مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (2) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (2) 2015

تسرب الرادون إلى الأبنية السكنية في المناطق النشطة تكتونياً

الدكتور طلال عواد*
الدكتور عادل عوض**
ديمه سلامه***

(تاريخ الإيداع 28 / 12 / 2014. قُبِل للنشر في 4/ 3 / 2015)

□ ملخّص □

الرادون غاز طبيعي مشع ينتج من التفكك الإشعاعي لعنصر الراديوم الناتج عن تفكك اليورانيوم ضمن القشرة الأرضية.يتحلل الرادون تلقائياً منتجاً عناصر مشعة تلتصق بجدار الرئةعند التنفس. يعد الرادون بحسب الدراسات الأمريكية والأوروبية لتقييم خطره على الصحة العامة المسبب الثاني للإصابة بسرطان الرئة. وجود الصدوع والتشققات الصخرية يلعب دوراً كبيراً في تسهيل حركته وانتقاله من الأعماق وانطلاقه إلى الهواء. يعد تسرب الرادون من ترب التأسيس المصدر الأساسي للتلوث بالرادون داخل المنازل.

نظراً للتزايد العمراني والسكاني في مناطق الصدوع النشطة تكتونياً ، وما يرافق النشاط التكتوني من زيادة بانبعاث الرادون وتسربه إلى المنازل، وحيث إن تعرض الإنسان للغازات المشعة أمر غير مرغوب به لما له من تأثيرات ضارة في الصحة ، لذلك من الضروري إجراء أبحاث حول هذا الموضوع في تلك المناطق من سورية، واتخاذ إجراءات وقائية وعلاجية لخفض نسبته في المنازل وفي ترب التأسيس للأبنية.

تأتي أهمية البحث من الاستفادة من قياسات تغير تركيز الرادون وانعكاساته من الناحيتين الجيوتكنيكية والجيوبيئية.

الكلمات المفتاحية: الرادون، ترب التأسيس، المواصفات الجيوتكنيكية، الصدوع النشطة

*أستاذ مساعد – قسم الهندسة الجيوتكنيكية– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق– سورية.
**أستاذ – قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– سورية.
***ماجستير – قسم الهندسة الجيوتكنيكية– كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (2) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (2) 2015

The leakage of radon to residential buildings in active tectonic regions

Dr. TalalAwwad*
Dr. Adel Awad**
DimaSalameh***

(Received 28 / 12 / 2014. Accepted 4 / 3 / 2015)

□ ABSTRACT □

Radon is a radioactive gas, occurring naturally as a decay product of uranium .Radon is the second cause of lung cancer according to EPA and WHO estimates. The presence of cracks plays a major role in transmission of radon from depth to the surface of the earth and steams it into the air.The leakage of radon from the foundation soils is usually the primary source of indoor radon pollution. Due to the growth of urban population in active tectonic regions and because tectonic activity is accompanied by an increase in radon concentration; the emission of radon in these regions and its leakage into houses will be higher thus,it becomes necessary to conduct researches in those regions and take appropriate preventive and corrective actions to reduce the presence of radon in the houses and in foundation soils.

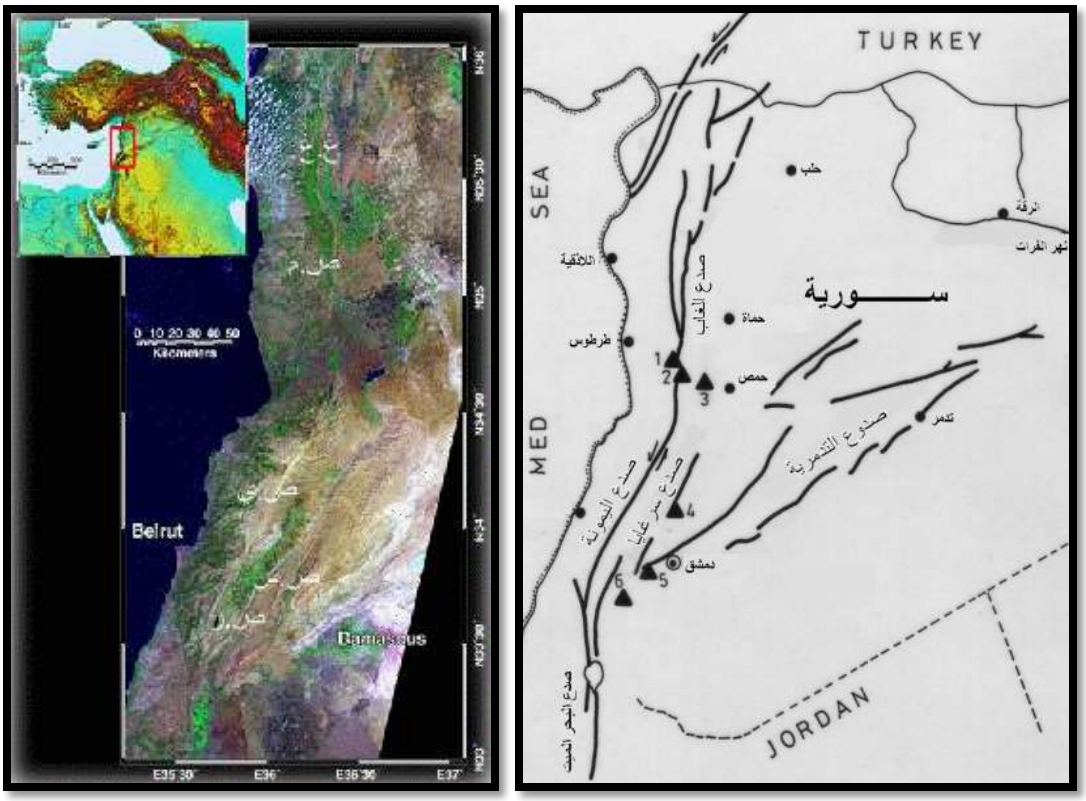
The importance of this research comes from benefiting from measurements of the change of radon concentration and its implications from both Geotechnical and Geo-environmental aspects.

Key Words: Radon, Foundation soils, Geotechnical parameters, active faults

*Associate Professor, department of Geotechnical engineering, Faculty of civil engineering, Damascus University, Syria.
**Professor, department of Environmental engineering, Faculty of civil engineering, Tishreen University, Syria.
***Master, department of Geotechnical engineering, Faculty of civil engineering, Tishreen University, Syria.

مقدمة :

يعد نظام الصدع المشرقي (صدع البحر الميت D.S.F) من أهم المناطق المعرضة للنشاط التكتوني في سورية، تبرز خطورته من دوره في توليد العديد من الهزات الأرضية التي خلفت شواهد متعددة من مظاهر الخراب والدمار في المنطقة ،الأمر الذي يستدعي توظيف وتضافر كافة الجهود والإمكانات العلمية المتوفرة بغية رصد سلوكه التكتوني باستمرار وخاصة في المواقع الحيوية القريبة من المدن الكبرى.يمتد (D.S.F) في الغرب من سورية باتجاه شمال جنوب ويتفرع عن الإمتداد الشمالي له عدة صدوع أهمها صدع اليمونة في لبنان وصدع سرغايا إلى الشمال الغربي من مدينة دمشق ، يندمج صدع اليمونة اللبناني مع صدع الغاب السوري قرب سهل البقيعة إلى الغرب من مدينة حمص السورية، حيث يمتد الأخير نحو الشمال متفرعاً إلى العديد من الصدوع الثانوية التي تصل بينها أحواض مثل حوض مصياف ثم حوض الغاب الذي يتفرع إلى جزأين هما حوض جسر الشغور في الغرب وحوض سهل الروج في الشرق ، وينتهي الامتداد الشمالي لنظام الصدع المشرقي بالتقائه مع صدعشرق الأناضول قرب الحدود الدولية السورية–التركية[1] [2].

