدة الكري ( Gray ) .

### 3-8-1 : الجرعة المكافئة Equivalent Dose

هي مقدار التأثير البيولوجي للإشعاع و يساوي حاصل ضرب الجرعة الممتصة بعامل التأثير البيولوجي و تستخدم وحدة (rem) وفي النظام العالمي استخدمت وحدة سيفرت (Severt).  
الجدول 1 - 3: كميات الإشعاع والوحدات المعبر عنها في النظامين القديم والحديث (SI) والعلاقة بينهما .

| الكميات         | الوحدات SI                   | الوحدات الأخرى                             | العلاقة بين الوحدات                    |
|-----------------|------------------------------|--|--|
| النشاط الإشعاعي | بكرل = انحلال\ثانية          | كيسوري = $10 \times 3.7$<br>انحلال \ ثانية | بكرل = $10^{-11} \times 2.7$<br>كيسوري |
| التعرض          | كولوم \ كغم                  | رون-تكن = $10 \times 2.58$<br>كولوم\كغم    | 1 كولوم \كغم = 3876                    |
| الجرعة الممتصة  | كري = جول \كغم               | راد = $10^{-2}$ جول\كغم                    | 1كري = 100 راد                         |
| الجرعة المكافئة | سيفرت = 1 كري × عامل النوعية | ريم = 1 راد × عامل النوعية                 | 1 سيفرت = 100 ريم                      |

### 1 - 9: النشاط الإشعاعي الطبيعي في المياه الجوفية

#### Natural Radioactivity in Underground Water

يكون تركيز اليورانيوم والثوريوم في المياه  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$  مرة اقل من تركيزهما في التربة والصخور و يعتمد نشاطهما الإشعاعي في المياه الجوفية على نوع وطبيعة الأساس الجيولوجي والطبوغرافي لمنطقة وجود المياه<sup>(5)</sup>.

إن انحلال النظائر المشعة من التربة والصخور الملامسة للمكمن المائي وذوبانها في الماء يُعدُّ مصدرًا رئيسياً طبيعياً للنشاط الإشعاعي للماء. إذ وجد أن بعض آبار المياه الجوفية تحوي على تراكيز عالية لليورانيوم في بعض بلدان العالم، مثل فنلندا حيث يصل إلى 200 بكرل\تر ويعزى سبب ذلك الى وجود بعض المناطق الغنية باليورانيوم<sup>(5)</sup>.

إن من اهم النظائر المشعة الموجودة في المياه هو نظير الراديوم - 226 و الذي يُعدُّ اخطرَ نظير مشع بسبب عمر نصفه الطويل ووجوده مقترن مع ترسبات المياه الجوفية و إن حركة المياه داخل المكمن الجوفي تؤدي الى حث وتعرية الصخور والتربة الملامسة للمياه مما يؤدي الى توليد ايونات تتحد مع جذور بعض العناصر مكونة مركبات غير ذائبة للراديوم في المياه وتترسب في الوسط ، الحالة الوحيدة التي يبقى فيها الراديوم ذائبا في المياه عندما يتحد مع جذور الكلور مكونا كلوريد الراديوم<sup>(20-21)</sup>.

يتغير تركيز الراديوم من موقع الى آخر ، فمثلا بلغ تركيز الراديوم في امريكا بحدود  $10 \times 37$  بكرل\تر<sup>(22)</sup> في حين لا يتجاوز تركيزه 45 بكرل\تر في الدول الاسكندنافية<sup>(23)</sup> بينما يتراوح تركيزه في بعض البلدان مثل فرنسا و بولونيا و سلوفينا بين 0,001 - 0,6 بكرل\تر<sup>(24)</sup>.

و قد اثبتت دراسات عديدة أن المياه الجوفية تحوي على تراكيز من الراديوم اعلى بعدة اضعاف مما في المياه السطحية ، وذلك لأن المياه الجوفية تتحرك بصورة أبطأ خلال الطبقات الصخرية التي تحتوي على الراديوم الذي يذوب اثناء انتقاله خلال هذه الطبقات وبذلك يرتفع تركيز الراديوم في المياه الجوفية<sup>(9)</sup>.

تتميز أكاسيد الثوريوم بقلّة ذوبانها في الماء ولهذا فإن وجود الثوريوم في الأجسام الحية من نبات أو حيوان منخفض جدا ولا يوجد الثوريوم في المياه الا بتراكيز منخفضة جدا عند مقارنة بتراكيز اليورانيوم<sup>(5)</sup>.

## 1 - 10 : النشاط الإشعاعي الطبيعي في الرواسب

### Natural Radioactivity in Sediment

تنتشر المواد المشعة في القشرة الأرضية انتشارا كبيرا وتوجد في أغلب الصخور والتراب المكونة لقشرة الأرض و بنسب متفاوتة . و يعتمد تركيز النظائر المشعة الطبيعية في الرواسب الى حد كبير على نوع وطبيعية تركيب مكونات التربة . و يعتمد النشاط الإشعاعي في التربة على النشاط الإشعاعي في الصخور التي كونت التربة (اصل التربة ) وعلى الفعاليات الكلية التي حدثت لتكوين التربة(21) .

إن تركيز اليورانيوم في المناطق التي تحوي على الحجر الرملي والحجر الجيري أقل من تركيزه في حجر الصوان أما تركيزه في الصخور البركانية فيعتمد على كمية السلكات الموجودة فيها ، أما بالنسبة للصخور الرسوبية فعند تكسر هذه الصخور يؤدي الى انتقال اليورانيوم مع بقايا الصخور أو يذوب في المياه ويكون على شكل مركبات كاربونية في القعر الرسوبي وفي هذه الحالة تصبح الترسيبات التي في قعر المياه كالطمي غنيةً باليورانيوم وكذلك تكون الصخور الفوسفاتية غنيةً باليورانيوم أيضاً ، لذا فإن اليورانيوم يوجد في جميع أنواع التربة (9) .

إن معظم مركبات الثوريوم غير قابلة للذوبان او لاندوب بسرعة في بقايا الصخور المتفتته وتدخل في تركيب املاح ثانوية مثل المونزايت الذي يحوي على تراكيز عالية من الثوريوم (5) .  
يبين الجدول 1-4 النشاط الإشعاعي لبعض انواع التربة في الدول الاسكندنافية (23) .

الجدول 1-4: النشاط الإشعاعي لبعض انواع التربة في الدول الاسكندنافية مقاس بوحدات بكرل \ كغم

| انواع التربة         | البوتاسيوم-40 | الثوريوم-232 | الراديوم-226 | الرادون-222   |
|----------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| حصي(جلاميد)          | 3000-1100     | 80-2         | 90-10        | 150000-10000  |
| رمل                  | 1100-150      | 80-2         | 60-4         | 20000-4000    |
| غرين مع رمل هوائي    | 1000-400      | 20-10        | 20-5         | 350000-1000   |
| غرين                 | 1000-500      | 70-5         | 70-2         | 60000-5000    |
| طين                  | 1200-600      | 100-10       | 130-15       | 100000-30000  |
| ترسيبات قارية        | 1200-500      | 100-15       | 170-10       | 100000-20000  |
| طفل مع ترسيبات قارية | 1200-600      | 50-30        | 2500-180     | 1000000-50000 |

## 11-1: التأثير البيولوجي للإشعاع

### Biological Effect of Radiation

تتألف جميع الكائنات الحية من تراكيب بالغة الصغر تعرف بالخلايا و الخلية عبارة عن كتلة هلامية من الساييتوبلازم يحيط بها الغشاء الخلوي و تتوسطها النواة المحتوية على الكروموسومات الحاملة للصفات الوراثية ، ويعتمد التأثير البيولوجي للإشعاع في جسم الكائن الحي على عدة عوامل منها(25،26) :

- نوع الإشعاع .
  - نوع التعرض للإشعاع و مدته .
  - قابلية اعضاء الجسم المختلفة لتخزين المواد المشعة .
  - نوع العضو و مدى حساسيته للتعرض الإشعاعي .
- و يؤثر الإشعاع على خلايا الجسم بطريقتين : مباشرة و غير مباشرة .

في الطريقة المباشرة يتم تكسير الروابط بين الذرات المكونة لجزيئات المركبات و تكوين جزيئات غريبة و مثال ذلك تأثير الإشعاع على نواة الخلية إذ يحفزها على الانقسام سريعاً بصورة غير مسيطر عليه ويعرف هذا بالنمو السرطاني و يؤثر الإشعاع على الحبيبات الوراثية مما يسبب تغييراً في تركيبها و من ثمَّ حدوث تشوهات في الأجنة<sup>(27)</sup>.

إمّا التأثير غير المباشر فإن الإشعاع يستهدف الخلايا بصورة غير مباشرة حيث إنّ الإشعاع يؤين جزيئات الماء و نتيجة لهذا التأين تتكون أكاسيد الهيدروجين التي تؤدي الى تكون الجذور الحرة و هذه الاكاسيد عبارة عن مواد سامة تتحد مع مكونات الخلية الحية و هذا الاتحاد يؤدي الى تلف مكونات الخلية<sup>(27)</sup>.

## 12-1: انتقال المواد المشعة من التربة الى النبات

تنتقل بعض النظائر المشعة من التربة الى النبات عن طريق الجذور ويعتمد انتقال النظائر المشعة على الهيئة الكيميائية التي يكون عليها النظير<sup>(28,29)</sup>.

عندما تقترب النظائر المشعة في هيئاتها الذائبة من التربة فقد تمتزج او تلتصق مع السطح الخارجي لجزيئات التربة وبذلك يتم التبادل الأيوني . تكون عملية انتشار هذه الأيونات خلال الغشاء الفاصل بين التربة و سطح الجذر لتتم عملية الامتصاص خلال رؤوس الجذور مع ماء التربة . تسيطر على عملية انتقال المواد المشعة من التربة إلى النبات عدد من العوامل الفيزيائية و الكيميائية و الإحيائية و البيئية ، إذ يعتمد امتصاص أي عنصر موجود في التربة على التركيب الكيميائي و معامل الانتشار و المتطلبات الأيضية للنبات و العوامل الفيزيوكيميائية في التربة ، و قد يؤثر عمق الجذر في عملية الامتصاص إذ إنّ زيادة تغلغلها في التربة تزيد من المساحة السطحية المتوافرة للامتصاص<sup>(28,29)</sup>.

## 13-1 : معاملات الانتقال Translocation Factors

هو عبارة عن انتقال النظائر المشعة من وسط بيئي إلى وسط بيئي آخر خلال سلسلة الانتقال الغذائي الأرضية و المائية ، و تستخدم هذه المعاملات لتخمين تراكيز المواد المشعة بين السلسلة الغذائية عندما يتعذر قياسها<sup>(30,31)</sup> و تشمل معامل الانتقال من التربة الى النباتات و يستخدم لحساب مقدار النويدات المشعة الممتصة من قبل النبات من التربة عن طريق الجذور<sup>(32)</sup>. يعتمد معامل الانتقال على خصائص و تركيب التربة و نوع النبات ، كما ان معامل الانتقال يختلف باختلاف التركيب الكيميائي و الفيزيائي للنويدات المشعة و على اجزاء النباتات و مراحل النمو و مدة بقاء زراعته<sup>(33)</sup>.

يتم ايجاد قيم معامل الانتقال بأجراء تجارب حقلية تتضمن إضافة نظائر مشعة بمقادير محددة تماماً في التربة الموجودة في البيوت الزجاجية و من ثم قياس تراكيز النويدات المشعة في النباتات المزروعة فيها و يحسب معامل الانتقال بهذه الطريقة<sup>(32)</sup>. و ايضاً تشمل معامل انتقال النويدات المشعة من علف الحيوانات الى منتجاتها مثل لحوم و حليب و بيض و تحسب هذه إمّا من الدراسات الحقلية و إمّا عن طريق إضافة المواد المشعة إلى غذاء الحيوانات<sup>(31,34)</sup>. وهناك تباين كبير في قيم معاملات انتقال المواد المشعة الى الحيوانات و منتجاتها يرجع إلى أسباب عديدة منها نوع النويده المشعة ، نوع الحيوان و عمليات التمثيل الغذائي داخل الجسم<sup>(35,36)</sup>.

## 14-1: الكواشف النووية Nuclear Detectors

تستخدم الكثير من الكواشف في الدراسات البيئية و لكل كاشف مميزات يمتاز بها . ويعتمد اختيار الكاشف على نوع الاشعاع المراد الكشف عنه ، و قد استخدمت تقنية التحليل الطيفي لأشعة كاما . كما استخدمت كواشف ذات عدد ذري عالٍ و حجم كبير و تستخدم أيضاً الكواشف الوميضية مثل NaI(Tl) و كواشف اشباه الموصلات مثل Ge(Li) و HPGe للكشف عن أشعة كاما ، و تمتاز الكواشف الوميضية بكفاءة عالية بالقياس الى الكواشف الأخرى و لكنها تُعد رديئة التقريب بين القمم الطاقية ، أمّا كواشف اشباه الموصلات فتمتاز بقابليتها الجيدة للتقريب بين القمم و

بكفاءة عالية ، و بما أنّ تجارب البيئة تحتاج الى كاشف ذا قدرة تميز عالية ، لذا يستخدم كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة في القياسات البيئية المطلوبة .

### 15-1: طرائق تحليل الإشعاعات النووية

يتم الكشف عن الإشعاعات النووية وذلك بتفاعلها مع المواد و طريقة الكشف تكون على أساس التأين و التهيج التي تحصل لذرات الكاشف الناتجة من مرور الأشعة المؤينة .يكشف عن اشعة كاما من خلال تفاعلها مع المادة لإنتاج إلكترونات ثانوية تقوم بنقل معظم طاقتها الى المادة المتفاعلة مما يسبب تاين ذراتها .

### 1-15-1: كواشف أشباه الموصلات Semiconductor Detectors

إنّ اكثر العناصر شبه الموصلة المستخدمة في الكشف عن الإشعاعات النووية هما عنصر السليكون و الجرمانيوم . ويفضل استخدام الجرمانيوم في الكشف عن أشعة كاما بسبب العدد الذري الكبير للجرمانيوم بالقياس الى السليكون و الشيء المهم بالنسبة لكاشف أشعة كاما هو التفاعل الذي تفقد الفوتونات طاقتها كليا (الكهروضوئي) و هذا يقلل من تأثير كومبتن الذي يحصل نتيجة الامتصاص الجزئي للأشعة الكهرومغناطيسية .

### 2-15-1 : تفاعل أشعة كاما مع المادة

#### Interaction of Gamma-Ray with Material

يؤدي تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع مادة الكاشف الى ارتفاع الإلكترونات من نطاق التكافؤ بعد اكتسابها طاقة الفوتون الى نطاق التوصيل تاركا فجوة و هذا يسمى بزوج إلكترون - فجوة و عند تسليط فولتية عالية يؤدي ذلك الى سريان تيار كهربائي مكونا نبضة معينة .

### 3-15-1 : تفاعلات أشعة كاما -Ray Interaction of Gamma

تتفاعل أشعة كاما مع المواد بثلاث طرائق رئيسية (18<sup>37</sup>) هي التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتن و انتاج الزوج .

#### 1-3-15-1 : التأثير الكهروضوئي Photoelectric Effect

في هذا النوع من التفاعل يتم امتصاص طاقة الفوتون الساقط كليا من قبل إلكترونات المادة المرتبطة بقوة بالذرة و يتحرر الإلكترون بطاقة حركية (  $E_e$  ) تساوي الفرق بين طاقة الفوتون الساقط (  $h\nu$  ) و طاقة ارتباط الإلكترون بالذرة ( B.E. ) .

$$E_e = h\nu - B.E \quad (1-3)$$

إنّ الظاهرة الكهروضوئية تحدث بصورة رئيسية مع الإلكترونات المرتبطة بقوة بالذرة حيث تصل احتمالية التفاعل الى 80% للإلكترونات الموجودة في الغلاف K . و تحدث الظاهرة الكهروضوئية عند طاقة الفوتونات الواطئة و تزداد احتمالية التفاعل (  $\tau$  ) بسرعة مع زيادة العدد الذري لمادة الكاشف كما تبين العلاقة الاتية (37) :

$$\tau = \text{const} . (Z^n / E_\gamma^{3.5}) \quad (1-4)$$

حيث أنّ :

Z = العدد الذري للمادة .

n = تأخذ القيم من 4-5 .