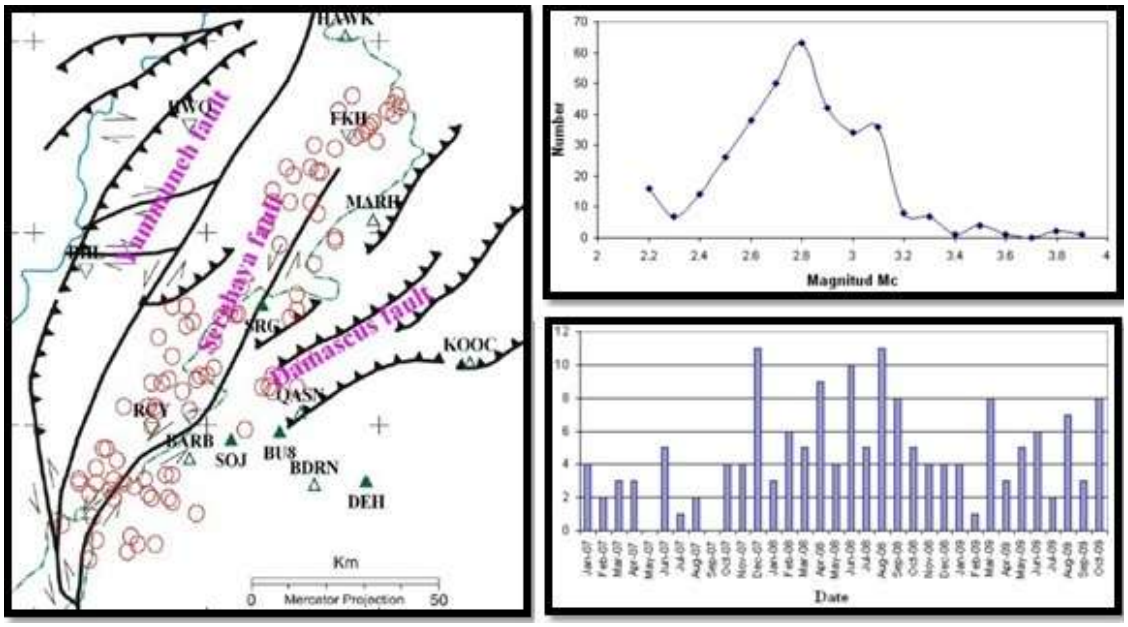


الشكل (1):الصدوع الرئيسية غرب سورية الشكل (2): صورة فضائية

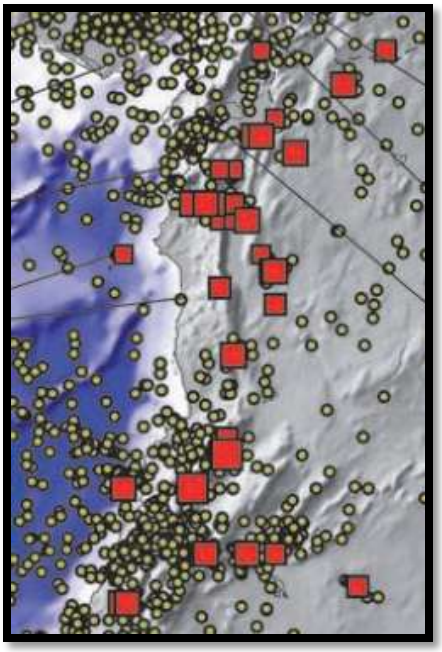
تعد مراقبة تغيرات تراكيز غاز الرادون في المياه الجوفية والتربة من أهم التقانات التي تساهم في تعزيز متابعة المظاهر التكتونية[3]

تقع منطقة البحث في غرب دمشق وتمتد من جبال الحرمون جنوباً الى مدينة سرغايا شمالاً، تتأثر المنطقة بمجموعة من الصدوع أهمها صدع سرغايا والذي أثبتت الدراسات الحديثة نشاطه المتكرر الشكل (3)،بالإضافة إلى

مجموعة من الصدوع التي تساهم في تجزئة التوضعات الصخرية إلى كتل ضخمة ،منها صدع دمشق، و صدوع منخفض جبل العرب والصدوع الدفينة الممتدة غرب دمشق والتي أثبت وجودها ونشاطها التكتوني الأعمال المنجزة من قبل هيئة الطاقة الذرية السورية [4].



الشكل (3) : النشاط الزلزالي المسجل آلياً حول صدع سرغايا (2007 –2009)



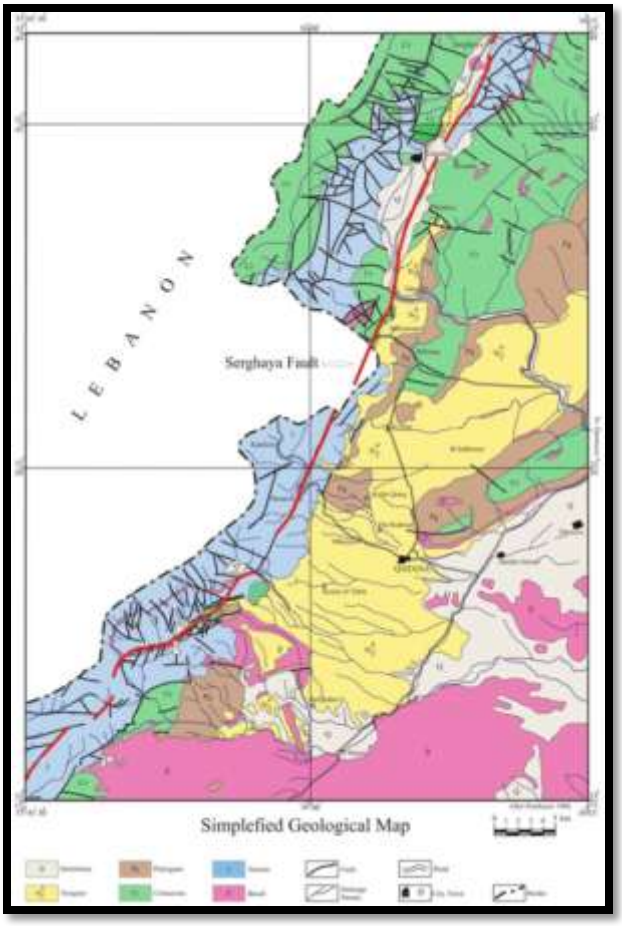
الشكل (4): الزلازل التاريخية عند D.S.F

تبين الأشكال (5،6،7) بعض دلائل التصدع النشيط على امتداد صدع سرغايا :