$E_\gamma =$  طاقة الالكترتون الساقط

### 1-15-3-2: تأثير كومبتن Compton Effect

يفقد الفوتون الساقط جزء من طاقته لأحد الالكترونات الخارجية للذرة اذ تكون طاقة ارتباط الالكترون بالذرة ضعيف بالقياس الى طاقة الفوتون الساقط ، يؤدي ذلك الى استنطارة الفوتون الساقط بطاقة (  $h\nu'$  ) وهي اقل من طاقة سقوطه (  $h\nu$  ) ، كما يتحرر الكترون بطاقة حركية (  $E_e$  ) تساوي الفرق بين طاقة الفوتون الساقط و الفوتون المستطار (37)

$$E_e = h\nu - h\nu' \quad (1-5)$$

### 1-15-3-3: انتاج الزوج Pair Production

في عملية انتاج الزوج يتفاعل فوتون اشعة كما مع المجال الكولومي القوي للنواة متحولا الى زوج الكترون – بوزترون ومن الضروري وجود النواة لكي تحقق قانوني حفظ الطاقة والزخم . يجب ان تكون طاقة الفوتون الساقط مساوية او اكبر من مجموع الطاقة السكونية للزوج المتكون التي تساوي (1.022) مليون إلكترون فولت ، و الطاقة الفائضة ستكون طاقة حركية للجسمين الناشئين ، و يعبر عن ذلك بالمعادلة الاتية :

$$E_{e+} + E_{e-} = h\nu - 2m_0 c^2 \quad (1-6)$$

$E_{e+}$  و  $E_{e-}$  : هما طاقة الإلكترون و البوزترون الحركية على التوالي .  
 $2m_0 c^2 = (1.022)$  مليون الكترون فولت التي تساوي مجموع الطاقة السكونية للإلكترون و البوزترون .

## 1-16: المعايير العالمية لتركيز المواد المشعة في مياه الشرب

### International Standards for the Concentration of Radioactive Materials in Drinking Water

وضعت المعايير العالمية القياسية لمياه الشرب أول مرة من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) World Health Organization عام 1963 ثم طورت هذه المنظمة النظام المعروف لنوعية مياه الشرب بما يخدم الافراد عام 1984 ثم اعادة النظر فيه عام 1993 بما يخدم تحسين نوعية مياه الشرب وجعله يحتوي على اقل تركيز للمواد المشعة .  
القيم المحددة من قبل المنظمات تمثل التقديرات لنوعية وطبيعة مياه الشرب على اساس ترتيب قيم ونوعية مياه الشرب بما يضمن الصحة للفرد. وان أي انحراف بسيط عن القيم المعروفة ليس ضروريا يعني أنّ الماء غير ملائم للاستهلاك لكن يجب اجراء المعالجة عليه لجعله اكثر ملاءمة .

حددت منظمة الصحة العالمية مستوى مرجعيا للجرعة المؤثرة السنوية المكافئة مقداره 0.1 ملي سيفرت سنة وهذه الجرعة لا تمثل سوى 5% من الجرعة المؤثرة للخلفية الاشعاعية الطبيعية (38) .

أمّا دول شمال اوربا ( الدول الاسكندنافية ) فقد حددت المستوى المرجعي للجرعة المسموح بها بحدود 1 ملي سيفرت سنة (23) .  
أمّا الولايات المتحدة (39) فقد حددت المستوى المرجعي لتراكيز المواد المشعة في المياه، فالتركييزات التي تقل عن 37 بكرل الترت تعد تراكيز قليلة ومسموح بها ولا تحتاج الى دراسة ومسح

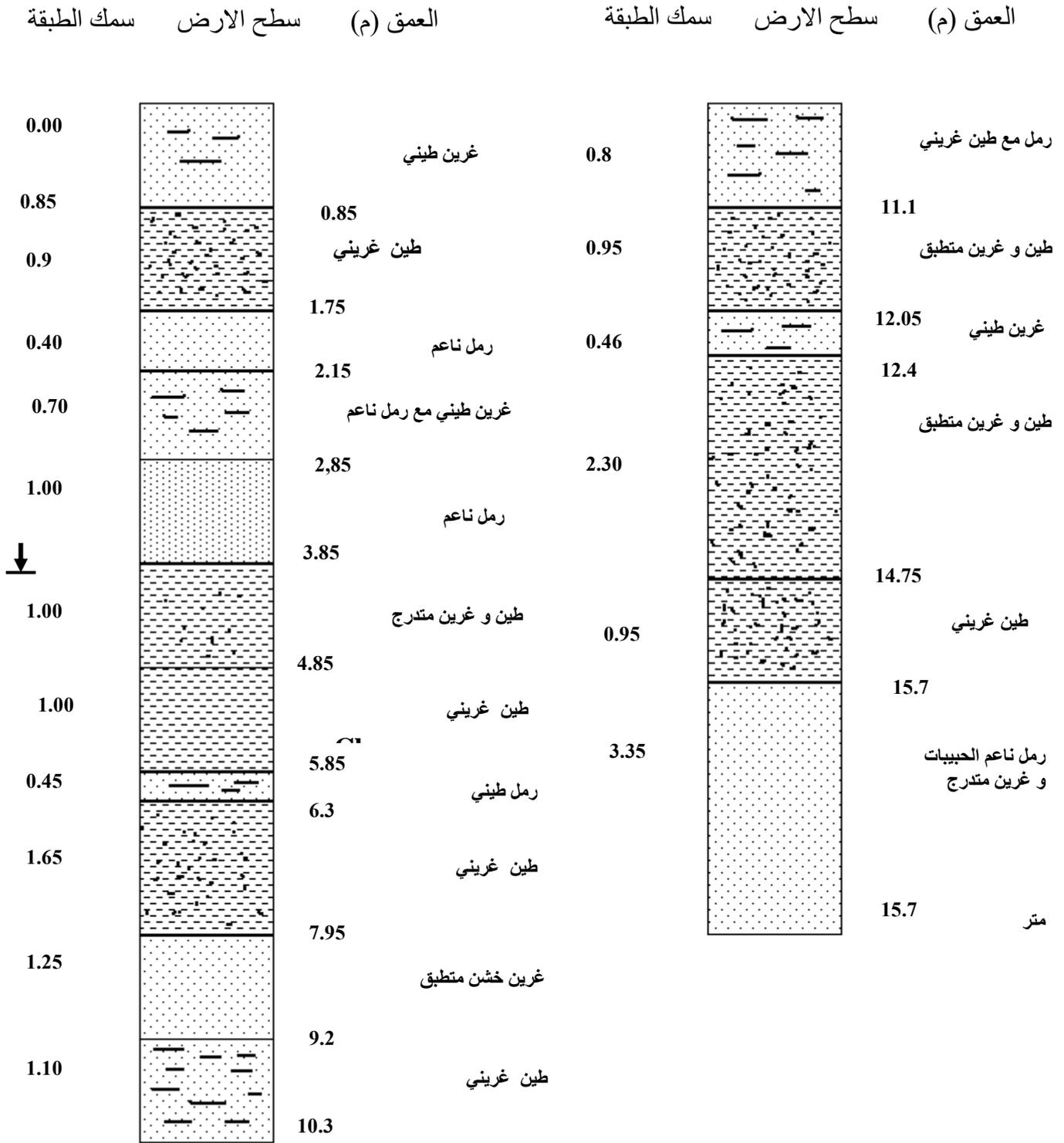
أما التراكيز التي تفوق 37 بكرل الترفإنها تحتاج الى معالجة . نلاحظ مما تقدم أن المستوى المرجعي للمياه التي تستخدم للشرب أو التي تستخدم للاستخدامات المنزلية والزراعية تتغير من منطقة الى اخرى تبعا للعامل الجيولوجي والاقتصادي والاجتماعي وبما يقلل أي خطر على الصحة.

### 1 – 17: المياه الجوفية في منطقة الدراسة

تمتاز المياه الجوفية في منطقة الدراسة بأنها ذات اعماق قريبة من سطح الأرض تتراوح بين 0.3 – 3.5 متر للفترة بين عامي 2000 – 2001 . أما في مدينة الحلة فقد كانت تتراوح بين 0.1 – 2.5 متر ولنفس الفترة ، وبذلك تعاني مدينة الحلة من ارتفاع مناسيب المياه الجوفية الى الحد الذي تظهر فيه عند سطح الأرض في المناطق المنخفضة(40) .  
إن ملوحة المياه الجوفية في المنطقة عالية بحيث يتراوح تركيزها بين  $1 \times 10^{-4}$  -  $5 \times 10^{-4}$  جزء من المليون بشكل عام لمحافظة بابل .  
أما في مدينة الحلة فتكون حوالي  $1 \times 10^{-3}$  -  $3 \times 10^{-3}$  جزء من المليون ويعزى سبب ذلك الى تواجد كبريتات الصوديوم و كبريتات المغنيسيوم وكبريتات الكالسيوم التي تُعدّ إحدى أهم أسباب زيادة الملوحة في المياه الجوفية(40) .

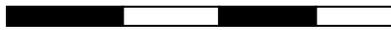
### 1 – 18 : جيولوجية منطقة الدراسة

تقع محافظة بابل من الناحية الفيزيوجرافية في منطقة السهل الرسوبي ( سهل ما بين النهرين ) و تعدّ صخور هذا السهل من الناحية الجيولوجية من صخور رسوبيات العصر الرباعي ، التي تنتج من الترسبات النهرية التي يحملها النهر معه والتي تسمى برسوبيات الفيضانات المسطحة .  
كما توجد ترسبات الجداول وتتجمع هذه الترسبات من جراء الفيضانات وتتألف بصورة عامة من طبقات رقيقة من الرمل الناعم و الغرين و الطين والغرين – الطيني وتوجد هذه الترسبات في مناطق مختلفة من منطقة الدراسة . الشكل 1 – 4 يوضح مقطع طباقي مثالي في منطقة السهل الرسوبي (41) .



مستوى المياه الجوفية = 4.5 متر فوق مستوى سطح البحر

0 2 4 6



متر

الشكل 4-1 مقطع طباقى مثالي في منطقة السهل الرسوبي .

## 1 – 19 : الدراسات السابقة للنشاط الإشعاعي

### Previous Studies of Radioactivity

كان النشاط الإشعاعي البيئي قبل الحرب العالمية الثانية ظاهرة طبيعية مع وجود قدر محدد من المعلومات إلا أنه لم يكن هناك عملياً انتشار لهذه المعرفة إلا في عدد قليل من المختبرات ذات التخصص العالي .

إنَّ بناء المفاعلات الكبيرة خلال الحرب العالمية الثانية في هانفورد واستخداماتها العسكرية آنذاك تسبب في حدوث تلوث البيئة بالمواد المشعة مما حفز الكثير من العلماء إلى البحث والاستدلال عن التأثيرات البيئية للنشاط الإشعاعي .

ركزت البحوث خلال فترة الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي على تحديد تركيز نظير الراديوم-226 ووليداتها من غاز الرادون-222 في المواد الطبيعية باعتبار وجودهما مؤشراً لاحتواء هذه المواد على اليورانيوم ، بالإضافة إلى ذلك بدأ بقياس النشاط الإشعاعي نتيجة تجارب استخدام الأسلحة النووية في الجو مما جعل الناس يضغطون لتحريم إجراء تجارب الأسلحة في الجو .

لقد أخذت هذه البحوث طابعاً شاملاً من مجرد البحث عن وجود اليورانيوم ليتعداه إلى تحديد النظائر المشعة في مختلف المواد ، لذا بدأ الكثير من الباحثين بدراسة النشاط الإشعاعي لأنواع مختلفة من المياه ، كذلك تحديد النشاط الإشعاعي في رواسبها .

### 1 – 19 – 1: الدراسات العالمية السابقة

درس Michel وجماعته<sup>(42)</sup> عام 1981 باستخدام تقنية تحليل طيف أشعة كاما تركيز نظير الراديوم-228 و نظير الراديوم-226 في نماذج المياه الجوفية في منطقة تقع جنوب كارولينا في كولومبيا ، ووجدوا أنَّ تركيز الراديوم-226 يتراوح بين 0.07-0.98 بكرل التتر ، على حين بلغ تركيز الراديوم-228 بين 0.023-0.04 بكرل التتر .

ثم قام Yang و Ambat<sup>(43)</sup> عام 1982 باستخدام كاشف الجرمانيوم ( الليثيوم ) لقياس النشاط الإشعاعي في نماذج رواسب من بحيرة سكوفيلد حيث كان تركيز الرصاص-210 ( 81.4 بكرل\كغم) و الراديوم-226 بلغ 60 بكرل\كغم .

ثمَّ قاس Moore<sup>(44)</sup> عام 1984 نظائر الراديوم في المياه الجوفية في كولومبيا أيضاً باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة و كاشف الجرمانيوم المطعم بالليثيوم ، حيث أثبت أنَّ كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة هو الأكفأ و الأكثر حساسية في حالة قياس المستوى الواطئ للأشعة كاما.

ثمَّ درس Hess وجماعته<sup>(45)</sup> عام 1985 تركيز اليورانيوم-238 و الراديوم-226 في مياه الشرب في مناطق عديدة من العالم ووجدوا أنَّها كانت قليلة ما عدا بعض المناطق في فرنسا و فلندا و الاتحاد السوفيتي السابق حيث تراوحت تراكيز الراديوم-226 في ماء الشرب 0.004-0.02 بكرل\التتر.

و بعد ذلك قام Hok وجماعته<sup>(46)</sup> سنة 1990 بدراسة النشاط الإشعاعي لنماذج مختلفة من الصخور باستخدام عداد الجرمانيوم المطعم بالليثيوم في منطقة فيشتل في ألمانيا الغربية . فتبين من الدراسة أنَّ هناك تباين في تركيز النظائر المشعة باختلاف موقعها ووجدوا أنَّ اليورانيوم-238 له قابلية على الترسيب والتعرية أكثر من الثوريوم-232 و أنَّ صخور الكرانيت تحوي على نشاط إشعاعي أكثر من باقي أنواع الصخور .

وفي السنة نفسها قام Bernd وجماعته<sup>(47)</sup> بقياس اشعة كاما المنبعثة من الراديوم-226 باستخدام عداد الجرمانيوم عالي النقاوة في مياه الشرب في اطلنطا في الولايات المتحدة حيث كانت النتائج بين 0.04-1 بكرل\التتر .

ثمَّ قاس Yanase وجماعته<sup>(21)</sup> عام 1995 تراكيز سلسلة اليورانيوم-238 باستخدام التحليل الطيفي لأشعة كاما لنماذج المياه الجوفية و الصخور في منطقة كونكرا في استراليا .

فوجدوا أنّ تركيز نظائر سلسلة اليورانيوم-238 في الصخور تتراوح بين 0.01-1000 بكرل\كغم. أمّا في المياه الجوفية فكانت بين 0.1-3.7 بكرل\تر ، وقد قارن بين الطريقة المستخدمة مع طرائق اخرى فوجد أنّ هناك تقارب جيد .

و في عام 1997 درس Johnston وجماعته (48) النشاط الإشعاعي للراديووم-226 لنماذج المياه في استراليا باستخدام مطياف كما فوجدوا أنّ تركيز الراديووم يتراوح بين 1.14-18.8 بكرل\تر.

ثمّ درس Yanase وجماعته (49) عام 1998 توزيع النظائر المشعة لسلسلة اليورانيوم-238 في انواع مختلفة من الصخور في منطقة كونكرا في استراليا ووجدوا ان تركيز النظائر المشعة يعتمد على نوع الصخور .

و بعده درس Sohrabi وجماعته (50) عام 1999 تركيز الراديووم في محطات التنقية في ايران ووجدوا اختلاف التركيز استنادا الى المصدر المجهز للمياه وبلغ التركيز لبعض المحطات المجهزة للمياه السطحية بحدود 0.024 بكرل\تر ، و كانت القيمة للمحطات المجهزة للمياه الجوفية بحدود 0.165 بكرل\تر ، على حين كانت لمياه الشرب المعدنية بحدود 1.3 بكرل\تر و تجاوزت القيمة في مياه الينابيع الحارة 146.5 بكرل\تر.

و في السنة نفسها قاس Chruscielewski و Kaninski (51) الجرعة المؤثرة الناجمة من استهلاك المياه الجوفية في المنطقة لودز في بولونيا التي تعتمد على 50% من المياه المجهزة من المياه الجوفية ، وقد وجدوا أنها تحوي على تركيز عالٍ من نواتج انحلال سلسلتي اليورانيوم-238 والثوريوم-232 . و بلغت الجرعة المؤثرة بحدود 0.85 مايكروسيبرت\سنة.

كما قامت السلطات المسؤولة عن الحماية من الإشعاع في الدول الاسكندنافية (23) عام 2000 بتحديد تركيز اليورانيوم-238 حيث بلغ 2.6 بكرل\تر في مياه الشرب و الراديووم-226 بلغ 4.5 بكرل\تر الذي يؤدي شرب هذه المياه الى اعطاء جرعة سنوية للفرد من السكان تبلغ واحد ملي سيفرت\سنة التي اعتبرتها الحدود المسموح بها للجرعة الناجمة من شرب المياه.