الشكل(5):جرف صدعي غور الزيداني

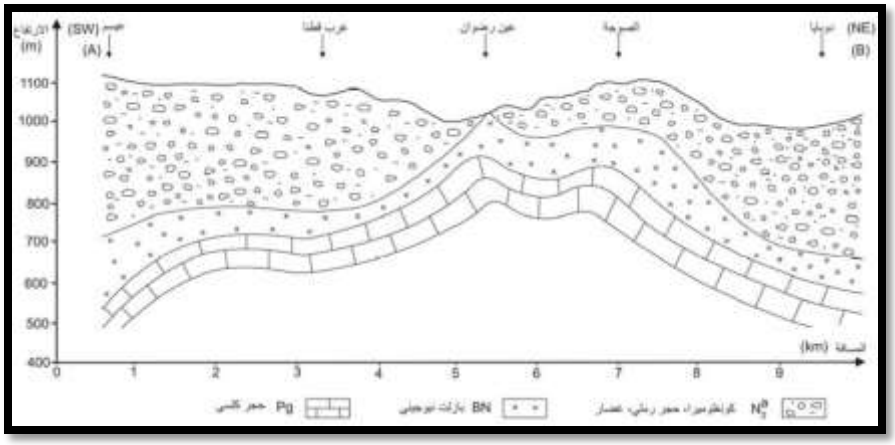
الشكل(6):انحراف المجاري المائية منطقة مضايا

الشكل(7):جرف صدعي منطقة بلودان



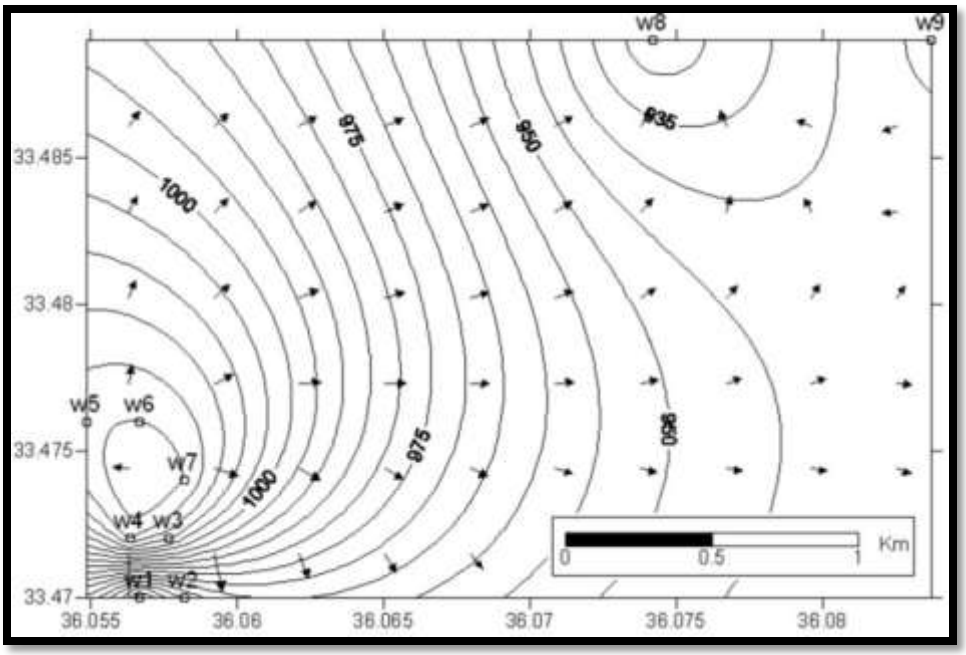
الشكل (8)خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة

تشير الأعمدة الليثولوجية للآبار المحفورة في منطقة البحث إلى وجود ثلاث طبقات رئيسية مكونة من الكونغلوميرا والحجر الرملي والغضار ذات سماكات متفاوتة مع ظهور تكشفات للبازلت على سطح الأرض غرب بلدة عين رضوان، و هذا التكشف قد يكون مرتبطاً بنشاط تكتوني أو بنيوي تم إظهاره في المقطع الجيولوجي . تمتازهذه التشكيلات الجيولوجية بشقوقية عالية عموماً لكونها منطقة مخلعة تكتونياً.



الشكل(9) مقطع جيولوجي عبر موقعي دوبايا والصوجة

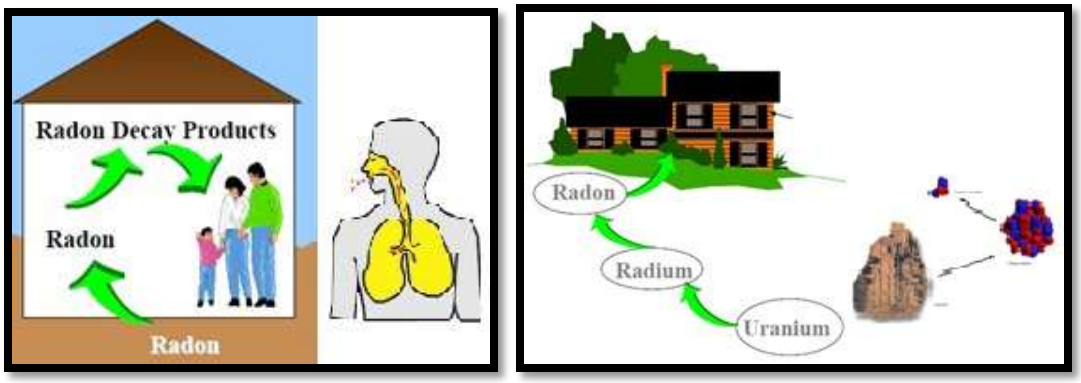
تتمتع منطقة البحث بهاطل مطري يوفر تغذية سطحية ورشحية جيدة، كما تتاخم جبل الحرمون مما يوفر تغذية إقليمية نتيجة تساقط الثلوج على المرتفعات المجاورة ،بالإضافة إلى وجود تغذية ذات مصدر تكتوني اقليمي من النطاق الصدعي المتاخم للحرمون (صدع سرغايا). وبذلك تمتاز المنطقة باحتوائها على مستوى حامل للمياه الجوفية تبين خارطة اتجاه حركة المياه الجوفية (الشكل 6) بأن التغذية الإقليمية للسويات الحاملة للمياه الجوفية قادمة من منطقة الحرمون وتسلك اتجاهات مختلفة وخاصة في منطقة الصوجة . يشير التغير المحلي في اتجاه حركة المياه الجوفية إلى وضع تكتوني أو بنيوي شبه معقد.



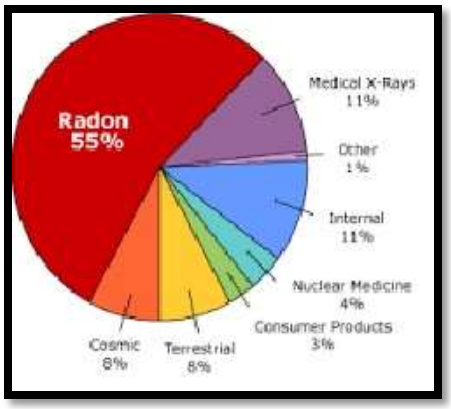
الشكل (10):خارطة لاتجاهات حركة المياه الجوفية في منطقة الدراسة ، تمثل النقاط مواقع الآبار المحفورة

غاز الرادون Rn

الرادون غاز مشع ذو منشأ طبيعي عديم اللون والطعم والرائحة شديد السمية، ينتج من التفكك الإشعاعي لعنصر الراديوم الناتج عن التفكك الإشعاعي لليورانيوم الطبيعي في التربة والصخور.و بما أنه غاز خامل كيميائياً فهو ينطلق إلى الغلاف الجوي دون أن يستهلك في تفاعلات كيميائية أو يشكل مركبات تحول دون هجرته وانتقاله. يتحلل الرادون تلقائياً منتجاً ذرات من عناصر مشعة أخرى ، تدخل إلى الرئتين تتلف الخلايا الحية وتسبب الإصابة بسرطان الرئة يعد الرادون المصدر الرئيسي للخلفية الإشعاعية الطبيعية حيث يساهم بحوالي 55%من الجرعة الإشعاعية السنوية التي يتعرض لها الإنسان[5]



الشكل(11):منشأ غاز الرادون، انتقاله ، وتحلله إلى عناصر مشعة تسبب الإصابة سرطان الرئة



الشكل(12) : نسبة الرادون من الجرعة الإشعاعية السنوية التي يتعرض لها الإنسان سنويا"

تكون نسبة تركيز غاز الرادون عالية جداً في الأماكن الصخرية المغلقة مثل الكهوف وأقبية المنازل والمناجم والفوالق الصخرية، ومن أهم أنواع الصخور التي يزداد فيها تركيز غاز الرادون الصخور الحامضية الغرانيتة والفوسفاتية والصخور البلورية و الصوانية وكذلك البازلت [6]. يمكن للرادون أن يحتجز في التربة والصخور وعند حدوث أي شق أو تصدع أو إثارة لسطح الكرة الأرضية ينطلق إلى الهواء ، ترتبط عملية انتقال الرادون وحركته ضمن الأوساط الصخرية بالعديد من العوامل من أهمها مسامية ونفاذية الوسط ، درجة توافر الشقوق والصدوع ،محتوى الرطوبة ،حجم المكونات الصخرية وطبيعة تركيبها الليثولوجي، تأثير العوامل المناخية المختلفة.

إن النسبةالعظمى لغاز الرادون داخل المنزل تأتي من التربة و الصخر المحيط بالمبنى ،ونظرا" لأن ضغط الهواء داخل المنزل ينخفض بصفة عامة عن ضغط الهواء في التربة المحيطة بالأساسات لذلك فان البناء سيعمل كمضخة تفريغ تسحب الغاز من التربةبشكل مستمر. ونظراً للتزايد العمراني والسكاني في مناطق الصدوع النشطة تكتونياً ، وحيث إنه يرافق النشاط التكتوني زيادة بنسبة تركيز الرادون فان انبعاثه في تلك المناطق وتسربه إلى داخل المنازل سيكون أكبر، لذلك أصبح من الضروري إجراء دراسات وأبحاث حول هذا الموضوع في الأماكن المأهولة بالسكان في تلك المناطق من سورية، واتخاذ إجراءات مناسبة وقائية وعلاجية لخفض نسبته في المنازل وفي ترب التأسيس للأبنية وذلك من أجل خفض التلوث الحاصل عنه.

طرائق البحث ومواده:

-أهم العوامل المؤثرة في تسرب الرادون من ترب التأسيس إلى البناء

يختلف تركيز الرادون من مكان إلى آخر بحسب الطبيعة الجيولوجية للمكان ، ويعتمد انبعاثه من التربة على كمية انبثاقه من حبيبات مادة التربة وعلى انتشاره عبر مساماتها إلى الوسط الخارجي ، وقد وجد أن انبعاثه بشكل عام من الصخور أكبر منه من التربة . تتأثر حركة الرادون في التربة بمجموعة من المواصفات الجيوتكنيكية الخاصة بالتربة الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية. ولذلك لابد من دراسة تغير تراكيز الرادون ضمن مقاطع (برفيلات) شاقولية للتربة من السطح إلى أسفل منسوب التأسيس مع الأخذ في الحسبان تأثير كل من رطوبة التربة، درجة الإشباع، المسامية، النفاذية، التركيب الحبي للتربة ، الكثافة والكثافة الحجمية، ارتصاص التربة، عوامل التجوية المؤثرة في الصخر الأساسي ، تغير طبقات التربة الحاصل.....[7]

فكلما زادت مسامية التربة زاد تسرب الرادون عبرها لذلك يكون التسرب أعلى في الترب الخشنة الرملية والبحصية في حين تمانع وتعيق تسربه الترب الناعمة الغضارية.

كذلك الأمر بالنسبة للنفاذية فكلما زادت نفاذية التربة زادت معها قدرة الرادون على الحركة ، وقد أثبتت الدراسات السابقة أن تسرب الرادون في التربة سيؤثر في قيمة معامل نفاذيتها وحسابهمخبرياً وحقلياً لن يعطي نتائج حقيقية لقيمته حيث إن هذه النفاذية لن تكون نفسها في المستقبل عند منطقة اتصال البناء مع التربة ،و لذلك لا يمكن اعتماد معامل النفاذية بدون تصحيح لقيمته بالارتباط مع تسرب الرادون[8].

أما تأثير الرطوبة في معدل انبعاث الرادون من التربة فقد أظهرت العديد من الدراسات أن معدل الانبعاث يزداد مع زيادة الرطوبة حتى نسبة 18% ثم ينخفض كلما زادت الرطوبة عن هذا المستوى[3]، يدخل الرادون بين حبيبات التربة نتيجة ارتداد ذرة الرادون الناتجة من تفكك الراديوم ، فإذا كان الوسط جافا فإن ذرات الرادون المرتدة قد تطمر في الحبيبات المجاورة بينما عندما تحتوي مسامات التربة على الماء فان ذرات التربة ستتوقف لأن ارتداد الذرات في الماء أقل من مداها في الهواء [9]

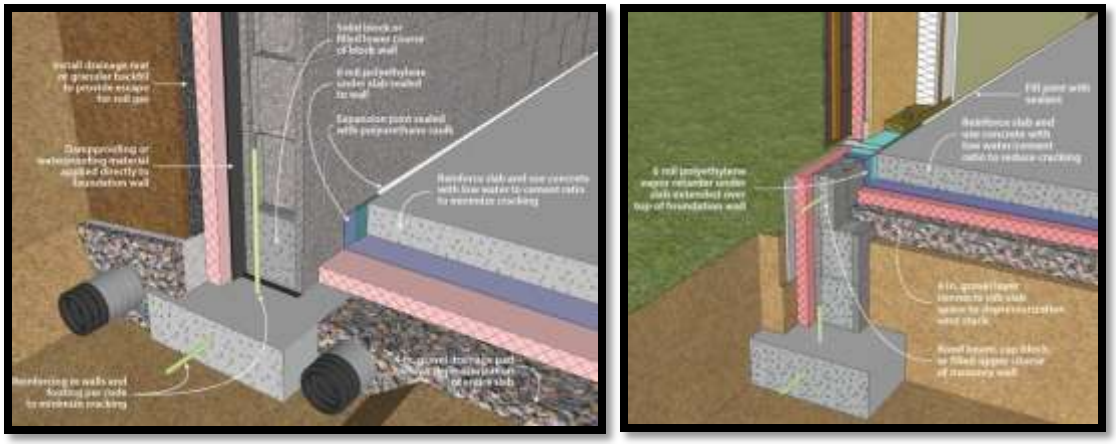
وحيث إن الرادون متوسط الانحلال في الماء فان انحلاله سيزداد بنقصان درجة حرارة الماء، لذلك حينما تنتقل المياه الجوفية الباردة عبر الطبقات الصخرية والتربة بباطن الأرض تمتص كمية لابأس بها من الرادون وعند تدفق الماء أو تعرضه لارتفاع في درجة حرارته يتحرر الرادون منه وينطلق إلى الوسط الخارجي [9].