## 1 - 19 - 2: الدراسات العربية السابقة

قام عثمان و ياسين (24) عام 1996 بقياس النشاط الإشعاعي الطبيعي الناتج من الرادون ووليداته في مياه الشرب في المنطقتين الجنوبية و الوسطى في سوريا ، و أظهرت القياسات وجود تفاوت في التراكيز من مكان الى آخر استنادا الى نوعية مياه الشرب حيث بلغ تركيز الرادون 13 بكرل\تر ، أمّا الراديووم-226 فبلغ بحدود 0.01 بكرل\تر.

و درس شعبان و جماعته (52) عام 1996 النشاط الإشعاعي للراديووم-226 و الراديووم-224 لنماذج ماء شرب في مناطق مختلفة في المملكة العربية السعودية ، فوجدوا أنّ النشاط الإشعاعي للنماذج المقاسة ضمن الحدود المسموح بها التي وضعتها وكالة حماية البيئة الامريكية كحد اقصى مسموح به في مياه الشرب و مقداره 0.001 بكرل\تر .

ثمّ قام حسان و جماعته (53) عام 1998 بقياس النشاط الإشعاعي لسلسلتي اليورانيوم-238 و الثوريوم-232 و البوتاسيوم المشع-40 لنماذج رواسب نهر النيل و نماذج الطين الساحلي و الرمال السطحية في مصر و ذلك باستخدام عداد الجرمانيوم عالي النقاوة. لوحظ اختلاف النشاط الإشعاعي بصورة كبيرة تبعا لنوعية و طبيعة التربة .

و في السنة نفسها قام مدبولي و جماعته (54) بقياس النشاط الإشعاعي لمنطقة العاشر من رمضان التي تبعد 55 كم عن القاهرة في نماذج التربة و المياه الجوفية و مياه الشرب و مياه شبكات التنقية باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة ووجدوا أنّ تركيز اليورانيوم-238 كان 0.7 بكرل\تر و الثوريوم-232 بلغ 0.6 بكرل\تر و البوتاسيوم بحدود 3 بكرل\تر.

وتحرى دبت و جماعته (55) عام 2001 عن النشاط الإشعاعي الطبيعي الناتج من انحلال سلسلة اليورانيوم و الثوريوم من المياه السطحية لوادي العرب في الاردن باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة حيث تبين النتائج أنّ تركيز الراديوم-226 (4.5) بكرل\التر، الثوريوم - 234 بلغ التركيز 3.69 بكرل\التر واليورانيوم- 238 بلغ 2.8 بكرل\التر .

### 1 - 19 - 3 : الدراسات المحلية السابقة

درس معروف و جماعته (56) عام 1991 تركيز المواد المشعة في منطقة التويته في بغداد و ذلك بقياس عينات منتخبة من التربة و المياه لنهر دجلة باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة ، اظهرت النتائج وجود نظير السيزيوم المشع -137 في نماذج التربة حيث بلغ تركيزه 7 بكرل\كغم ، أما في نماذج المياه فكانت جميع نتائج التحليل اقل من تحسس الجهاز .  
ثم درس معروف وجماعته (57) عام 1992 النشاط الإشعاعي لمنطقة محيزم في صلاح الدين ، فوجدوا أنّ مساهمة الجرعة الناجمة من استهلاك المياه بحدود 0.4 % من الجرعة الخلفية الطبيعية .

ثمّ درس الساجي (58) عام 1999 تأثير الأسلحة الإشعاعية على المياه السطحية والرواسب في مناطق منتخبة من جنوب العراق و أثبتت الفحوصات المختبرية وجود ارتفاع نظير الراديوم في المياه السطحية بلغ 48 بكرل\التر ، أما في الرواسب فبلغ 102 بكرل\كغم .  
و أخيراً تحرى الجويهلي (59) عام (2001) عن النشاط الإشعاعي و احتمالية تلوث المياه الجوفية في منطقة شنائة في كربلاء و اثبتت الدراسة أنّ النشاط الإشعاعي للمنطقة المدروسة ضمن الخلفية الإشعاعية الطبيعية .

### 1 - 20 : الهدف من البحث The Aim of Present Work

تكمن أهمية الدراسات المتعلقة بالنشاط الإشعاعي البيئي في العراق في تثبيت واقع الحال لأي منطقة من مناطق القطر اذا ما حدث تغير في النشاط الإشعاعي نتيجة حادث مفاعل او استخدام أسلحة إشعاعية ضد العراق . تم دراسة النشاط الإشعاعي للمياه الجوفية في محافظة بابل لتثبيت النشاط الإشعاعي في هذه المحافظة التي لم يسبق دراستها زيادة على أهمية المياه الجوفية في الشرب و السقي .

## الفصل الثاني الجزء العملي Experimental

يتضمن هذا الفصل بيان مميزات خصائص الكاشف المستخدم و تهيئة منظومة القياس من معايرة طاقة و كفاءة و حساب قابلية التحليل و قياس الخلفية الإشعاعية وحساب تركيز الراديوم-226 في التربة والرادون-222 في الهواء و جمع و تحضير نماذج البحث .

### 1-2: مميزات كاشف HPGe

#### Characteristics of Semiconductor Detector

يمتاز الكاشف المستخدم بما يأتي (9,18) :

- 1- الكثافة العالية للجرمانيوم التي تساوي 5.3 غرام/سم<sup>3</sup> مما يوفر قدرة إيقاف كبيرة للأشعة النووية في أحجام صغيرة .
  - 2- القدرة على تحمل الجهد الكهربائي العالي حيث يوفر سرعة جمع الشحنات في زمن يصل الى 10<sup>-8</sup> – 10<sup>-9</sup> ثانية .
  - 3- استجابته الخطية للطاقة .
  - 4- صغر فجوة الطاقة فيه يؤدي إلى انخفاض الطاقة اللازمة لإنتاج زوج إلكترون – فجوة حيث تبلغ 3 إلكترون فولت للجرمانيوم و هذا يوفر عدد كبير من الأزواج الناتجة من تفاعل الأشعة النووية مع الكاشف .
  - 5- قابلية فصل طاقي عالية تصل بحدود 1.7 كيلو إلكترون فولت عند الطاقة 1.332 مليون إلكترون فولت لنظير الكوبلت-60 .
- و على الرغم من الخواص المرغوبة فيه المذكورة آنفاً فإن لهذا الكاشف بعض المساوئ و منها تأثيره بدرجات الحرارة بصورة كبيرة و يؤدي ذلك الى توليد تيار التسرب في الكاشف ولتقليل ذلك يبرد الكاشف المستخدم اثناء العمل الى درجة حرارة 77 كلفن باستخدام النتروجين السائل .

### 2-2 : مميزات طريقة الكشف

تتميز طريقة التحليل الطيفي لأشعة كاما بما يأتي (60)

- 1- المدى الواسع لتحديد العديد من النويدات المشعة في آن واحد .
- 2- تكون طرائق تحضير النماذج المراد قياس نشاطها الإشعاعي بسيطة نسبياً مقارنة بالطرائق الأخرى .
- 3- يمكن الاستفادة من قياسات التحليل الطيفي في مجالات أخرى .

### 3-2 : منظومة الكشف و التحليل

استخدمت منظومة الكشف و التحليل و المبينة في الشكل 1-2 و تتكون من عدة أجزاء

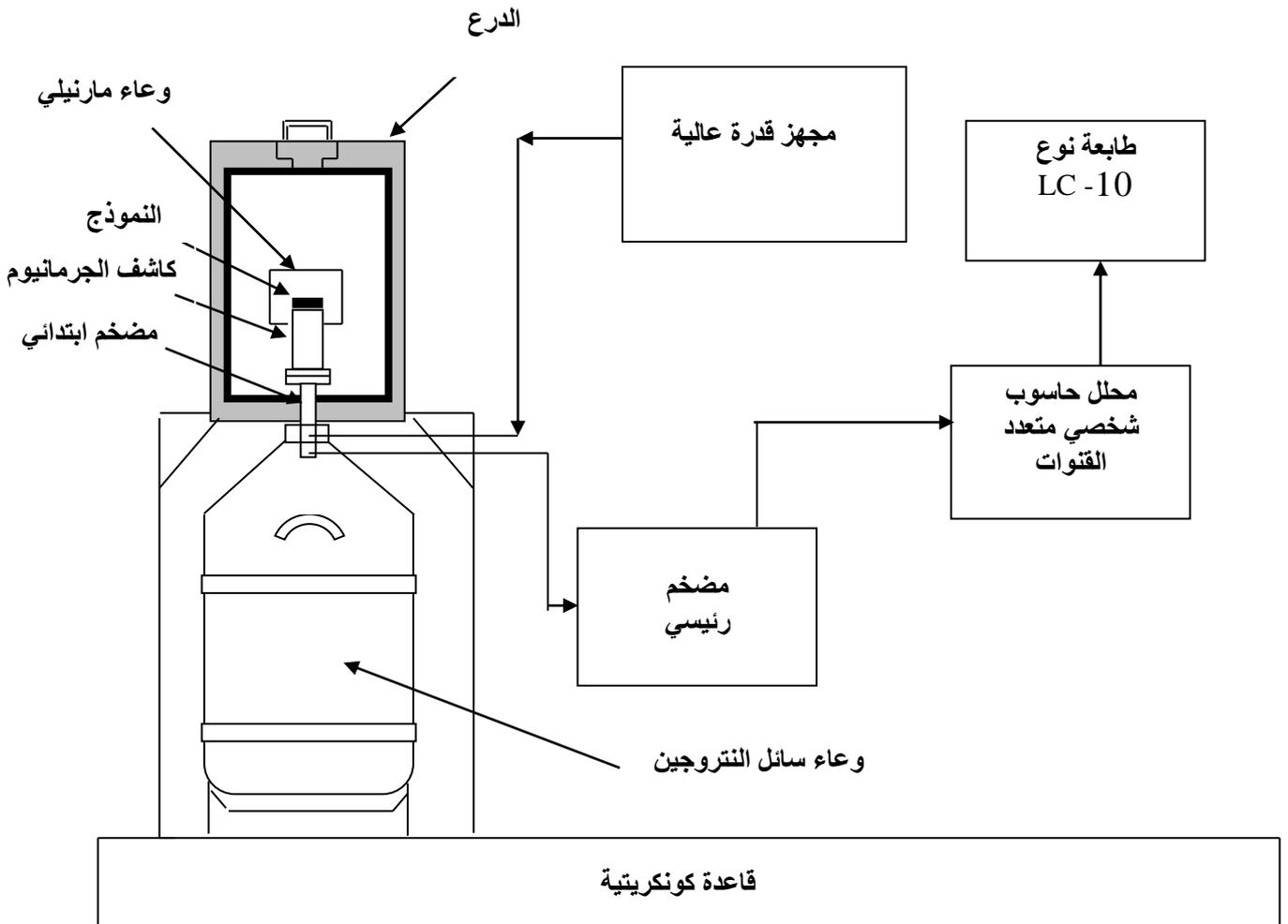
### 1-3-2 : كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة

High Purity Germanium Detector

استخدم كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) المصنوع من قبل شركة Telnelec الولايات المتحدة الأمريكية و حجم بلورته 209 سم<sup>3</sup> و قطره 63 ملم ، و ارتفاع 67 ملم . يعمل بفولتية تشغيل تبلغ 2100 فولت و كفاءة 40% و له قدرة فصل 1.75 كيلو إلكترون فولت عند طاقة 1.332 مليون إلكترون فولت العائدة الى نظير الكوبلت-60 و أن اقل تحسس للكاشف بحدود 0.5 بكرل و يحاط الكاشف بدرع من الرصاص بحجم 12 × 50 × 50 سم<sup>3</sup> لوقايته من الخلفية الإشعاعية و يغلف الدرع الرصاصي من الداخل بطبقة من النحاس و طبقة من الكاديوم لتوهين الأشعة السينية (26،61) و يبرد الكاشف الى درجة حرارة 77 كلفن بوساطة النتروجين السائل .

## 2-3-2: المضخم الابتدائي Pre-amplifier

الغرض الرئيسي للمضخم الابتدائي توفير افضل ترابط بين الكاشف و باقي منظومة العد . إن الإشارة الخارجة من الكاشف تكون ضعيفة جدا و تكون بحدود ملي فولت (62) لذا يقوم بتشكيل النبضة لتميزها عن الضوضاء الإلكترونية و أيضا بتكبيرها لأنها ستعاني التوهين خلال انتقالها في اسلاك التوصيل ، لذا يربط المضخم الابتدائي بأقرب مسافة من الكاشف لغرض تقليل التشويش الإلكتروني .



الشكل 1-2 : منظومة تحليل أطياف كاما المستخدمة في البحث .

### 3-3-2: المضخم الرئيسي Main Amplifier

يعمل المضخم الرئيسي على تكبير سعة النبضة الناتجة من المضخم الابتدائي وتحسينها. يوفر المضخم كذلك علاقة خطية بين سعة النبضة الداخلة و سعة النبضة الخارجة ، كما يقوم المضخم بتهديب النبضة القادمة إليه و ذلك بالتخلص من حالة التراكب العمودي التي تحدث بسبب نمو بعض النبضات على اذيلة النبضات الأخرى<sup>(62)</sup> . استخدم مضخم نوع (Tc-244) صنع شركة (Tennelec) الولايات المتحدة الأمريكية .

### 4-3-2: جهاز الفولتية العالية High Voltage Power Supply

استخدم جهاز القدرة العالية نوع ( Tc-950) و الجهاز من شركة Tennelec الأمريكية حيث يقوم بتجهيز الكاشف بالفولتية المطلوبة . و كانت الفولتية المستخدمة للكاشف 2100 فولت و هي ضمن منطقة الاستقرار النسبي للكاشف .

### 5-3-2: محلل الحاسوب الشخصي Personal Computer Analyzer

استخدم محلل أطياف حاسوب شخصي ( PCA ) ذي 8192 قناة من نوع Tandy الجهاز من الولايات المتحدة الأمريكية شركة Tennelec و هو عبارة عن جهاز حاسوب شخصي مجهز بوحدات إلكترونية تعمل على استلام و تصنيف النبضة القادمة من المضخم الرئيسي حسب سعتها و من ثم تخزينها في مواقع تعتمد على السعة ، تعرض في هيئة صورة مرئية على شاشة الحاسبة .

استخدم برنامج GDR-4 الذي يعدّ برنامجاً متكاملًا للتحليلات النوعية و الكمية لطيف كما لإيجاد النشاط الإشعاعي للنويدات المطلقة لأشعة كما من النموذج . و تطبع البيانات على طابعة نوع Stair LC-10 .

### 4-2: القياسات العملية Experimental Measurement

تم إجراء بعض القياسات لغرض تهيئة المنظومة للاستخدام .

#### 1-4-2: قابلية الفصل الطاقى للكاشف Energy Resolution

هي القدرة على التمييز بين طاقتين متجاورتين . استخدم نظير الكوبلت-60 لحساب قدرة الفصل الطاقى للكاشف HPGe عند الخط الكامي 1.332 مليون إلكترون فولت . الشكل 2-2 يوضح طيف الكوبلت -60 . وضع المصدر المشع على بعد مناسب من الكاشف و لمدة 100 ثانية لتجميع الطيف و استخدمت المعادلة الآتية لحساب قدرة الفصل الطاقى :

$$R = \frac{\Delta E}{\Delta Ch} \times F.W.H.M. \quad (2-1)$$

حيث ان :

$\Delta E$  = الفرق بالطاقة بين الخطين الكامين 1,332-1,172 بوحدات مليون إلكترون فولت .

$\Delta Ch$  = الفرق بين موقعي الذروتين للخطين الكامين .

$F.W.H.M$  = أقصى عرض لمنتصف الذروة للخط الكامي 1.332 مليون إلكترون فولت .