إن تنوع أشكال الأساسات تحت البناء تعكس اختلاف في تركيز مستوى الرادون داخل البناء . ولذلك يوصى بفحص كامل المساحة من البناء المتصلة بالتربة عند البدء بعملية رصد مستوى الرادون في المبنى للحصول على نتائج صحيحة حيث إن تقييمه بدقة لا يمكن باختيار عينات عشوائية وإنما نتائج اختبارها تجرى فقط للاسترشاد وهنا لابد من إعادة تقييم دليل الـ EPA المعتمد في فحص تركيز الرادون والذي يكون برصد الرادون في الطوابق السفلية للبناء بوضع جهاز أو جهازين عندها .والذي تبين أنه أحياناً يمكن أن لا يكتشف وجود نسبة عالية من الرادون في البناء ويعطي نتائج مختلفة حسب اختلاف نوع الأساس للبناء في التربة.

يختلف تسرب الرادون إلى البناء بحسب نوع وشكل أساسات المبنى ، فهناك مباني مع قبو (basement) تحت كامل المبنى أو تحت جزء منه ، ومباني أخرى تتوضع فيهاأرضية المبنىعلى التربة مباشرة(Slab-on-grade)، وأخرى تكون أرضية البناء فيها مرتفعة عن التربة أي يوجود فراغ بين البلاطة والتربة (crawl space). كما يمكن أن

يوجد أكثر من نوع واحد لأساسات المبنى. ولكل حالة من الحالات السابقة طريقة موصى بها لمنع تسرب الرادون إلى داخل البناء أو تخفيض تركيزه ويصار إلى دمج نظام تخفيض الرادون مع تصميم القبو [10]

الشكل(13) : نوع وشكل أساسات المبنى



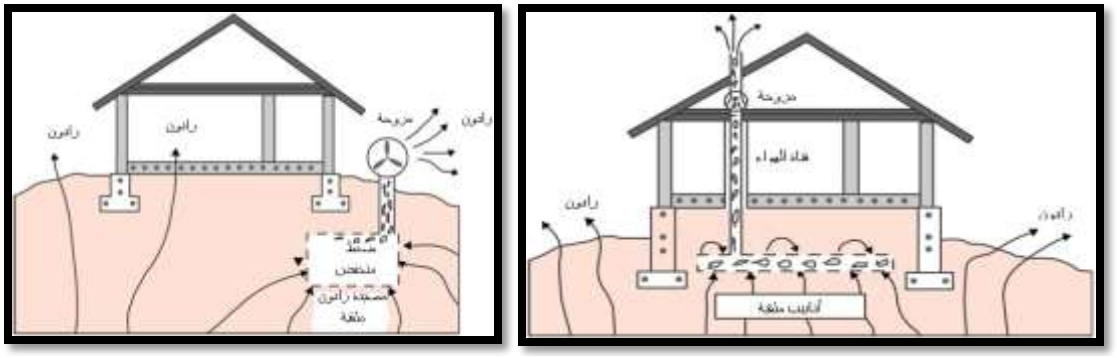
الشكل(14):أرضية البناء على التربة مباشرةالشكل(15): وجود قبو أسفل البناء

-تقنيات البناء المتبعة لمنع تسرب غاز الرادون من تربة التأسيس إلى الأبنية

من الأمور المهمة في المساكن الجديدة تحديد ما إذا كانت المساحة المزمع إنشاء البناء عليها معرضة لتدفق غاز الرادون من التربة أو المياه، وذلك لأن اتخاذ الإجراءات الاحتياطية لمنع تسرب هذا الغاز قبل البناء أسهل وأكثر فاعلية من القيام بتعديلات قد تكون مكلفة جداً من الناحية الاقتصادية بعد استكمال البناء.

أما بالنسبة للأبنية القائمة لتحديد الطرق الممكنة للتحكم بتركيز غاز الرادون فيها، فينبغي أولاً معرفة مصادر الغاز إلى البناء ونسبة تركيزه فيه.في حال لايمكن إزالة مصدر الرادون يكون الحل إما بتحويل تدفق الغاز إلى خارج المبنى أوعن طريق وضع طبقات عازلة أسفل البناء تمنع نفوذ الغاز. لتحويل تدفق الغاز يصار إلى تخفيض الضغط السلبي في القبو والبناء عن طريق وضعشبكة من الأنابيب بقطر 3-4 انش وذات ميل معين في التربة أسفل البلاطة أثناء إنشاء البناء بشكل مغلق ومعزول بحيث تتسرب غازات التربة ضمنها فقط ، وتجمع هذه الأنابيب مع بعضها عند النقطة المطلوب الانتهاء عندها [12]. وهناك تقنيات فعالةوغير مكلفة يمكن استخدامهاتجعل الضغط في التربة أقل

منه في المبنىمثل وضع أنبوب أو مجموعة أنابيب مثقبة أسفل المبنى وربطها بمروحة تهوية تدفع الهواء الملوث بغاز الرادون إلى الخارج. لقد أدت هذه الطريقة إلى خفض معدل تركيز الرادون بمقدار 88٪.الشكل(16)



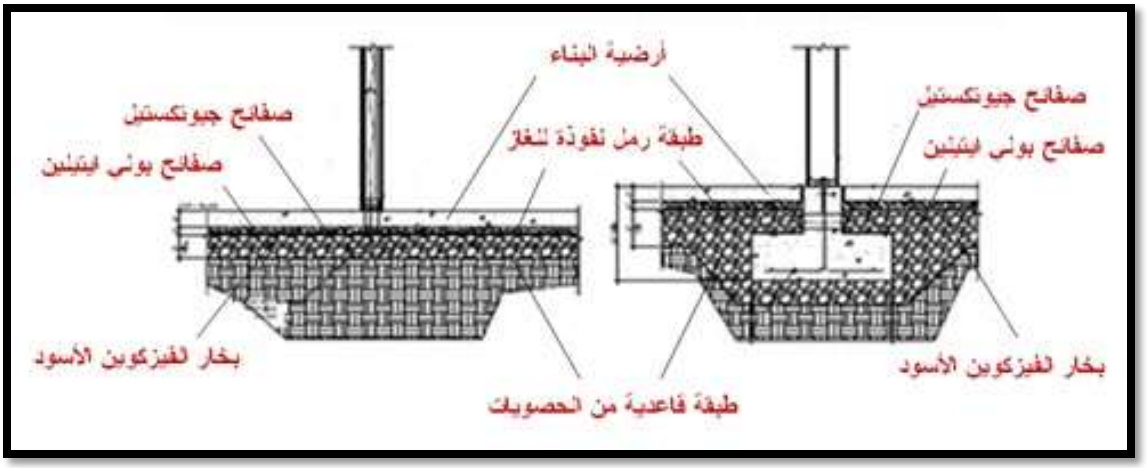
شكل(16): طرق للحد من تخلل غاز الرادون المتحرر من الأرض إلى داخل المبنى وذلك بوضع أنابيب أسفل المبنى وربطها بمروحة لسحب الهواء و معه الرادون.

من أنجح الحلول لمنع تسرب الرادون من التربة هو وضع طبقة سميكة من البيتون أسفل المبنى، مع أخذ الاحتياطات اللازمة لمنع حدوث أي تشققات قد تظهر بعد تصلب البيتون، حيث ثبت أن البيتون يمنع تسرب غازات التربة، ويتم شفط الهواء المتجمع تحت طبقة البيتون عن طريق أنابيب مثقبة توضع لهذا الغرض، وتمدد إلى خارج المنزل.تؤدي هذه التقنية إلى تقليل تدفق غاز الرادون إلى المبنى، بتقليل فرق الضغط بين المبنى والتربة. كما يؤدي إلى تقليل تركيز الرادون في غاز التربة القريب من المبنى[13].

ولتحقيق ما سبق يوضع أسفل كل بلاطة بيتونية ذات تماس مباشر مع التربة طبقة نفوذة للغاز بسماكة 4 انش كحد أدنى وهذه الطبقة يمكن أن تكون حبيباتها بأقطار تمر من المنخل 2 انش وتحجز على المنخل 1/4انش ، أو طبقة من الرمل تعلوها شبكة من صفائح الجيوتكستيل مصممة كحصيرة مصرفة تسمح بمرور الغاز جانبياً .

يوضع أعلى الطبقة النفوذة السابقة صفائح من البولي ايتلين (أو مادة مرنة) بسماكة 0.15ممتمنع تسرب الغاز حيث تسد الشقوق التي يمكن أن تحدث في أرضية البناء،كما تمنع البيتون من الدخول في فراغات التربة القاعدية. تمد هذه الصفائح لتغطي المساحة الداخلية للبناء مع ترك فواصل بينها لا تقل عن 12 انش .وتوضع حول الأنابيب والأسلاك وحول كل ما يخترق البلاطة بحيث تؤمن إغلاقا محكما لكافة الثقوب الممكن وجودها .أسفل الطبقة النفوذة توضع طبقة قاعدية من الحصباء بسماكة6انش.

مسارات تسرب الرادون الممكنة يجب أن تكون مغلقة تماماً ، تسد كل أماكن الوصلات في أرضية البناء والجدران وبين البلاطة والأساس . تزال المواد العالقة من الفجوات وتملأ بالبولي ايتلين أو توضع موانع تسرب من المواد المرنة . توضع مصارف مكثفة عبر الأنابيب غير المثقبة [11].



الشكل (17): طبقات العزل أسفل البناء

وقد تم ابتكار طرق أخرى للتخلص من غاز الرادون المنحل في المياه ،وأهمها طريقتا التهوية بالرش والإدمصاص الكربوني. وتتمثل الطريقة الأولى في إعادة رش المياه المستخرجة من تحت سطح الأرض على شكل رذاذ يتم تجميعه بعد أن ينبعث منه غاز الرادون. ومن عيوب هذه الطريقة ارتفاع تكاليفها، واستهلاكها الكبير للطاقة. ومن الأسهل استخدام مبدأ الادمصاص الكربوني، حيث يتم ضخ المياه المستخرجة من تحت سطح الأرض داخل أنابيب حاوية على مادة الكربون، التي تقوم بادمصاص عدد كبير من المواد الذائبة في الماء، ومنها غاز الرادون. وتعد هذه الطريقة مناسبة جداً للتخلص من هذا الغاز، حيث إن تفككه في مدة زمنية قصيرة نسبياً يؤدي إلى استخدام هذه المرشحات الكربونية لمدة زمنية أطول، قبل أن يتم استبدالها بحبيبات كربونية جديدة.

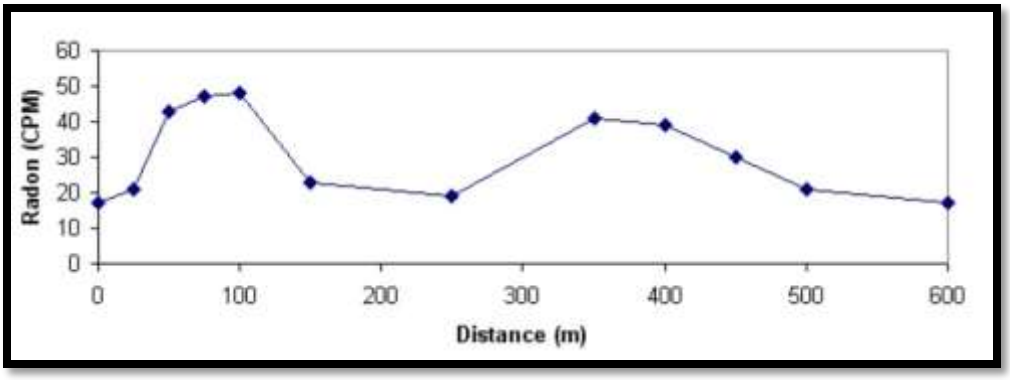
النتائج والمناقشة:

-قياسات غاز الرادون في التربة:

اعتماداً على بعض الخصائص الجيوكيميائية الفريدة للرادون من كونه خاملاً كيميائياً فهو يستطيع الحركة بحرية والانتشار لمسافات معينة ضمن فراغات التربة أو من خلال التشققات والتصدعات الصخرية بما يعبر عن مدى نفوذية التربة أو طبيعة الوسط الصخري الذي سمح للرادون بالانتقال عبره. وحيث إن الصدوع تمثل في الواقع نطاقات صخرية مهشمة تتميز بنفوذية أعلى نسبياً من الأوساط المحيطة بها وبالتالي فهي تشكل ممرات ومسالك تساعد على تسهيل حركة غازات التربة ، بما فيها غاز الرادون ، أثناء انبثاقها من الأعماق نحو سطح الأرض .