بعد انتهاء القياس كانت النتائج على النحو الآتي :

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 160 \text{ KeV} \quad (2-2)$$

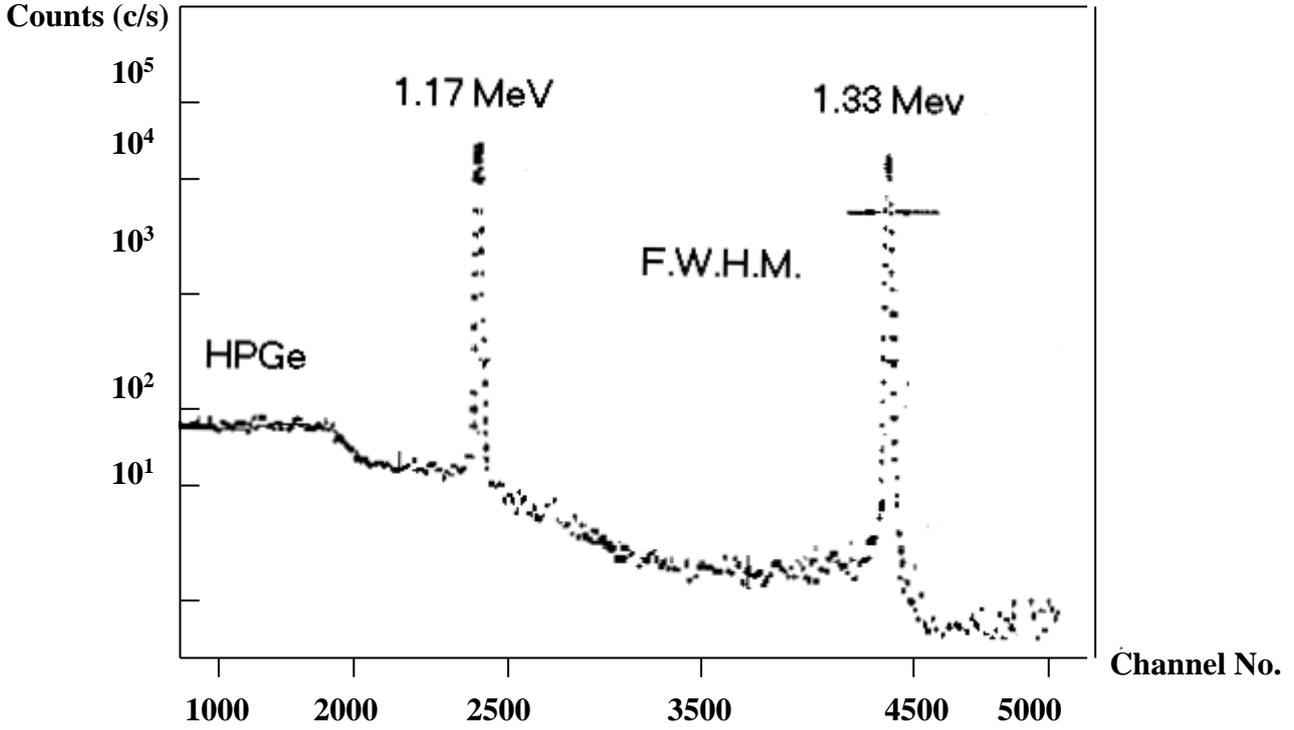
$$\Delta CH = Ch_2 - Ch_1 = 365 \text{ KeV} \quad (2-3)$$

$$F.W.H.M. = 4Ch$$

و بتطبيق المعادلة (1-2) نحصل على أن :

$$R = \frac{160}{365} \times 4Ch = 1.75 \text{ KeV}$$

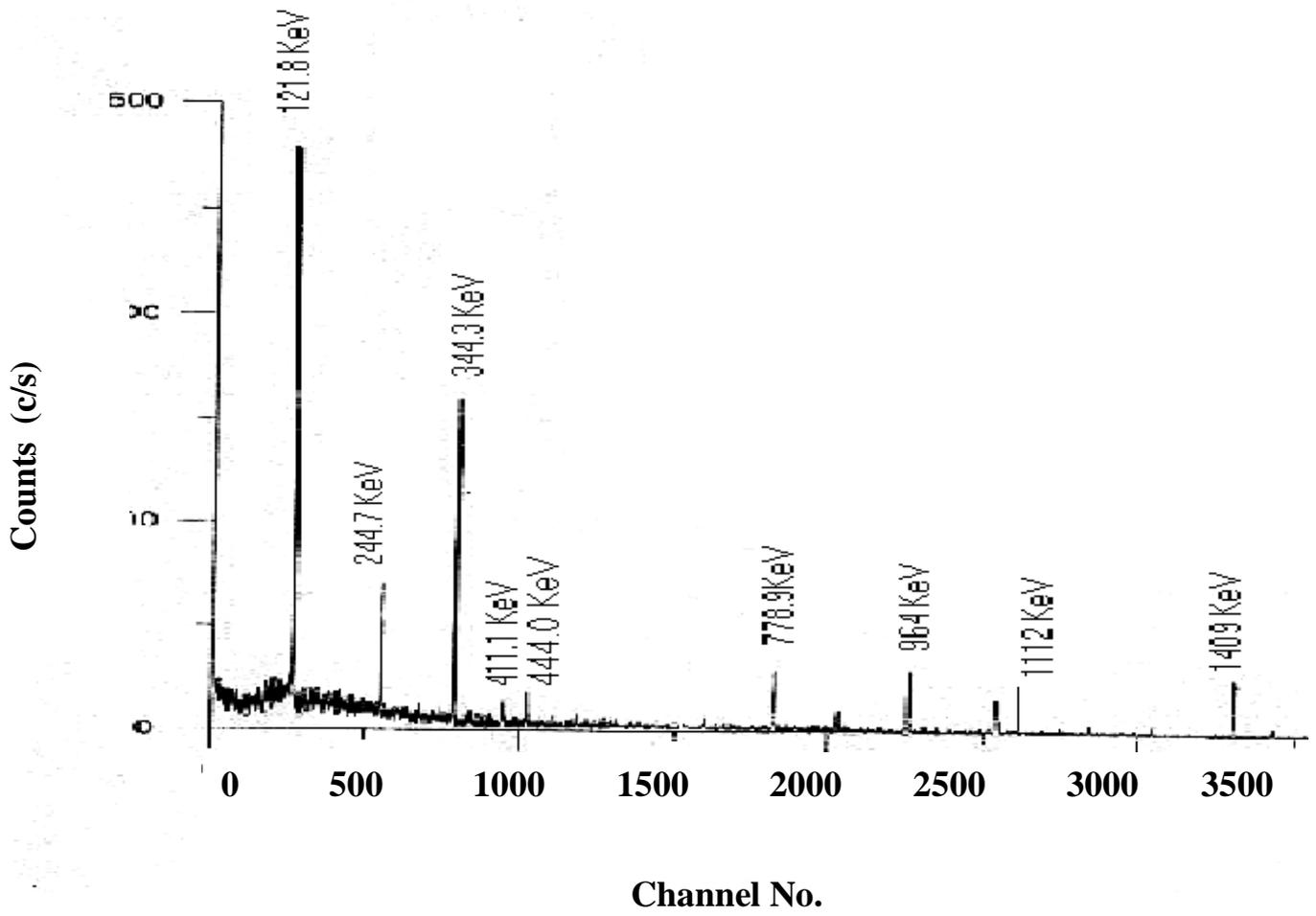
و هذا ما يميز كواشف اشباه الموصلات عن باقي كواشف أشعة كاما .



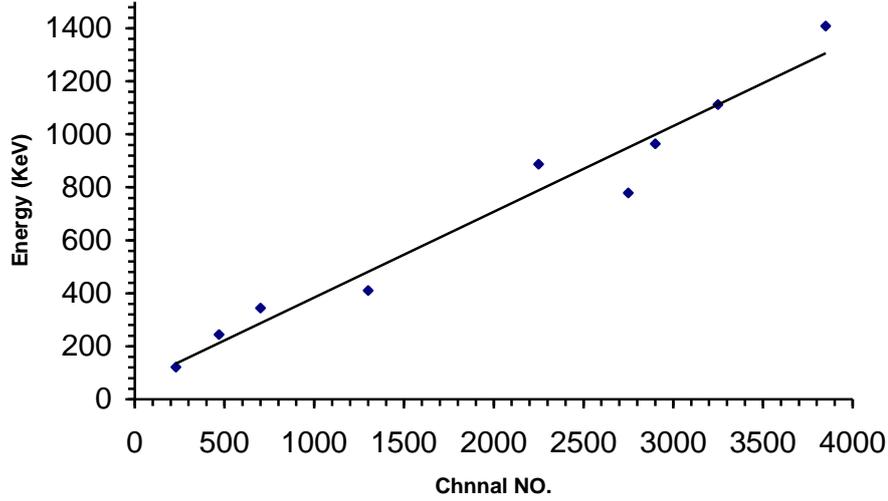
الشكل 2 - 2 : يوضح طيف الكوبلت -60.

## 2-4-2 : معايرة الطاقة Energy Calibration

هو إيجاد العلاقة بين طاقة الفوتون الساقط وموقع القمة الضوئية حيث استخدم مصدر اليوربيوم-152 القياسي المشع الذي له طاقات معلومة و يوضح الشكل 2-3 طيف اليوربيوم-152 . و لمعايرة الكاشف وضع المصدر المشع في وعاء مرنيلي سعة لتر واحد و جمع الطيف لمدة زمنية مقدارها 3600 ثانية ثم بعد ذلك استخدم برنامج GDR-4 لمعايرة الطاقة و إيجاد العلاقة بين طاقة الفوتون الساقط و موقع القمة الضوئية . الشكل 2-4 يبين العلاقة بين طاقة الفوتون الساقط و موقع القمة .



الشكل 2-3 : طيف طاقات مصدر اليورانيوم -152



الشكل 2-4: العلاقة بين الطاقة و موقع القمة

### 3-4-2: معايرة الكفاءة Efficiency Calibration

تعرف كفاءة الكاشف بأنها النسبة بين عدد النبضات المسجلة في الكاشف إلى عدد الفوتونات المنبعثة من المصدر المشع ، ويعبر عن الكفاءة بالمعادلة الآتية (18<sup>63</sup>) :

$$\epsilon = \frac{CPS}{DPS * I\gamma * te} \quad (2-4)$$

حيث أن :

CPS : تمثل المساحة الصافية التي تمثل العدد الكلي للعد تحت قمة الامتصاص الكلي لطاقة اشعة كما المشخصة للنظير .

I $\gamma$  : الشدة النسبية لكل طاقة من طاقات المصدر المشع .

te : زمن القياس 3600 ثانية

DPS : انحلال في الثانية و تمثل النشاط الإشعاعي للنظير المشع في زمن القياس و يحسب من المعادلة الآتية :

$$DPS = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{0.693}{T} t} \quad (2-5)$$

حيث أن :

A<sub>0</sub> : النشاط الإشعاعي للمصدر عند تاريخ الصنع .

$\lambda$  : ثابت الانحلال .

t : الفترة الزمنية بين تاريخ صنع المصدر و تاريخ القياس .

T : عمر النصف للمصدر المستخدم .

تم استخدام المصدر القياسي اليورانيوم - 152 لمعايرة الكفاءة وجمع الطيف لمدة زمنية مقدارها 3600 ثانية و استخدم البرنامج GDR-4 لحساب كفاءة الكاشف لطاقت المصدر المستخدم .

## 2-5: الأمور التي تم مراعاتها عند القياس .

### 2-5-1: قياس الخلفية الإشعاعية Background Measurement

إن حساب الخلفية الإشعاعية من الأمور التي يجب القيام بها و ذلك ل طرحها من قيمة النشاط الإشعاعي للأنموذج المدروس حتى نحصل على الصافي من النشاط الإشعاعي . و قد تم قياس الخلفية الإشعاعية باستخدام البرنامج GDR-4 وذلك بوضع وعاء مرنيلي فارغ على وجه بلورة الكاشف و لنفس المدة الزمنية لقياس النموذج ثم أعيدت هذه العملية ثلاث مرات ثم بعد ذلك اخذ المعدل لهذه القراءات.

### 2-5-2: الشكل الهندسي للأنموذج

#### Geometrical Shape of The sample

استخدم وعاء مرنيلي في قياس النشاط الإشعاعي لجميع النماذج و يجب أن يراعى في القياس وضع الأنموذج في وعاء هندسي معلوم السعة و لجميع النماذج ، و حُسِبَتْ كفاءة الكاشف باستخدام مصادر قياسية بنفس الشكل الهندسي للنماذج المقاسة .

## 2-6 : التحليل النوعي و الكمي

### Quantitative and Qualitative Analysis

تم التحليل النوعي بتعيين طاقة اشعة كاما المنبعثة من النموذج المدروس و التي تم الاستدلال منها على نوع النظير الموجود في النموذج ، أما في التحليل الكمي فتم حساب النشاط الإشعاعي بحساب المساحة تحت منحنى القمة الضوئية الخاصة بأشعة كاما المشخصة للنظير المشع للاستدلال على عدد ذرات النظير الموجود في النموذج . استخدم البرنامج GDR-4 الذي يُعد برنامجاً متكاملًا للتحليل النوعي و الكمي لحساب نوع و مقدار النويدات المشعة .

## 2-7 : حساب النشاط الإشعاعي للراديووم-226 في التربة و غاز

### الرادون-222 في الهواء

تم من خلال الزيارات الحقلية للمناطق التي اخذ النماذج منها تعين و تثبيت مساحة الارض المزروعة و كمية المياه المستخدمة للسقي و من ذلك تم حساب النشاط الإشعاعي لنظير الراديووم -226 عند استخدام المياه الجوفية للسقي . إذ حسبت كثافة التربة و حجم الارض و منها حسب النشاط الإشعاعي للراديووم -226 في الكيلوغرام الواحد من التربة و الناتج من استخدام المياه الجوفية للسقي . و بالاعتماد على تركيز الراديووم-226 في التربة حسب تركيز الرادون -222 في الهواء باستخدام المعادلة الآتية (30م4) :

$$C_{air} = C_{soil} \sqrt{\frac{d_{soil}}{D_{air}}} \quad (2-6)$$

حيث أن :

$C_{air}$  = تركيز الرادون في الهواء (بكرل/م<sup>3</sup>)

$C_{soil}$  = تركيز الرادون في التربة (بكرل \ م<sup>3</sup>) . و حسب المعادلة الآتية :  
 $d_{soil}$  = ثابت الانتشار بالتربة (  $0.5 \times 10^{-4}$  م<sup>2</sup> \ ثانية<sup>(30)</sup> ) .  
 $D_{air}$  = ثابت الانتشار في الهواء ( 5 م<sup>2</sup> \ ثانية<sup>(30)</sup> ) .

$$C_{soil} = Fr * \rho * C_{Ra} \quad (2-7)$$

حيث ان :

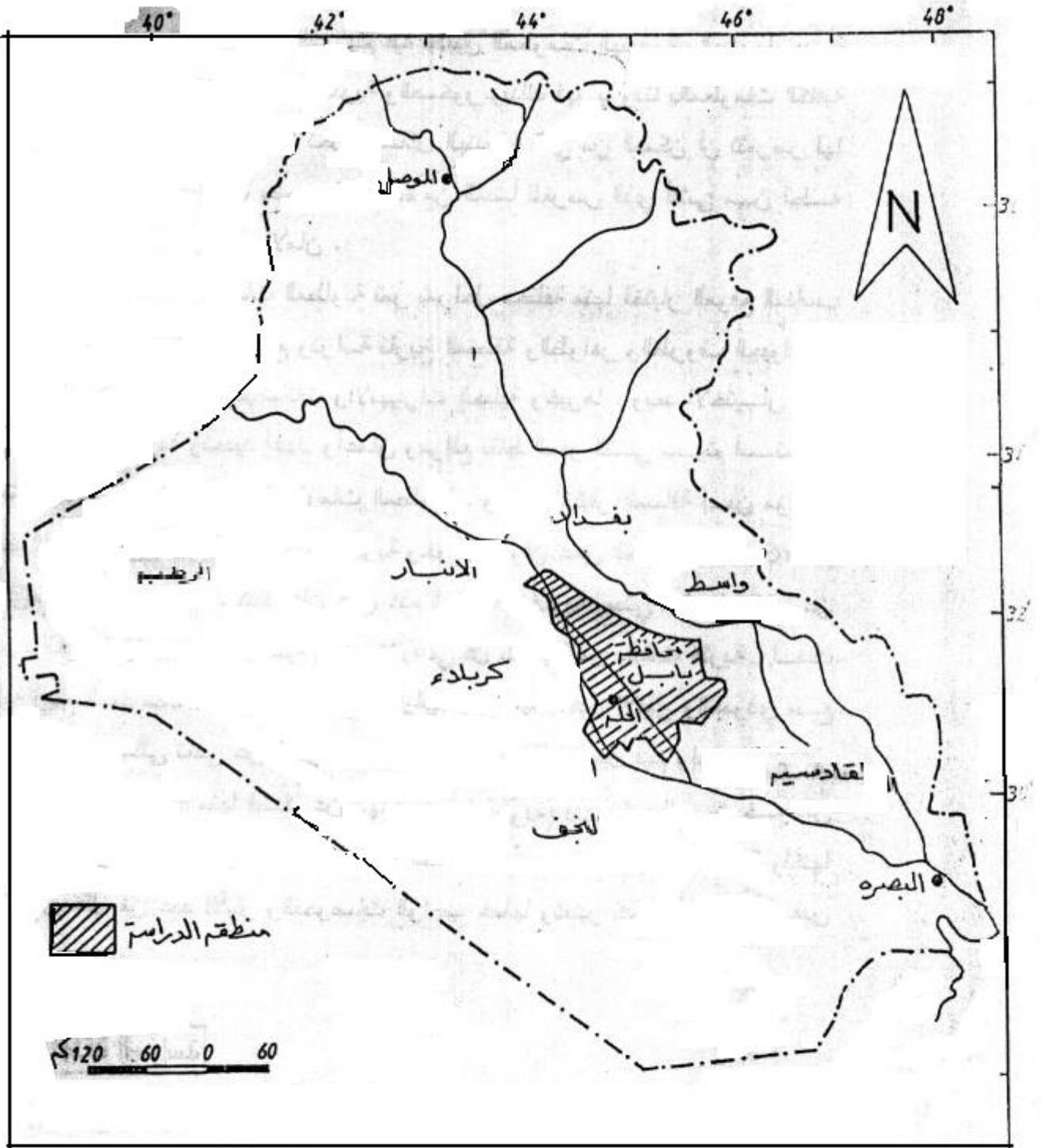
$Fr$  = معدل الانبعاث (0.1)<sup>(30)</sup>

$\rho$  = كثافة التربة (كغم \ م<sup>3</sup>)

$C_{Ra}$  = تركيز الراديوم في التربة (بكرل \ كغم) .