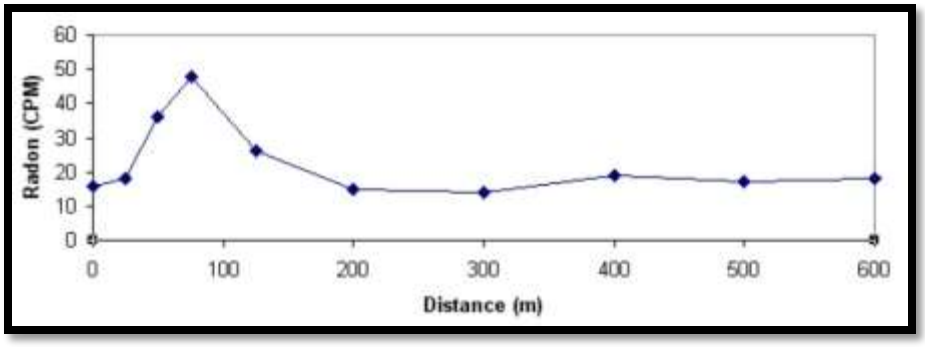
بناء على دراسة جيولوجية منطقة البحث تم تحديد مواقع على الصدع بهدف تنفيذ بروفيلات لقياسات تركيز الرادون وتقييم انبثاقه في المنطقة.كررت هذه القياسات شهرياً بشكل شبه دوري خلال فترة عامين ودونت كافة نتائج الرادون مع زمن أخذ القياسات [4].

الارتفاع الملاحظ في مستوى الرادون ناجم عن ازدياد في نفوذية الوسط الرسوبي الحطامي للموقع بسبب تغير ظروف الترسيب وطبيعة المواد المنقولة وطريقة توضعها وتصنيفها حيث تكثر الجلاميد والحصويات المتداخلة مع الرسوبيات من الرمال والسيلت والغضار مما يساعد على زيادة حجم الفراغات واتصالها مع بعضها وبالتالي زيادة متوقعة لمعدل انبثاق غاز الرادون.



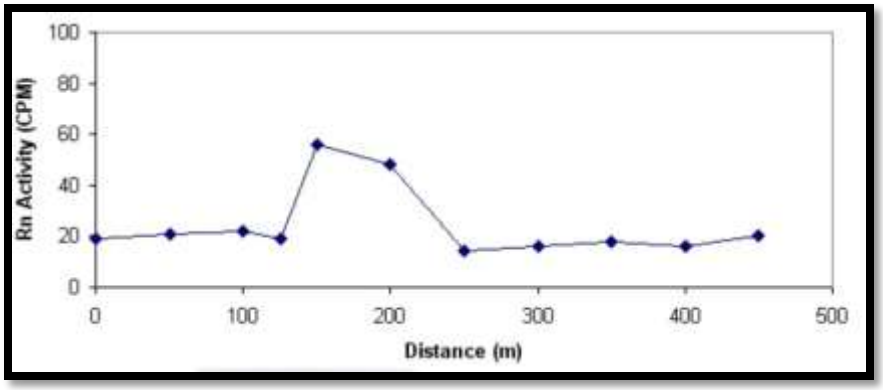
الشكل (18) : بروفيل التكية القاطع لصدع سرغايا

يشمل هذا البروفيل 12 نقطة قياس رادونيلاحظ ارتفاع بسيط بين نقطتي القياس الثالثة والخامسة فوق الوسط النفوذ المتمثل بنطاق صدع سرغايا حيث تزداد نسبة الفراغات والتشققات الصخرية ما يساهم بزيادة وتيرة انبعاث الرادون نحو السطح. وتراوحت قيم الرادون فوق الصدع بين (43–48 CPM).



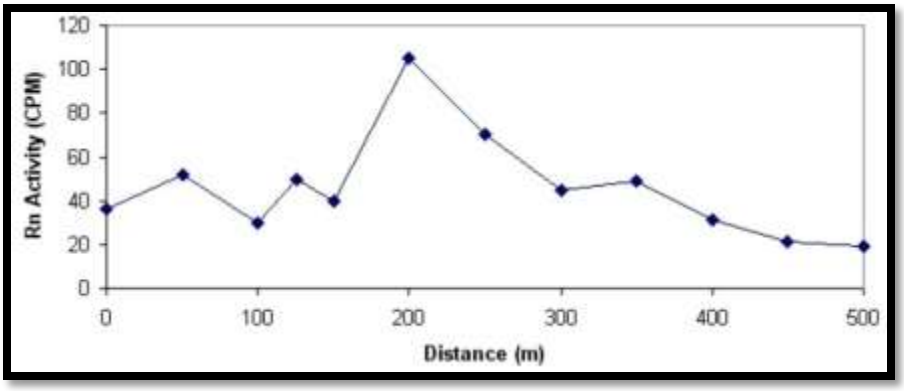
الشكل (19) : بروفيل عين حور القاطع لصدع سرغايا

يشمل هذا البروفيل 11 نقطة قياس لانبعاث الرادون بالبداية قيم منخفضة فوق الصخور الكلسية والدلوميتية الكربونية ثم زيادة بمعدل انبعاث الرادون عند نقطتي القياس الثالثة والرابعة من هذا البروفيل والسبب في ذلك مرور صدع سرغايا بالقرب من بلدة عين حور.



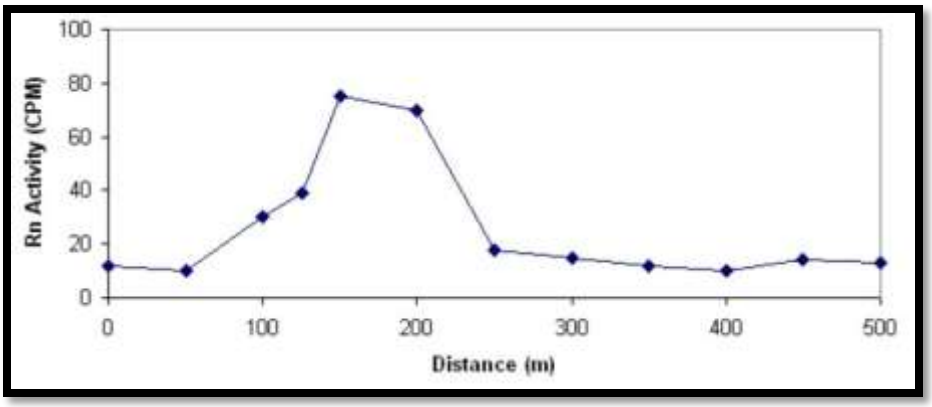
الشكل (20) : تغير مستويات الرادون على امتداد بروفيل قطنا

يشمل هذا البروفيل 11 نقطة قياس للرادون يلاحظ وجود زيادة ملحوظة عند النقطة الخامسة والسادسة ويعزى هذا لأسباب ليثولوجية



الشكل (21): تغير مستويات الرادون على طول بروفيل عين رضوان

يشمل هذا البروفيل 13 نقطة قياس للرادون وتكون الزيادة بمعدل انبثاقه عند النقطة السادسة فوق التوضعات الحطامية حيث يوجد زيادة بحجم الفراغات واتصالها مع بعضها بعضا.



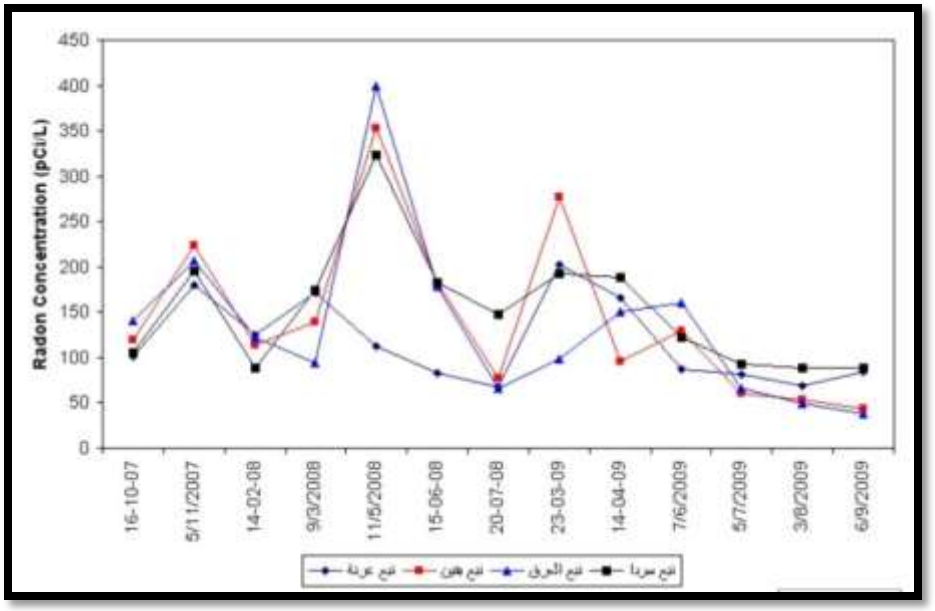
الشكل (22): تغير مستويات الرادون على طول بروفيل غرب عين الرضوان

يشمل هذا البروفيل 12 نقطة قياس رادون يلاحظ قيم منخفضة لانبعاث الرادون بسبب الصخور الأساسية القلوية كالبازلت ثم ازدياد طفيف مرتبط بانتشار الغضاريات ليبلغ الرادون أعلى قيمة له عند النقطة الخامسةCPM 75 حيث يغلب انتشار الحصى والرمال والسيلت والغضار

-قياسات غاز الرادون في المياه:

تم تنفيذ قياسات لتركيز غاز الرادون في المياه الجوفية لبعض الينابيع الممتدة على نطاق صدع سرغايا والمرتبطة معه وهذه الينابيع هي نبع سردا(سرغايا)، نبع العرق(بلودان)، نبع بقين ، نبع عرنة . كررت هذه القياسات شهرياً بشكل شبه دوري خلال عامين ودونت النتائج مع زمن أخذ القياسات [4].إن غالبية القيم تندرج ضمن المعدلات الطبيعية للرادون في المياه الجوفية للمنطقة باستثناء حالتين فقط سجلتا ارتفاع ملحوظ في معظم محطات المراقبة حيث تجاوزت قيمة الرادون في الحالة الأولى pCi/L 300 والحالة الثانيةpCi/L200 في عدة ينابيع وبنفس الوقت.ان مثل هذه الزيادات يمكن أن تعزى إلى عوامل هيدروجيولوجية محلية. وبالتالي تفسيرها يعتمد عملياً على ربطها زمنياً مع

انتهاء فصل الأمطار في المنطقة وبدء وصول المياه السطحية إلى الخزانات الجوفية ، وتأثير مياه الأمطار أثناء تغلغلها عبر مسامات التربة والتشققات الصخرية ، حاملة معها نواتج الغسل الناجمة عن انحلال بعض المواد الصخرية والعناصر الفلزية المختلفة مما يؤدي بالتالي إلىرفع سويات الرادون في المياه الجوفية التابعة للمنطقة.



الشكل (23):تغيرات تراكيز الرادون في المياه الجوفية لبعض الينابيع الهامة على امتداد صدع سرغايا

الاستنتاجات والتوصيات:

- ارتفاع تركيز الرادون في المناطق النشطة تكتونياً
- وجود تأثير متبادل بين المواصفات الجيوتكنيكية لتربة التأسيس وتسرب الرادون
- ارتفاع تراكيز الرادون المؤثرة على المياه الجوفية حيث ارتفعت هذه التراكيز وتسببت في تلويث المياه الجوفية
- يمكن تخفض انبعاث غاز الرادون من أرضية البناء من خلال تغطية السطح ووضع الحواجز لمنع التسرب.

ومن الحواجز ذات التكلفة المقبولة والتي ثبتت فعاليتها طبقة الإيبوكسي والبوليستر والبولي ايتلين.

- تخفيض غاز الرادون في المباني من خلال التقنيات التالية: التهوية الطبيعية والقسرية، وتجنب خفض الضغط داخل المنزل وإحكام غلق مصادر الرادون ومنافذ دخوله، والتهوية أسفل المنزل.

التوصيات

- يجب التعرف على محتوى التربة من المواد المشعة ومعدل تدفق غاز الرادون منها قبل القيام بعمليات التشييد، فإذا كان مرتفعاً فإن ذلك يستدعي إزالة الطبقة السطحية من التربة واختيار الطريقة المناسبة للتأسيس وتحسين مواصفات التربة بما يضمن تخفيض معدل تدفق غاز الرادون(ويتم البحث حالياً في هذا الموضوع).
- رفع مستوى أرضية البناء إلى مستوى مرتفع نسبة إلى سطح الأرض وهذا يسمح بحركة الهواء تحت المبنى وبالتالي خفض نسبة الرادون المتسرب إلى الداخل .

المراجع :

[1]http://www.dc153.4shared.com/doc/Wa9EFDRG/preview.html,

[2] SBEINATI,R.;DARAWCHEH, R.;MOUTY,M. *the historical earthquakes of Syria: an analysis of large and moderate earthquakes 1365 B.C. to 1900A.D.*,Ann Geofis.,Vol.48,N.3, (2005), 347-435

[3]Nelmes,J.R., *Some measurements of radon in soils and in stream water in County Durham*.Geotechnical and Geolgical Engineering (2005) 23:831-841

[4]عبد الواحد، محمد خير.؛ الهلال، محمد؛ العلي، أحمد .التحري عن احتمال وجود بعض الصدوع التكتونية في غرب دمشق وتقييم نشاطها.– هـ ط ذ س– ج/ ت ن ب ع 469 آب 2010

[5] www.dli.mn.gov/ccld/PDF/edu_radon.pdf *Radon Control Methods.ppt*

[6] www.cranfordcollege.com/uploads/pdf/RADON-PAPER.pdf

[7] الهيئة العربية للطاقة الذرية ،مستويات غاز الرادون المشع داخل المباني، مجلة الذرة والتنمية . المجلد,19 العدد 2007,4

[8]NEZNAL,M. *Permeability as an important parameter for radon risk classification of foundation soils*. Annals of Geophsics . VOL. 48, N. 1, February 2005

[9] AL-ORABI,S;CHAHBOUNE,N.*Radon in water*.-Libyan Agriculture Center Journal international-2012,1273-1284,

[10] http://www.epa.gov/radon/pdfs/consguid.pdf,2013

[11]http://www.pavilionconstruction.com/uploaded files/ Monroe %20 Apartments / Plans/ 2013%2002%2001%20Radon%20Mit%20Dwgs.pdf

[12]http://www.epa.gov/radon/pubs/consguid.html

[13]http://www.reducing-radon-levels-existing-homes-canadian-guide-professional-contractors.pdf