## 8-2 : موقع منطقة الدراسة

تقع محافظة بابل في وسط العراق وضمن منطقة السهل الرسوبي وهي محصورة بين خطي طول 44 00 00 و 45 15 00 شرقا وبين دائرتي عرض 32 04 00 و 33 03 00 شمالا وترتفع 27 متر عن سطح الأرض و تشغل الجزء الشمالي من منطقة الفرات الأوسط كما مبين في الشكل 2-5 . يتوسط المدينة نهر شط الحله الذي يُعد المصدر الرئيسي للمياه السطحية في المدينة<sup>(64)</sup> .



الشكل 2-5: خارطة العراق .

## 2-9: جمع النماذج المدروسة

تم في هذا البحث اختيار محافظة بابل لدراسة النشاط الإشعاعي لنماذج المياه الجوفية والسطحية و الرواسب إذ تم جمع اربعين نموذجاً من المياه الجوفية و على مرحلتين ففي المرحلة الأولى تم جمع ثلاثين نموذجاً من جميع مناطق محافظة بابل مع الأخذ بنظر الاعتبار التوزيع الجغرافي للمناطق . و شملت المرحلة الأخرى جمع عشرة نماذج و التي اعتمدت على نتائج قياس النشاط الإشعاعي للمرحلة الأولى من خلال تحديد المناطق ذات النشاط الإشعاعي لجمع نماذج جديدة من تلك المناطق . أما المياه السطحية فقد جمعت خمسة نماذج من مناطق مختلفة من نهر الفرات (شط الحلة) . أما نماذج الرواسب فقد اعتمدت على نماذج المياه الجوفية و قد جمعت خمسة نماذج حيث تم مراعاة اخذ نماذج من آبار تحوي على نشاط إشعاعي و أخرى لا تحوي على نشاط إشعاعي لغرض المقارنة.

## 2-10: تحضير النماذج

استخدمت حاويات بلاستيكية سعة 2 لتر لجمع النماذج المائية و تم غسل الحاويات بحامض الهيدروكلوريك المخفف إذ يعمل الحامض على تقليل امتصاص النويدات المشعة على جدران الحاوية من جهة و منع نمو الطحالب و الاشنيات من جهة أخرى (65) . تم ترشيح الماء بورق ترشيح من قبل ملئ الحاوية للتخلص من الدقائق العالقة مع النماذج ،قد أغلقت الحاوية بأحكام و ثبت عليها موقع النموذج .  
و جمعت نماذج الرواسب في أكياس بلاستيكية سعة 2 كيلو. تم تأشير موقع النموذج. وجرى تحضير هذه النماذج حسب الخطوات الآتية :

### 2-10-1: التجفيف

تم تجفيف النماذج و ذلك بتعريضها للشمس لفترة 72 ساعة لضمان جفاف النماذج بشكل كامل ، لأن الرطوبة تؤثر على قيمة الوزن الحقيقي للنموذج .

### 2-10-2: الطحن

تم طحن النماذج باستخدام مطحنة كهربائية ، ثم بعد ذلك استخدم مشبك ذو ثقوب قطرها واحد ملي متر للحصول على نماذج متجانسة .  
وضع كيلو غرام واحد من الرواسب المجففة في وعاء مرنيلي الذي جرى قياس النشاط الإشعاعي فيه سعة لتر واحد بعد غسله جيداً بواسطة حامض الهيدروكلوريك المخفف ثم بالماء المقطر.

## الفصل الثالث النتائج و المناقشة Results and Discussion

تضمن هذا الفصل نتائج قياس النشاط الإشعاعي للنماذج المدروسة ، وتضمن ايضاً استخدام النماذج الرياضية لحساب تركيز نويدة الراديوم-226 في التربة و النباتات وتركيز غاز الرادون في الهواء والمنتجات الحيوانية الناتجة عند استخدام المياه الجوفية للسقي و قدرت الجرعة الإشعاعية للسكان ، وقد تضمن مناقشة النتائج في ضوء المعايير العالمية لتراكيز النظائر المشعة مع عرض لأهم الاستنتاجات و العمل المقترح .

### 1-3 : نتائج التحاليل النوعية

تم تشخيص ثمانية نظائر مشعة تعود الى سلسلتي اليورانيوم-238 و الثوريوم-232 و نظير البوتاسيوم المشع-40 ، و يبين الجدول 1-3 النظائر المشعة التي جرى تحسبها في المياه الجوفية ، أما الجدول 2-3 فقد بين النظائر المشعة مع طاقاتها التي جرى تحسبها في نماذج الرواسب.

الجدول 1-3 : النظائر المشعة التي جرى تحسبها في نماذج المياه الجوفية .

| النظائر        | الطاقة(كيلو إلكترون فولت) |
|----------------|---------------------------|
| الراديوم – 226 | 186.4                     |
| الرصاص – 214   | 295.2، 351.9              |
| البزموت – 214  | 609.31                    |
| الرصاص-212     | 238.63                    |

الجدول 2-3 : النظائر المشعة التي جرى تحسبها في نماذج الرواسب .

| النظائر        | الطاقة (كيلو إلكترون فولت) |
|----------------|----------------------------|
| الاكتينيوم-228 | 911.57 ، 338.4             |
| الراديوم-226   | 186.21                     |
| الراديوم-224   | 241.98                     |
| الرصاص-214     | 351.9 ، 295.2              |
| البزموت-214    | 609.31                     |
| الرصاص-212     | 238.63                     |
| البزموت-212    | 39.9                       |
| البوتاسيوم-40  | 1460                       |

### 2-3: نتائج التحاليل الكمية :

وضحت نتائج قياس النشاط الإشعاعي للنماذج المدروسة كما يأتي :

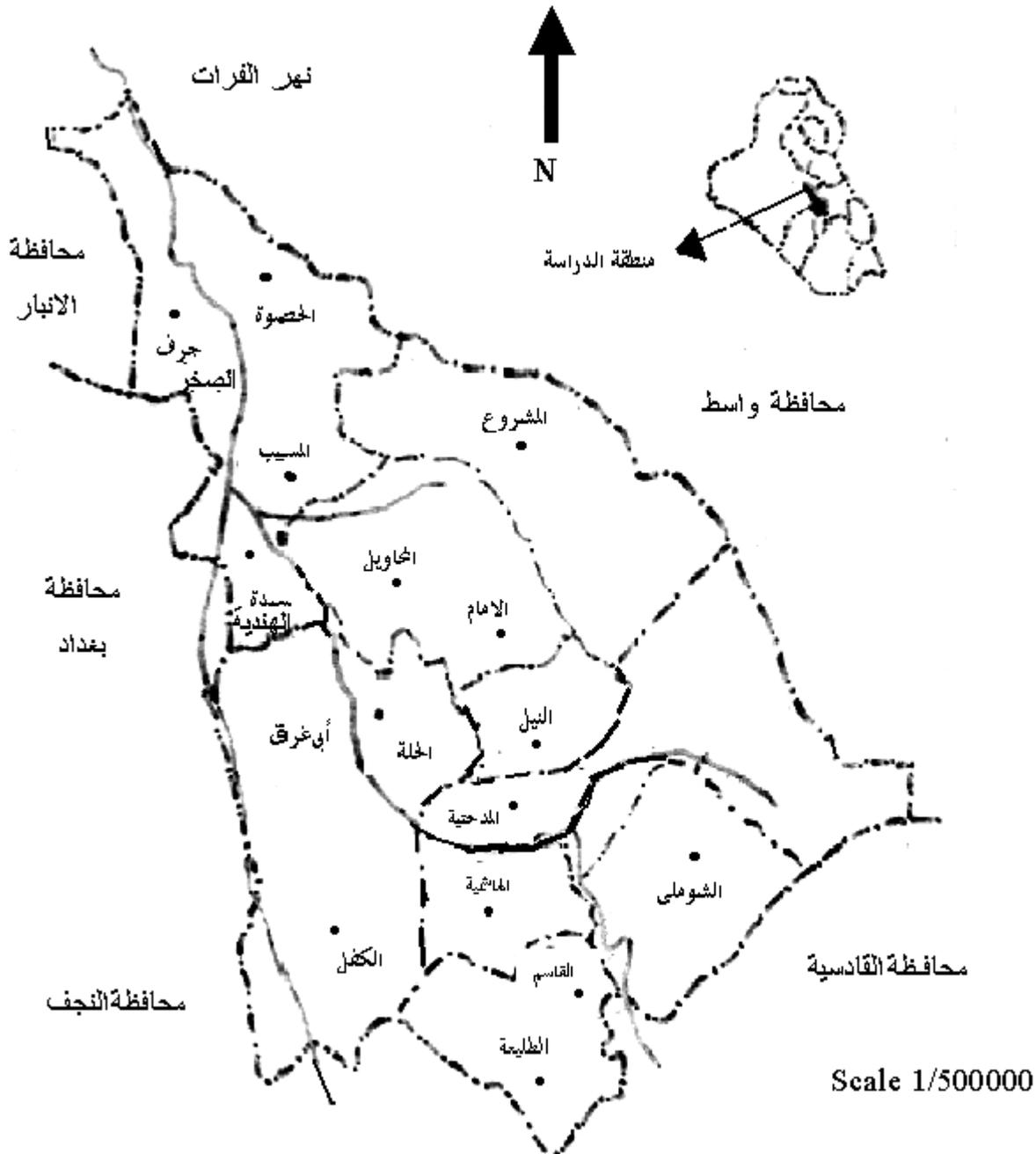
#### 1-2-3 : نتائج تحاليل المياه السطحية

بينت نتائج فحص نماذج المياه السطحية و البالغ عددها خمسة نماذج و التي اخذت من مواقع (المسيب و المحاويل و مركز المدينة و الطليعة و الكفل ) لنهر الفرات ( شط الحلة ) ، ان النشاط الإشعاعي لنماذج المياه السطحية اقل من تحسس الجهاز ويعزى سبب ذلك الى ان حركة المياه بسرعة وتغيرها باستمرار يؤدي الى ترسب النويدات المشعة ،لذا فإن وجودها في المياه السطحية قليل جدا بالقياس الى المياه الجوفية .

#### 2-2-3 : نتائج تحاليل المياه الجوفية

تم فحص نماذج المياه الجوفية و البالغ عددها اربعون نموذجاً أخذت من مواقع مختلفة من محافظة بابل تم مراعاة التوزيع الجغرافي ،الشكل 3-1 يبين الخارطة الإدارية لمحافظة بابل . أدرجت نتائج قياس النشاط الإشعاعي لنماذج المياه الجوفية للمرحلة الأولى في الجدول 3-3 ، اما الجدول 3 – 4 يبين نتائج قياس النشاط الإشعاعي لنماذج المياه الجوفية المرحلة الثانية .

بينت نتائج تحاليل المرحلة الأولى لنماذج المياه الجوفية وجود نشاط إشعاعي في بعض نماذج المياه الجوفية في مناطق مختلفة وعلى ضوء ذلك حددت مواقع النشاط الإشعاعي لأخذ نماذج المرحلة الثانية . و من نتائج النشاط الإشعاعي لنماذج المياه الجوفية في المرحلتين وجد أنّ هناك بعض النماذج المقاسة التي تحوي على نشاط إشعاعي يعود الى سلسلتي انحلال اليورانيوم-238 و الثوريوم-232 ، إذ إنّ النشاط الإشعاعي لنظير الراديوم-226 كان يتراوح ما بين دون مستوى التحسس في نماذج عدة و  $8.6 \pm 18.4$  بكرل التتر كقيمة عليا في منطقة الكفل كما مبين بالجدول 3-4 . أمّا النشاط الإشعاعي لنظائر البزموت-214 و الرصاص-214 العائدة الى سلسلة انحلال اليورانيوم-238 فكانت موجودة في نماذج عديدة و تراوحت القيم ما بين دون مستوى التحسس و أعلى قيمة  $2.1 \pm 9.8$  و  $2.4 \pm 6.72$  بكرل التتر في منطقة الكفل و القاسم على التوالي ، كما موضح بالجدولين 3-3 ، 3-4 . أمّا بالنسبة لنظير الرصاص-212 و العائد لسلسلة انحلال الثوريوم-232 فقد تراوح النشاط الإشعاعي له ما بين دون مستوى التحسس و  $1.1 \pm 3.2$  بكرل التتر اعلى قيمة له في منطقة الكفل والمبين في الجدول 3-3 . نلاحظ ان هناك تباين في النشاط الإشعاعي لنماذج المياه الجوفية للنظائر باختلاف مواقعها و يعزى سبب ذلك الى اختلاف الطبيعة الجيولوجية و الطباقية لفيزيوغرافية المنطقة المدروسة ،من الجدول 3-5 الذي يبين قياس النشاط الإشعاعي للراديويم-226 في المياه الجوفية في بعض بلدان العالم وبعض مناطق القطر . نجد أنّ النشاط الإشعاعي للراديويم-226 ضمن التراكيز المبينة في الجدول .



الشكل ٣-١ : الخارطة الادارية لمحافظة بابل

## الجدول 3-3 : النشاط الإشعاعي لنماذج المياه الجوفية المرحلة الأولى.

| ت  | الموقع       | رقم النموذج | النظائر     | الفعالية (بكرل لتر) | مصدر النويدة    |
|----|--------------|-------------|-------------|---------------------|-----------------|
| 1  | مركز المدينة | 1           | اليزموث-214 | $2 \pm 8.3$         | اليورانسيوم-238 |
|    |              | 2,3         | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
|    |              | 4           | اليزموث-214 | $1.38 \pm 8.08$     | اليورانسيوم-238 |
| 2  | الكفل        | 5           | الرصاص-214  | $1.6 \pm 5.3$       | اليورانسيوم-238 |
|    |              |             | اليزموث-214 | $2.1 \pm 9.8$       | اليورانسيوم-238 |
|    |              |             | الرصاص-212  | $1.1 \pm 3.2$       | الثوريوم-232    |
| 3  | القاسم       | 6           | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
|    |              | 7           | الرصاص-214  | $0.5 \pm 4.2$       | اليورانسيوم-238 |
|    |              |             | اليزموث-214 | $0.71 \pm 3.4$      | اليورانسيوم-238 |
| 4  | الطليعة      | 8           | الرصاص-214  | $1.5 \pm 4.51$      | اليورانسيوم-238 |
|    |              |             | اليزموث-214 | $1.6 \pm 5.4$       | اليورانسيوم-238 |
|    |              | 9           | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 6  | الشوملي      | 10          | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 7  | الهاشمية     | 11,12,13    | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 8  | المسيب       | 14,15       | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 9  | سدة الهندية  | 16          | اليزموث-214 | $1.7 \pm 4.7$       | اليورانسيوم-238 |
|    |              | 17          | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 10 | المشروع      | 18,19       | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 11 | الحصوة       | 20          | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 12 | جرف الصخر    | 21,22       | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 13 | المحاويل     | 23,24       | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 14 | الامام       | 25,26       | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 15 | طويريج       | 27,28       | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |
| 16 | ابي غرق      | 29,30       | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |

## الجدول 4-3: النشاط الإشعاعي في المياه الجوفية للمرحلة الثانية.

| ت | المنطقة      | رقم النموذج | النظائر     | الفعالية (بكرل لتر) | مصدر النويدة    |
|---|--------------|-------------|-------------|---------------------|-----------------|
| 1 | مركز المدينة | 31          | الرصاص-214  | $1.2 \pm 6.7$       | اليورانسيوم-238 |
|   |              |             | اليزموث-214 | $1.9 \pm 5.7$       | اليورانسيوم-238 |
|   |              | 32,33       | -           | أقل من تحسس الجهاز  | -               |

|                 |                    |              |    |                |   |
|-----------------|--------------------|--------------|----|----------------|---|
| 238-اليورانسيوم | 1.17 ±8.95         | البيزموث-214 | 34 | الكفل          | 2 |
| 238-اليورانسيوم | 1.61 ±5.8          | الرصاص-214   |    |                |   |
| 238-اليورانسيوم | 8.6 ±18.4          | الراديوم-226 |    |                |   |
| -               | اقل من تحسس الجهاز | -            | 35 |                |   |
| 238-اليورانسيوم | 1.3 ±5.6           | البيزموث-214 | 36 | القاسم         | 3 |
| 238-اليورانسيوم | 2.4 ±6.72          | الرصاص-214   |    |                |   |
| 238-اليورانسيوم | 8.1±16.1           | الراديوم-226 |    |                |   |
| -               | اقل من تحسس الجهاز | -            | 37 |                |   |
| -               | اقل من تحسس الجهاز |              | 38 | الطليعة        | 4 |
| 238-اليورانسيوم | 1.8± 5.6           | الرصاص-214   | 39 | سدة<br>الهندية | 5 |
| -               | اقل من تحسس الجهاز | -            | 40 |                |   |

الجدول 3-5 : النشاط الإشعاعي للراديوم – 226 في المياه الجوفية في بعض الدول ومقارنتها مع العراق .

| المصدر       | النشاط الإشعاعي للراديوم-226<br>(بكرل/التر) | القطر                                |
|--------------|---|--------------------------------------|
| 48           | 18.5  | استراليا                             |
| 42           | 0.98  | كولومبيا                             |
| 50           | 0.165                                       | ايران                                |
| 22           | $10 \times 3^6$                             | امريكا                               |
| 23           | 7   | الدول الاسكندنافية                   |
| 66           | 150   | اللجنة الدولية للوقاية<br>من الإشعاع |
| 55           | 4.53  | الاردن                               |
| 58           | 48  | العراق ( البصرة)                     |
| البحث الحالي | 18.4  | منطقة الدراسة(بابل)                  |

### 3-2-3: نتائج تحاليل الرواسب

تم قياس النشاط الإشعاعي لخمسة نماذج من الرواسب لمواقع مختلفة من محافظة بابل ، فأظهر القياس وجود نواتج انحلال سلسلة اليورانيوم-238 كما هو مبين في الجدول 3-6 ، زيادةً على ذلك وجدت نواتج انحلال سلسلة الثور يوم-232 كما هو موضح في الجدول 3-7 ، و بينت النتائج عن وجود نظير البوتاسيوم المشع كما هو مبيناً بالجدول 3-8 ، وقد رتبت قيم معدلات و مديات النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة لنماذج الرواسب في الجدول 3-9 .

نلاحظ من الجدول 3-6 أن قيمة النشاط الإشعاعي للراديوم – 226 كانت تتراوح ما بين  $76.2 \pm 1.6$  بكرل\كغم في منطقة الحصوة وقيمة عليا  $93.2 \pm 19.9$  بكرل\كغم في منطقة الكفل .

أما نظائر البزموت-214 و الرصاص -214 العائدة الى سلسلة اضمحلال اليورانيوم فقد كان النشاط الإشعاعي لها بحدود  $58 \pm 8.7$  و  $52 \pm 7.3$  بكرل\كغم في منطقة الحصوة و كقيم عليا  $67 \pm 3.11$  و  $66.8 \pm 4.1$  بكرل\كغم في منطقة الكفل على التوالي كما موضح في الجدول 3-6 .

يلاحظ مما تقدم أن النشاط الإشعاعي لنظائر اليورانيوم-238 في نماذج الرواسب ذات نشاط إشعاعي عالي نسبياً ويعزى سبب ذلك الى نوعية الصخور التي كونت التربة الملامسة للمياه الجوفية ، تعمل المياه الجوفية على اذابة وترسيب النظائر المشعة مما أدى إلى تواجد بعض نواتج انحلال سلسلة اليورانيوم-238 في بعض نماذج المياه الجوفية التي تحوي رواسبها على نشاط إشعاعي عالٍ نسبياً .

يوضح الجدول 3-7 النشاط الإشعاعي لنظائر سلسلة انحلال الثوريوم - 232 للنماذج المقاسة ، حيث ان النشاط الإشعاعي لنظير الاكتينيوم-228 تتراوح ما بين  $25.6 \pm 2.52$  بكرل\كغم في منطقة القاسم و  $34.4 \pm 2.63$  بكرل\كغم في منطقة الكفل قيمة عليا . أما النشاط الإشعاعي لنظائر البزموت-212 والرصاص-212 العائدة الى سلسلة الثوريوم-232 فكانت تتراوح ما بين  $19 \pm 2.96$  و  $28 \pm 7.1$  بكرل\كغم في منطقة الحصوة و  $60.5 \pm 8.1$  و  $42.5 \pm 1.69$  بكرل\كغم في مناطق السدة و الكفل على التوالي . أما النشاط الإشعاعي لنظير الراديوم-224 فكان يتراوح ما بين  $10.01 \pm 2.03$  بكرل\كغم في منطقة مركز المدينة و  $56.4 \pm 9.6$  بكرل\كغم قيمة عليا في منطقة الحصوة.

أما النشاط الإشعاعي لنظير البوتاسيوم المشع -40 . فإنّ النتائج الموضحة في الجدول 3-8 توضح بان النشاط الإشعاعي يتراوح ما بين  $64.5 \pm 6.9$  بكرل\كغم في مناطق الحصوة و  $82.3$

$9.68 \pm$  بكرل\كغم كقيمة عليا في منطقة الكفل . نلاحظ أنّ هناك تباين في نتائج النشاط الإشعاعي لنماذج الرواسب باختلاف موقعها و يعزى سبب ذلك الى نوعية الصخور التي كونت التربة الملامسة للمكمن الجوفي و على عمليات التعرية و الحث التي تساعد على اذابة و ترسيب النويدات المشعة الجدول 3-9 يبين معدلات و مديات النظائر المشعة في نماذج الرواسب و ايضا يبين الجدول 3-10 الذي يبين مقارنة النشاط الإشعاعي للراديوم – 226 في الرواسب في بعض بلدان العالم وبعض مناطق القطر يلاحظ أنّ النشاط الإشعاعي للرواسب ضمن تراكيز النشاط الإشعاعي المبينة في الجدول .

الجدول 3-6 : النشاط الإشعاعي لنظائر اليورانيوم-238 لنماذج الرواسب .

| الموقع       | الراديوم-226        | البزموت-214         | الرصاص-214          |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|              | الفعالية (بكرل\كغم) | الفعالية (بكرل\كغم) | الفعالية (بكرل\كغم) |
| الكفل        | $16.9 \pm 93.2$     | $3.11 \pm 67$       | $4.1 \pm 66.8$      |
| القاسم       | $17.5 \pm 92.1$     | $4.1 \pm 63.4$      | $1.58 \pm 56.2$     |
| مركز المدينة | $17.4 \pm 86.5$     | $4 \pm 61.7$        | $3 \pm 63.1$        |
| الحصوة       | $8.7 \pm 78.5$      | $8.7 \pm 58$        | $7.3 \pm 52$        |
| سدة الهندية  | $1.16 \pm 76.2$     | $8.1 \pm 60.5$      | $3.01 \pm 53.5$     |

الجدول 3-7 : النشاط الإشعاعي لنظائر الثوريوم -232 لنماذج الرواسب .

| الموقع       | الاكتينيوم-228      | الراديوم-224        | الرصاص-212          | البزموت-212         |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|              | الفعالية (بكرل\كغم) | الفعالية (بكرل\كغم) | الفعالية (بكرل\كغم) | الفعالية (بكرل\كغم) |
| الكفل        | $2.63 \pm 34.3$     | $3.01 \pm 10.6$     | $1.69 \pm 42.5$     | $7.93 \pm 38.1$     |
| القاسم       | $2.52 \pm 25.6$     | $3.05 \pm 25.4$     | $1.58 \pm 33.7$     | $7.52 \pm 17.56$    |
| مركز المدينة | $2.49 \pm 31.9$     | $2.03 \pm 10.01$    | $1.54 \pm 36.8$     | $7.6 \pm 28.2$      |
| الحصوة       | $4.2 \pm 30$        | $9.6 \pm 56.4$      | $7.1 \pm 28$        | $2.96 \pm 19$       |
| سدة الهندية  | $1.16 \pm 28.2$     | $8.34 \pm 41.4$     | $1.61 \pm 33.2$     | $8.1 \pm 36.5$      |

الجدول 3-8 : النشاط الإشعاعي لنظير البوتاسيوم المشع-40 لنماذج الرواسب .

| الموقع       | الفعالية (بكرل\كغم) |
|--------------|---------------------|
| الكفل        | $9.68 \pm 82.3$     |
| القاسم       | $8.09 \pm 75.1$     |
| مركز المدينة | $8.78 \pm 76.2$     |
| الحصوة       | $6.9 \pm 64.5$      |
| سدة الهندية  | $7.16 \pm 69.12$    |

الجدول 3-9 : معدلات و مديات النشاط الاشعاعي للنظائر المشعة .

| النظائر        | المعدل (بكرل\كغم ) | المدى (بكرل\كغم)           |
|----------------|--------------------|----------------------------|
| الاكتينيوم-228 | 2.6 ± 30.2         | 2.63 ± 34.4-2.52 ± 25.6    |
| الراديوم-226   | 12.33 ± 85.3       | 16.9 ± 93.3 – 1.6 ± 76.2   |
| الراديوم-224   | 5.206 ± 28.76      | 9.6 ± 56.4 – 12.03 ± 10.01 |
| البزموث-214    | 5.61 ± 62.04       | 3.11 ± 67 – 8.7 ± 58       |
| الرصاص-214     | 3.8 ± 58.32        | 4.1 ± 66.8 – 7.3 ± 52      |
| الرصاص-212     | 2.7 ± 34.84        | 1.69 ± 42.5 – 7.1 ± 28     |
| البزموث-212    | 6.82 ± 27.78       | 7.93 ± 38.1 – 7.52 ± 17.5  |
| البوتاسيوم-40  | 8.22 ± 73.22       | 9.68 ± 82.3 – 6.9 ± 64.5   |

الجدول 3-10 : النشاط الإشعاعي للراديوم – 226 في الرواسب في بعض الدول ومقارنتها مع العراق .

| المصدر       | النشاط الإشعاعي للراديوم-226<br>(بكرل\كغم) | القطر               |
|--------------|--|---------------------|
| 21           | 1000                                       | استراليا            |
| 67           | 167  | اليابان             |
| 43           | 60   | كولومبيا            |
| 23           | 2500                                       | الدول الاسكندنافية  |
| 39           | 337  | العراق ( بغداد )    |
| 59           | 102  | العراق ( البصرة )   |
| البحث الحالي | 85   | منطقة الدراسة(بابل) |

### 3-3: حساب النشاط الإشعاعي في التربة

إن استخدام المياه الملوثة بالإشعاع في ري المحاصيل الزراعية المختلفة يسبب نقل المواد المشعة من هذه المياه إلى النباتات عندما تكون بصيغتها الأيونية الذائبة و ذلك عن طريق امتصاصها من قبل جذور النباتات و بدوره سوف ينتقل إلى الإنسان نتيجة تناوله لهذه المحاصيل . تم حساب النشاط الإشعاعي لنظير الراديوم-226 في التربة فقط ، لخطورته الناجمة من عمر نصفه الطويل وترسبه في العظام<sup>(25)</sup>. يعتمد النشاط الإشعاعي للنظير المشع المنتقل إلى التربة على كمية الماء المستخدم للسقي إضافة إلى عدد مرات السقي و كمية الماء المستخدمة . الجدول 3-11 يبين حساب النشاط الإشعاعي لنظير الراديوم – 226 في التربة الذي تم حسابه بالأتماد على ما يلي :

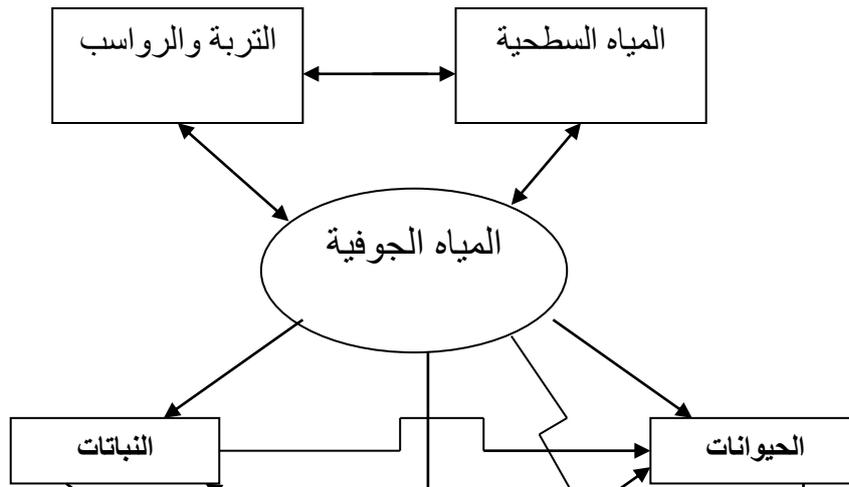
- كمية الماء المستخدم ( 20000 ) لتر .
- عدد مرات السقي ( 25 ) .
- حجم الأرض المزروعة ( 500 ) م<sup>3</sup>
- كثافة التربة ( 1800 ) كغم/م<sup>3</sup>.

الجدول 3-11: حساب النشاط الإشعاعي لنظير الراديوم-226 في التربة .

| المنطقة | النشاط الإشعاعي في المياه الجوفية(بكرل\التر) | النشاط الإشعاعي في التربة(بكرل\كغم) |
|---------|--|-------------------------------------|
| الكفل   | 18   | 10                                  |
| القاسم  | 16   | 9                                   |

### 4-3 : النماذج الرياضية Mathematical Models

بالاعتماد على مسالك التعرض الموضحة في الشكل 3-2 . استخدمت النماذج الرياضية الملائمة و ذلك لحساب النشاط الإشعاعي لنظير الراديوم -226 في النباتات و المنتوجات الحيوانية .



الشكل 3-2: مسالك التعرض الى الجرعة الناتجة من استخدام المياه الجوفية .

### 3-4-1: النشاط الإشعاعي في النباتات

يعتمد امتصاص النباتات للنظير المشع على عدة عوامل منها ما يتعلق بالخصائص الفيزيوكيميائية للنظير المشع و منها ما يتعلق بخصائص الوسط (التربة) الفيزيائية و الكيميائية و البيولوجية و اخرى تتعلق بنوع النباتات و فترة النمو . الجدول 3-12 يوضح نتائج حساب النشاط الشعاعي للراديويم-226 في نباتات الخضراوات و النباتات العلفية التي حسبت باستخدام المعادلة (3-1) (8,68).

$$C_n = A_n C_g \quad (3-1)$$

إذ أن :

$C_n$  : النشاط الإشعاعي في النباتات (الخضراوات ، الأعلاف ) ( بكرل\كغم)  
 $A_n$  : معامل انتقال الراديويم من التربة الى النبات (0.04 للخضراوات ، 367, للأعلاف) (8)  
 $C_g$  : النشاط الإشعاعي في التربة ( بكرل\كغم)

الجدول 3-12 : حساب النشاط الإشعاعي لنظير الراديويم-226 في النباتات .

| النشاط الإشعاعي في النباتات ( بكرل\كغم) | النشاط الإشعاعي في التربة ( بكرل\كغم) | معامل الانتقال | نوع النباتات     |
|---|---------------------------------------|----------------|------------------|
| 0.36                                    | 9                                     | 0.04           | الخضراوات        |
| 0.4                                     | 10                                    | 0.04           |                  |
| 3,3                                     | 9                                     | 0.367          | النباتات العلفية |

|     |    |       |  |
|-----|----|-------|--|
| 3.7 | 10 | 0.367 |  |
|-----|----|-------|--|

### 2-4-3: النشاط الإشعاعي في اللحوم و الحليب

يعتمد النشاط الإشعاعي للراديويم-226 في اللحوم و الحليب على مقدار النشاط الإشعاعي للراديويم في الأعلاف و المياه التي يشربها الحيوان. وقد تم حساب النشاط الإشعاعي في الحليب و اللحم من المعادلة (2-3)<sup>(8)</sup>. يبين الجدول 3-13 حساب النشاط الإشعاعي للراديويم في المنتجات الحيوانية .

$$C_p = F ( C_n \times Q_n + C_w \times Q_w ) \quad (3 - 2)$$

إذ إنّ :

- $C_p$  : النشاط الإشعاعي في الحليب و اللحم بوحدهات (بكرل\التر، بكرل\كغم) على التوالي .
- $F$  : معامل الانتقال ( $F_m$  للحليب =  $10 \times 6$  يوم\التر،  $F_f$  للحم =  $10 \times 5$  يوم\كغم)<sup>(8,68)</sup>
- $C_n$  : النشاط الإشعاعي في الأعلاف (بكرل\كغم).
- $Q_n$  : مقدار الاستهلاك اليومي من الأعلاف ( 40 كغم\يوم)<sup>(8)</sup>
- $C_w$  : النشاط الإشعاعي في الماء في منطقتي القاسم و الكفل ( 16 بكرل\التر ، 18 بكرل\التر ) على التوالي
- $Q_w$  : مقدار الاستهلاك اليومي من الماء ( 60 لتر\يوم)<sup>(8)</sup>.

الجدول 3 – 13: حساب النشاط الإشعاعي للراديويم في الحليب و اللحم .

| النوع  | معامل الانتقال         | النشاط الإشعاعي في الأعلاف(بكرل\كغم) | النشاط الإشعاعي في الماء(بكرل\التر) | النشاط الإشعاعي في الحليب و اللحم |
|--------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| الحليب | $4 \times 10 \times 6$ | 3,3                                  | 16                                  | 0.6                               |
|        | $4 \times 10 \times 6$ | 3.7                                  | 18                                  | 0.74                              |
| اللحم  | $4 \times 10 \times 5$ | 3,3                                  | 16                                  | 0.55                              |
|        | $4 \times 10 \times 5$ | 3.7                                  | 18                                  | 0.6                               |

### 3-4-3: النشاط الإشعاعي للرادون-222 في التربة

عند استخدام المياه الجوفية للسقي فإنّ نظير الراديويم –226 سوف يترسب في التربة و هذا بدوره ينحل ببعث غاز الرادون –222 ، الجدول 3-14 يبين حساب النشاط الإشعاعي للرادون – 222 والذي تم حسابه من المعادلة (2-6) .

الجدول 3-14: حساب النشاط الإشعاعي للرادون-222 في الهواء.

| النشاط الإشعاعي للرادون في الهواء (بكرل/م3) | النشاط الإشعاعي للرادون في التربة (بكرل/م3) | النشاط الإشعاعي للراديوم (بكرل/كغم) |
|---|---|-------------------------------------|
| 1.6   | 1600  | 9                                   |
| 1.8   | 1800  | 10                                  |

### 3-5: حساب الجرعة

يتعرض الإنسان إلى الإشعاع إما بتعرض خارجي و أما بتعرض داخلي . و حسبت الجرعة الناتجة من استخدام المياه الجوفية للشرب والسقي التي تسبب تعرض داخلي عن طريق الابتلاع إضافة إلى ذلك يؤدي استنشاق غاز الرادون إلى تعرض الإنسان للمواد المشعة.

#### 3-5-1: الجرعة السنوية الناجمة من شرب المياه الجوفية

تستخدم المياه الجوفية في محافظة بابل في اغلب الاحيان للسقي ، و في بعض المناطق التي لا يتواجد فيها محطات تصفية للمياه او عندما تشح المياه السطحية ، فإنها تستخدم للشرب و الاستخدامات الإنسانية الأخرى وقد تم حساب الجرعة المؤثرة السنوية نتيجة استهلاك لترين ماء ك معدل يومي يحتوي على الراديوم ووليداته باستعمال المعادلة (3-3)<sup>(69)</sup> لحساب الجرعة . إذ بين الجدول 3-15 الجرعة الناتجة من شرب المياه الجوفية ، عند قياس الجرعة الناجمة من شرب المياه الجوفية وجد انها اعلى من الحد المسموح به الذي هو 1 ملي سيفرت<sup>(69)</sup> ، لذا يفضل عدم شرب المياه الجوفية إلا بعد أن تتم عليها المعالجة المطلوبة . و اذا استخدمت للشرب مباشرة فيجب أن لا يكون استخدامها للشرب على مدار السنة.

$$H_p = C_p \times I_p \times DCF \quad (3-3)$$

إذ إنّ :

- $H_p$  : الجرعة المؤثرة ( سيفرت\سنة ) .
- $C_p$  : تركيز الراديوم بوحدات (بكرل\لتر) .
- $I_p$  : مقدار الاستهلاك (2 لتر\يوم)<sup>(51)</sup> .
- $DCF$  : معامل تحويل الجرعة بوحدات ( سيفرت\بكرل)<sup>(69)</sup> .

الجدول 3-15 : الجرعة الناتجة من استهلاك المياه الجوفية(سيفرت\سنة) .

| الجرعة المؤثرة (سيفرت\سنة)   | معامل تحويل الجرعة(سيفرت\سنة) | تركيز الراديوم في الماء(بكرل\لتر) | النظائر      |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| $3 \cdot 10^{-3} \times 3.7$ | $2.8 \times 10^{-7}$          | 18                                | الراديوم-226 |
| $0.079 \times 10^{-6}$       | $1.1 \times 10^{-10}$         | 9.8                               | البيزموت-214 |
| $0.68 \times 10^{-6}$        | $1.4 \times 10^{-10}$         | 6.7                               | الرصاص-214   |

#### 3-5-2: الجرعة الناتجة من استهلاك الخضراوات

تعتمد الجرعة الناتجة من استهلاك الخضراوات على مقدار الاستهلاك السنوي للخضراوات و على تركيز النظير المشع في الخضراوات وبحسب الجرعة الإشعاعية الناجمة عن تناول هذه الخضراوات من المعادلة (3-3). يبين الجدول 3-16 الجرعة الناجمة من استهلاك الخضراوات .

إذ إنّ

Ip : مقدار الاستهلاك السنوي (90 كغم\سنة) (8)  
Cp : النشاط الإشعاعي في الخضراوات بوحدات (بكرل\كغم)

الجدول 3 – 16: حساب الجرعة لنظير الراديوم الناتجة من الخضراوات (سيفرت\سنة).

| الجرعة المؤثرة<br>(سيفرت\سنة) | معامل تحويل الجرعة<br>(سيفرت\سنة) | النشاط الإشعاعي في<br>الخضراوات<br>(بكرل\كغم) |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| $5^{-10} \times 0.89$         | $7^{-10} \times 2.8$              | 0.36  |
| $5^{-10} \times 1.08$         | $7^{-10} \times 2.8$              | 0.4   |

### 3-5-3: الجرعة الناتجة من استهلاك الحليب و اللحم

تعتمد الجرعة الناتجة من استهلاك الحليب و اللحم على مقدار الاستهلاك السنوي ومقدار النشاط الإشعاعي في الحليب و اللحم ، استخدم معدل استهلاك الشخص العراقي من الحليب و اللحم المستخلص من مسوحات منظمة الغذاء العالمية Food  
Agriculture Organization (FAO) (70). الجدول 3 - 17 يوضح حساب الجرعة الناتجة من تناول الحليب و اللحم باستخدام المعادلة (3 – 3).

إذ إنّ

Ip : مقدار الاستهلاك السنوي من اللحم والحليب (13 كغم\يوم ، 150 لتر\يوم) (70) على التوالي .  
Cp : النشاط الإشعاعي في اللحم والحليب (بكرل\كغم، بكرل\لتر) على التوالي .

الجدول 3-17: حساب الجرعة الإشعاعية لنظير الراديوم الناتجة من استهلاك اللحم والحليب (سيفرت\سنة).

| الجرعة المؤثرة<br>(سيفرت\سنة) | معامل تحويل الجرعة<br>(سيفرت\سنة) | النشاط الإشعاعي في<br>اللحم والحليب | النوع  |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------|
| $5^{-10} \times 0.19$         | $7^{-10} \times 2.8$              | 0.5                                 | اللحم  |
| $5^{-10} \times 0.22$         | $7^{-10} \times 2.8$              | 0.6                                 |        |
| $5^{-10} \times 2.74$         | $7^{-10} \times 2.8$              | 0.7                                 | الحليب |
| $5^{-10} \times 3.09$         | $7^{-10} \times 2.8$              | 0.74                                |        |

### 3-5-4: الجرعة الناتجة من الاستنشاق

تعتمد الجرعة الناتجة من استنشاق غاز الرادون على معدل استهلاك الهواء و هذا يعتمد على مدة البقاء خارج المنزل ، و تم حساب الجرعة الإشعاعية الناتجة من استنشاق غاز الرادون -222 بالاعتماد على النشاط الإشعاعي للرادون في الهواء . حسب جرعة الاستنشاق لغاز الرادون -222 من المعادلة (3-3). الجدول 3-18 يبين الجرعة الناتجة من استنشاق غاز الرادون

Ip: مقدار الاستهلاك الهواء خارج المنزل (1600م<sup>3</sup> \سنة)<sup>(4)</sup>.  
DCF: معامل تحويل غاز الرادون بوحدات (سيفرت\سنة)<sup>(69)</sup>.

الجدول 3-18 : الجرعة الناجمة من استنشاق غاز الرادون-222 (سيفرت\سنة) .

| الجرعة المـؤثرة<br>(سيفرت\سنة) | معامل تحويل<br>غاز الرادون<br>(سيفرت\سنة) | النشاط الإشعاعي<br>للرادون-222 في<br>الهواء (بكرل\م <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------|---|--|
| $6-10 \times 0.0333$           | $9-10 \times 1.3$                         | 1.6  |
| $6-10 \times 0.0374$           | $9-10 \times 1.3$                         | 1.8  |

يستنتج من الجداول 3-16 و 3-18 أن الجرعة الناتجة من استهلاك المنتجات الحيوانية (الحليب واللحم) والخضراوات وكذلك الجرعة الناتجة من استنشاق غاز الرادون هي ضمن الحدود المسموح به الذي يساوي 1 ملي سيفرت\سنة<sup>(69,70)</sup>.

## 3-6: الاستنتاجات Conclusions

- 1- من خلال قياس النشاط الإشعاعي للمياه الجوفية لمحافظة بابل وجد أنّ بعض الآبار تحتوي على نشاط إشعاعي يعود الى سلسلة انحلال اليورانيوم -238 و الثور يوم -232 و بنسب مرتفعة لذا يجب عدم استخدام هذه الآبار للشرب .
- 2- اثبتت فحوصات المياه السطحية أنّ النشاط الإشعاعي للنماذج المقيسة هو دون مستوى تحسس الجهاز .
- 3- في نتائج الفحوصات لنماذج الرواسب وجد أنّها تحتوي على نظائر مشعة طبيعية تعود الى سلسلتي اليورانيوم-238 و الثوريوم-232 و نويده البوتاسيوم المشعة -40 بنسب متفاوتة من موقع الى اخر اعتمادا على الطبيعة الجيولوجية الطباقية لمكونات الرواسب . إنّ تواجد الثوريوم في الرواسب و عدم تواجده في المياه الجوفية يفسر لنا قلة ذوبانه في المياه و كذلك

- يؤكد قابلية اليورانيوم على الترسيب أو التعرية و بعد موازنة النتائج مع ما منشور عالميا وجد أنها ضمن الحدود المسموح بها .
- 4- وجد أنّ الجرعة الناتجة من استهلاك المياه الجوفية أعلى من الحد المسموح به ، لذا يفضل عدم شرب المياه مباشرة من البئر و خاصة في مناطق الكفل والقاسم .
- 5- من خلال حساب معدلات الجرعة الناجمة من الحليب و اللحم و النباتات و استنشاق غاز الرادون وجد أنّها ضمن الحدود المسموح بها بحسب المحددات المنشورة في وكالة الطاقة الذرية الدولية ، لذا يمكن استخدام مياه الآبار للسقي .

### 3-7: التوصيات و العمل المستقبلي

## Recommendation and Future work

- 1- اجراء دراسة مماثلة لكافة مناطق القطر لتحديد الخلفية الطبيعية لكي تُعدّ مقياساً مرجعياً لمعرفة أية زيادة في النشاط الإشعاعي ناجمة من مصادر خارجية .
- 2- اعداد برنامج رياضي لإيجاد معدل الترشيح للنشاط الإشعاعي من الرواسب إلى المياه .
- 3- عمل دراسة مختبرية (تحت ظروف مسيطر عليها) لايجاد قيم معاملات الانتقال لنظائر سلسلة اليورانيوم -238 من التربة الى النباتات ومنه الى انسجة الحيوانات .

## References

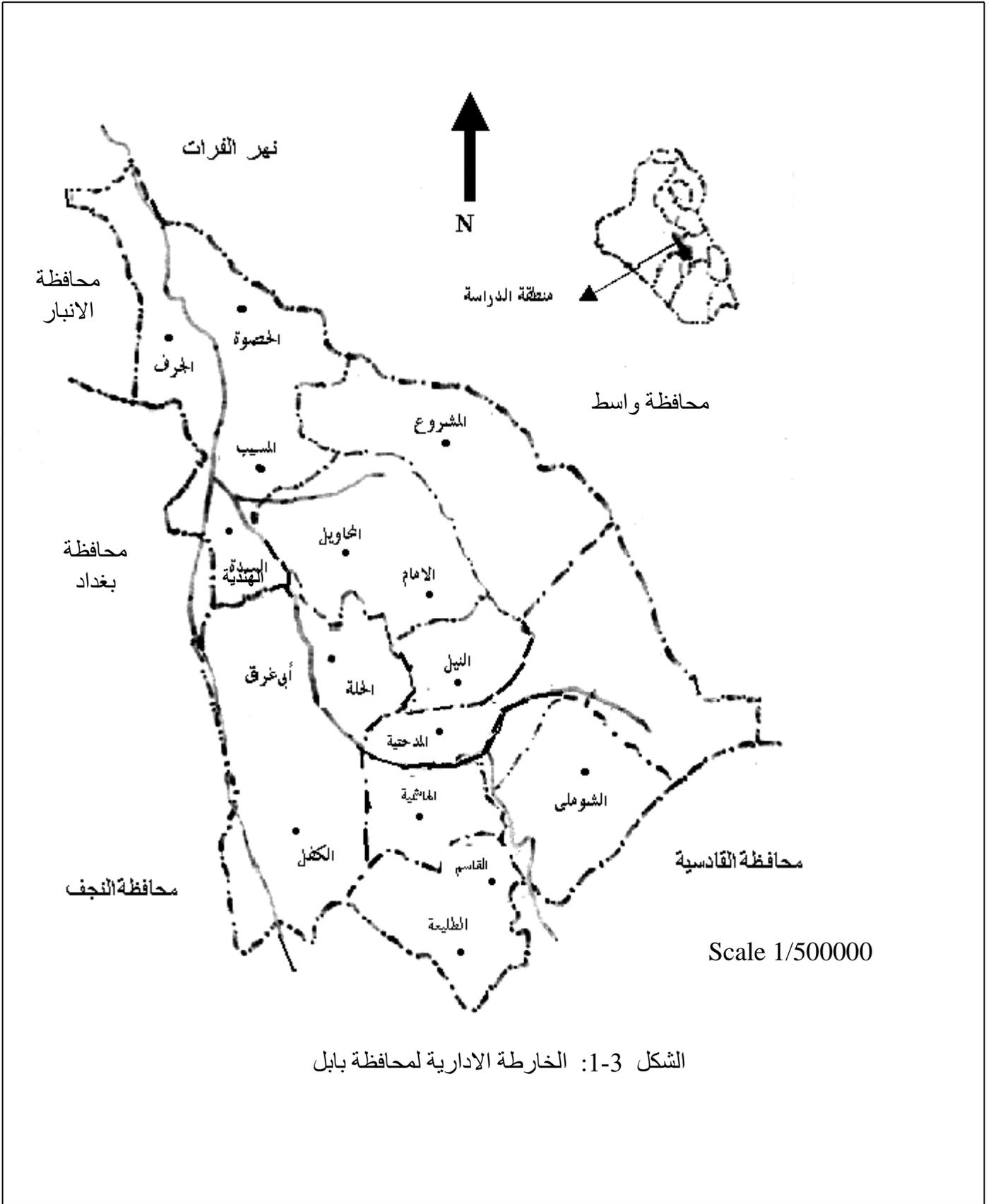
## المصادر

- 1- البديري ، محمد باقر حسين (ترجمة) مقدمة في الوقاية من الإشعاع ،الن مارتن و صاموئيل هاريسون ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، جامعة بغداد ،بيت الحكمة ،(1989) .
- 2- H.Cember , Introduction to Health Physics , 2<sup>nd</sup> ed. North Western University ,(1985).
- 3- الجنابي ، موسى ، الكون الذري ، منشورات الطاقة الذرية العراقية ،(1987)
- 4- UNSCEAR , Sources and Effects of Ionizing Radiation , New York , United Nation , (1993) .
- 5- معروف ، بهاء الدين حسين ، الوقاية من الاشعة المؤينة ، منشورات الطاقة الذرية العراقية ،(1989) .
- 6- L.Andrews , Nuclear Radiation Physics , 4<sup>th</sup> ed. , Hall – Inc., (1972) .
- 7- K.Rankana Progress is Isotope Geology , John Wiley , (1963) .
- 8- IAEA , The Environmental Behaviour of Radium , Vienna , Technical Reports Series , Vol.1 , No.310,(1990) .
- 9- وقائع الدورة التدريبية من الاشعاع ، سوريا ، الجزء الاول ، (1997) .
- 10- N.Yanase , T.Pahme and K.sekin , Geoc . Tour , **115**,2,263 (1987).
- 11- D.Tayal , Nuclear Physics , Himalaya Publishing House,New Delhi , (1982) .
- 12- معروف ،بهاء الدين حسين (ترجمة) توصيف حالة التعرض لليورانيوم المنضب ، دان فاهي ، مركز ام المعارك للبحوث و المعلومات ،(2000)
- 13- B. Maroaf , A.Al-Hodad , N.Tom , N.Towfiq , J.Mahmood and M.Hassan , Sci , Tota . Envi ., **106** , 1919 , (1991) .
- 14- معروف ، بهاء الدين حسين ، مجلة ام المعارك دار الحرية للطباعة ، بغداد ، **21** ، 35 ، (2000) ،
- 15- معروف ، بهاء الدين حسين ، مجلة ام المعارك دار الحرية للطباعة ، بغداد ، **26** ، 129 ، (1998) ،
- 16- J.Dams Palo Casparim , Gamma-Rays Spectrometry of Rocks Methods in Geochemistry and Geophysics , (1987) .
- 17- الحسين،علي عبد ، سهام عبد الجبار ، اسس الكيمياء النووية و ظاهرة النشاط الإشعاعي ، الطبعة الاولى ، دار الميسرة للنشر و الطباعة ،(2001)
- 18- الدرکزلي ، شذى سلمان ، الكشف عن الأشعة النووية ، مطبعة التعليم العالي و البحث العلمي ، بغداد ، (1989) .
- 19- R.Clark , Marine Pollution , 4<sup>th</sup> ed. , Press- Oxford , (1997) .
- 20- العطية ، موسى ، مجلة الذرة و التنمية ، **11** ، **2** ، (1999) .
- 21- N.Yanase and K.Sekine , Mate . Rese . Soci. Symp-Proc., **353**,1235 , (1995) .
- 22- عبد الفتاح ، احمد طاهر ، وقائع الندوة العربية للتلوث ، اثار و طرق الوقاية منه في العالم العربي ، القاهرة ،(1972).
- 23- The Radiation Protection Authorities in Denmark , Finland Iceland , Norway and Sweden , Naturally Occurring Radioactivity in, the Nordic Countries Recommendation , (2000) .
- 24- E. Ethman and T.Yasseen , Envi . Inte ., **22**,59 , (1996).

- 25- A. Farmer , Managing Environmental Pollution , 1<sup>st</sup> ed. , New Fetter Lance , London , (1997) .
- 26- IAEA , The Environmental Behaviour of Radium , Vienna , Technical Reports Series , Vol. 2 , No. 310 ,( 1990) .
- 27- A.Upton , Origin of Human Concer , Conference on Cells , U.S, Vol. 4 , (1977) .
- 28- M.Eisenbud , Environmental Radioactivity , 3<sup>rd</sup> ed. , Academic Press Inc.,( 1987) .
- 29- R.Menzel , Heal . Phys ., **11**,1325 , (1965) .
- 30- UNSCEAR , Sources and Effects of Ionizing Radiation ., New York , United Nation , (1988) .
- 31- Y.Ng , Nucl . Safe ., **23** , 1, 57 , (1982) .
- 32- M.Sheppard , Heal . Phys., **49**,1,106,(1985) .
- 33- M.Sheppard , Heal . Phys., **48**,4,494,(1985) .
- 34- M.Ward and J.Johnson , Heal . Phys ., **50** , 3,411, (1986) .
- 35- M.Ennis , M. Ward , J. Johnson and N. Boamah , Heal . Phys., **54**,2,167, (1988) .
- 36- T.Johnson , M.Ward , M.Ennis and N.Boamah , Heal . Phys., **54** , 2 , 161, (1998) .
- 37- G.Knoll , Radiation Detection and Measurement , John Willy Sons , New York , 3<sup>rd</sup> ed. , (2000) .
- 38- ICRP , Recommendations of the International Commission on Radiological , No.60 , (1990) .
- 39- التكريتي ، أسماء احمد ، قياس تراكيز النويدات المشعة في مياه و رواسب نهر دجلة ، اطروحة ماجستير ، جامعة بغداد ، (2002) .
- 40- العاني ، ثائر محمد ، دراسة جيوكيميائية و هيدروكيميائية و رسوبية مناطق سبخ وسط و جنوب العراق ، اطروحة ماجستير ، جامعة بغداد ، (1986) .
- 41- الخطيب ، ازهار علي ، انهيارات منحدرات ضفاف نهر صدام القاطع الشمالي الاسباب و المعالجات ، اطروحة دكتوراه ، جامعة بغداد ، (2002) .
- 42- J.Mechel , W. Moore and P.King , Anal. Cjem., **53** ,1885, (1981).
- 43- I.Yang and E.Ambats , Nucl. Inst. & Meth., **193** , 197 , (1982).
- 44- W.Moore , Nucl. Inst. & Meth in Phys . Res. ., **223** , 407 , (1984).
- 45- C.Hess , T.Hartton , H.Prechard and W.Coniglio , Heal . Phys. , **48** , 553 , (1985) .
- 46- A.Hok, A.Kamel, A.Abbady and B.Sansoni, Bull.Fact. Scie.,**19**,1 ,(1990)
- 47- R.Bernd , B.Kahn , J. Lahr and D.Grow , Heal . Phys., **54**,125,(1990) .
- 48- A.Johnston and P.Martin , Appl . Radi . Isot., **48** ,5,631,(1997).
- 49- N.Yanase , T.Sato , Y. Iida and K.Sekine , Radi ., **82** , 319 , (1998).
- 50- M.Sohrabi , M.Betollahi , S. Hafezi and M. Bolourchi , Heal . Phys., **77** , 150, (1999) .
- 51- W.Chrusciewski and Kaminski Jour. of Occu . Medi. & Envi . Heal. , **12**,229 , (1999) .

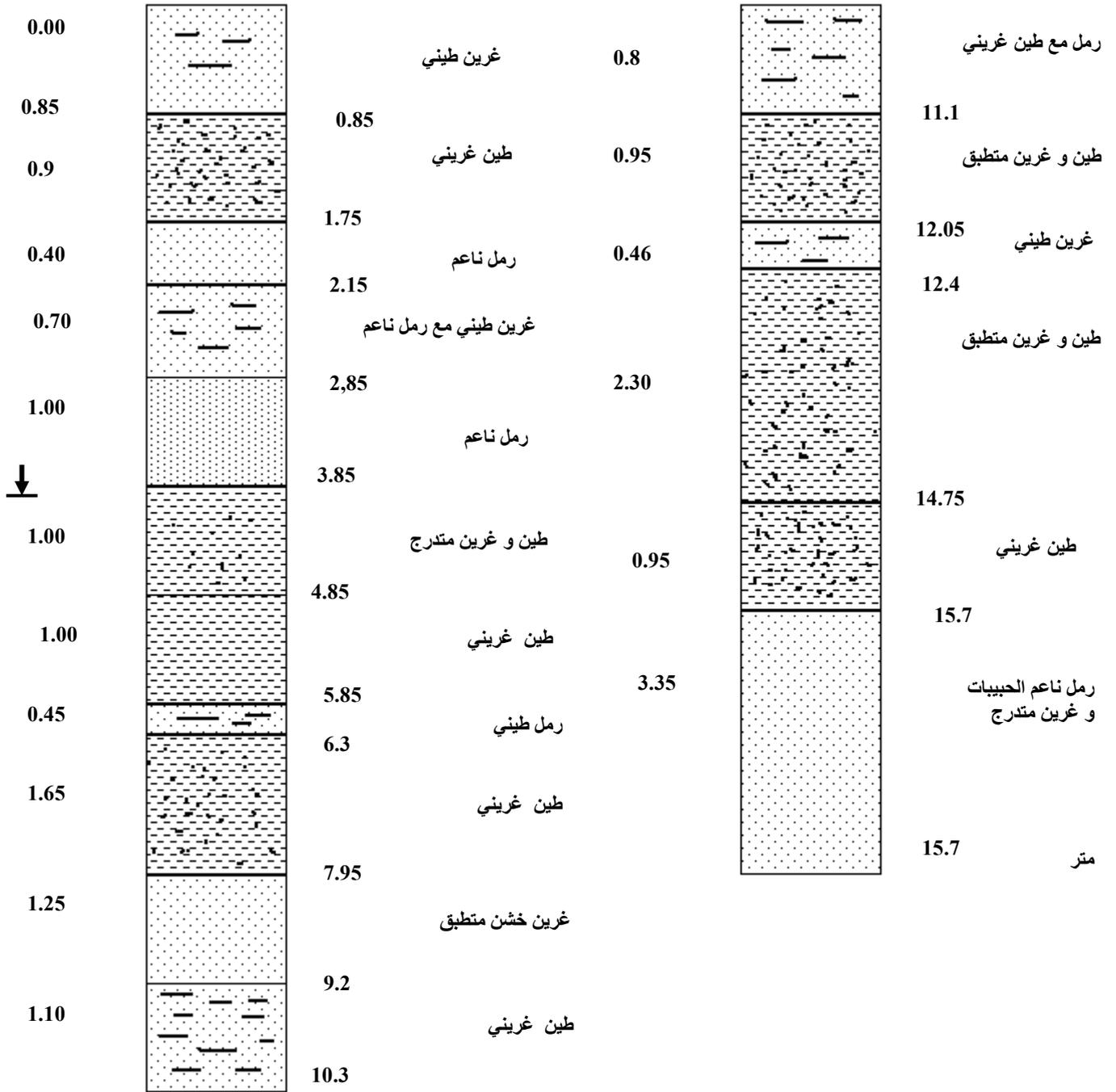
- 52- E.Shabana , S.Al-Daihan , A.Al-Yousef and Forouk . Third Arab Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy , Demescus , (1996) .
- 53- A.El-Hafez , M. hassan , M.El-Fiki and A.Fadel , Egyp . Jour . Biop ., **4**,170,(1998) .
- 54- El-Mongy , S.El.Fikaand A-Mod bouly , Egyp.Jour. Biop., **4**,1,(1998).
- 55- A.Diabat , K. Abumuradands Gharaiabah , First Symposium on Use of Nuclear Techniques in Environmental studies , Yarmouk University , Jordan , (2001) .
- 56- B.Marouf , G.Al-Khateeb , D. Al-Ani , A. Mohomd , T.Taha and J.Mahmood , Inter .Jour . Envi . Stud ., **42**,11,(1992) .
- 57- B.Marouf, G.Al-Khateeb,D.Al-Ani, A.Mohamod ,J.Taha and J.Mahmood,Inte.Jour.Stud.,**42**,11,(1992)
- 58- الساجي ، محمد عبد الواحد ، الاضرار الناجمة عن استخدام العدوان الامريكي الصهيوني الاسلحة الاشعاعية على المياه السطحية و الجوفية في العراق عام 1991 ، اطروحة ماجستير ، جامعة بغداد ، (1998) .
- 59- الجنابي ، محمود عبد الحسين ، دراسة الصفات الفيزيائية و الكيميائية و احتمالية تلوث المياه لجوفية في منطقة شثانة (محافظة كربلاء) ، اطروحة ماجستير ، جامعة بغداد ، (2001) .
- 60- Poul Craing Martin , Radiological Impact Assessment of Uranium Mining and Milling , Ph.D. , Queensland University of Technology , Australia ,(2000) .
- 61- J.Hollander , Nucl , Inst. & Meth ., **43**,65,(1966).
- 62- N.Tsoufanidis , Measurement and Detection of Radiation , Mc-Graw Hill , New York,(1983) .
- 63- A.Beiser , Concept of Modern Physics ,Mc-Grow Hill , Kogakusha , (1973) .
- 64- السعدون ، عبد الجليل ، دراسة الواقع السياحي لمحافظة بابل و ضرورة تخطيط الخدمات السياحية فيها ، اطروحة ماجستير ، جامعة بغداد ، (1988) .
- 65- IAEA , Measurnment of Radionuclides in Food and the Environment , Vienna , Tech. Rep. Series , No. 295 ,( 1989) .
- 66- ICRP , Recommendations of the International Commission on Radiological Protection , Pergaman Press , New Yourk , No.26 , (1977) .
- 67- A.Kasai,K.Sekine,T.Imal,N.Yanase and T.Ueno,Geoscience Investigation of Two North Atlantic Abyssal Plains ,Vol.11,979,(1989)
- 68- IAEA , Generic Models and Parameter for Assessing the Environmental Transfer Radionuvlides from Routine Release , Vienna , Safety Series , No. 57 , (1982) .
- 69- IAEA, International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for The Safety of Radiation Sources, Vienna, Safety Series , (1996) .
- 70- FAO , Review of Food Consumption Surveys , Recommendations , Africa , Vol.2 , (1977) .

71- K.Yu and S.Meo , Heal . Phys., **77** , 686 , (1999) .



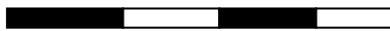
الشكل 3-1: الخارطة الادارية لمحافظة بابل

العمق (م) سطح الارض سمك الطبقة      العمق (م) سطح الارض سمك الطبقة



مستوى المياه الجوفية = 4.5 متر فوق مستوى سطح البحر

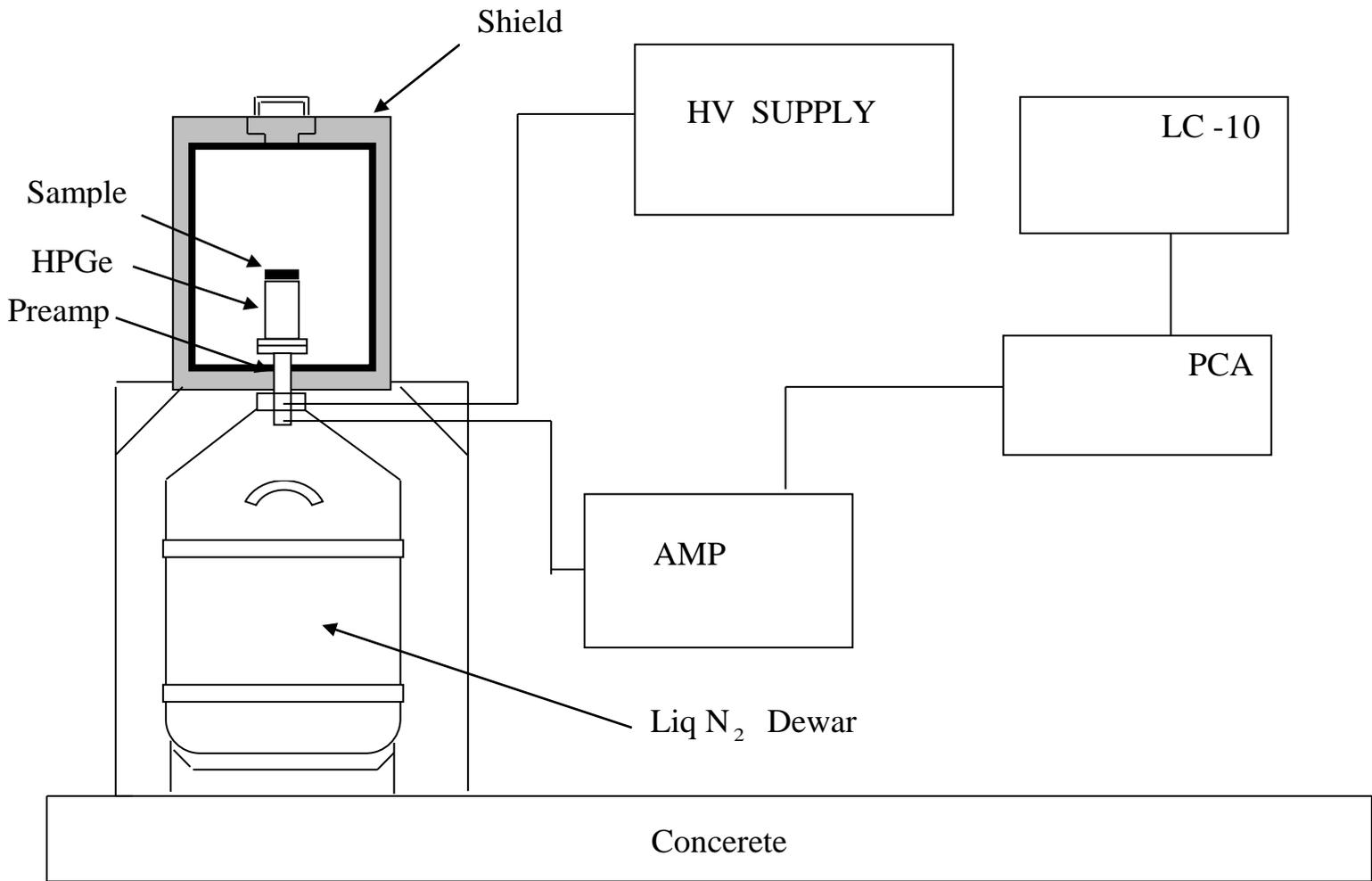
0 2 4 6



متر

الشكل 4-1 مقطع طباقى مثالي في منطقة السهل الرسوبي .

**Clay and Slightly Silty**



الشكل ( 2-3 ) يوضح أجزاء المنظومة المستخدمة