تأثير الالتزام بالقيم الحدية للانبعاثات من مداخن مصانع الاسمنت على البيئة في زليتن والخمس – شمال غرب ليبيا

سليمان الحويمدي[1]، مختار الاطرش[1]، علي عكاشة [2]

[1] قسم علوم الارض والبيئة، كلية العلوم، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا.

البريد الالكتروني: Email: Suliman.Alhewimdei@gmail.com

[2] قسم علم البيئة، كلية الموارد البحرية، الجامعة الأسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا.

الملخص

إن الحدود القياسية لانبعاثات المنشآت الصناعية غير موحدة دولياً حيث تُعد القيم الحدية الخاصة بالدول المتقدمة أكثر محافظة من غيرها، بل إن بعض دول العالم ليس لها أي ضوابط حدية ولا لوائح قانونية تنظم الانبعاثات وجودة الهواء، إن من أهم اللوائح والقوانين الصادرة والخاصة بالدول المتقدمة هي اللوائح الأمريكية والأوروبية، والقيم الحدية للانبعاثات تُعد متغيرة عبر السنوات وذلك لتقدم تقنيات التحكم في السيطرة على الانبعاثات واستخدام أنواع أجود من الوقود واستخدام وسائل للطاقة البديلة.

ومع ازدياد الطلب على صناعة الاسمنت وانتشار مصانع الاسمنت في مدينتي الخمس وزليتن، فإننا في هذه الدراسة باستخدام المحاكاة الحاسوبية لانتشار ملوثات الهواء نضع مقارنة حول تأثير استخدام أي من الحدود القياسية الأكثر حداثة والأكثر صرامة للانبعاثات الناجمة عن العمليات الصناعية المختلفة لكل من: وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA)، المفوضية الأوروبية للبيئة (ECE)، إضافة إلى القيم الحدية المُستخدمة بجمهورية مصر العربية (Egypt) والمملكة العربية السعودية (KSA) ومسودة المعايير الليبية للانبعاثات الصناعية على البيئة في مدينتي الخمس وزليتن والتي بها مصانع اسمنت، وقد أظهرت النتائج مدى الخطورة على الصحة العامة الناتجة عن الالتزام بأقصى انبعاثات مسموح بها حسب المعايير المصرية والليبية وبدرجة أقل كان التأثير السلبي للالتزام بالقيم الحدية السعودية على الصحة العامة كما أظهرت النتائج أن المعايير الأمريكية والأوروبية كانت الأكثر أماناً للتطبيق مع مصانع الاسمنت الموجودة في مدينتي الخمس وزليتن.

الكلمات المفتاحية: تلوث هواء، معايير، ليبيا، اسمنت، أكاسيد نيتروجين، أكاسيد كبريت، جسيمات.

1. المقدمة

يعتبر تلوث الهواء من أخطر المشاكل التي تمثل تهديداً كبيراً على حياة الإنسان والأنظمة البيئية الموجودة على كوكب الأرض، وذلك لكون ملوثات الهواء تؤثر بشكل مباشر على صحة الإنسان أو غير مباشر على التربة والماء ومكونات البيئة الأخرى ومحتوياتهما، بالإضافة إلى أن هذه الملوثات لا تعترف بالحدود الجغرافية لمنطقة المصدر بسبب انتشارها السريع في الهواء الجوي، ويعتبر تلوث

الهواء أحد المسببات الأساسية لوفيات الأفراد، فوفقاً لبرنامج الهندسة والعلوم البيئية في كلية هارفارد للصحة العامة، فإنه ما يقرب من 4% من حالات الوفيات في الولايات المتحدة يمكن أن تعزى إلى تلوث الهواء، وتعد مصانع الاسمنت، من أهم مصادر انبعاث الملوثات التي يمكن أن تؤثر بشكل كبير على صحة السكان وجميع صور الحياة بالمناطق المجاورة لها، وأهم هذه الملوثات غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) الذي ينبعث من مصانع الاسمنت التي يُستخدم فيها الوقود الذي يحتوي على الكبريت و ثاني أكسيد الكبريت، بالإضافة إلى أكاسيد النيتروجين[Nicholas, 2002]، كما يمكن أن يزداد الأمر سوءاً بسبب الانبعاثات الغازية والجسيمية الخطيرة الناتجة عن صناعة الإسمنت بالمنطقة (USEPA, 2010).

تتمثل تأثيرات SO_2 على صحة الإنسان في انخفاض الدور الوظيفي للرئتين وازدياد حالات أمراض الجهاز التنفسي وحساسية العيون والأنف والحنجرة بالإضافة إلى الوفيات المبكرة، وتُعد أكاسيد الكبريت أكثر خطورة على كبار السن والأطفال الذين يُعانون من أمراض الجهاز التنفسي كمرض الربو وتُعزى تلك الأمراض إلى تراكيز تصل إلى 1,000 ميكروجرام/م^3 على امتداد فترات زمنية تفوق 10 دقائق (WHO, 2005)، يذوب ثاني أكسيد الكبريت المُستنشق مع الهواء في السوائل المائية المتواجدة في الجهاز التنفسي العلوي ثم يتم امتصاصه في مجرى الدم، وأكاسيد النيتروجين هي الأخرى تضُر بالأداء الوظيفي للجهاز التنفسي للإنسان وعلى الأخص لدى مرضى الربو من الكبار والصغار حتى في وجود تراكيز غير عالية، وتُشير إحدى التقارير الصادرة عن منظمة الصحة العالمية إلى أن الأداء الوظيفي للجهاز التنفسي لمصابي الربو يتأثر بتواجد ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء المُستنشق ولمدة 30 دقيقة وبتراكيز تُعد منخفضة (560 ميكروجرام/م^3) [WHO,2010؛ World Bank, 1998]. وتُبرهن الدراسات العلمية على أن ارتفاع معدلات SO_2 في الهواء يتسبب في تدني معدلات إنتاج المحاصيل الزراعية وتؤدي إلى موت بعض أنواع النباتات في مراحل مبكرة، وتظهر أثار الإصابات على النباتات عند تراكيز في حدود 1850 ميكروجرام/م^3 بعد تعرضها لمدة ثماني ساعات أو 40 ميكروجرام/م^3 طوال موسم النمو [Smith, 2003; NAPAP, 1990]، هذا وتتأثر الأشجار بحسب نوعها بتراكيز مختلفة من ثاني أكسيد الكبريت فمثلاً تعرُض أشجار غابات الصنوبر لمتوسط تراكيز في حدود 44 ميكروجرام/م^3 وعلى مدى عشرة سنوات يترك أضراراً ملموسة عليها [Nicholas, 2002]، ووجود ثاني أكسيد الكبريت في الهواء بتراكيز في حدود (280 جزء في المليون) تتسبب في صدأ الألومنيوم عند مستويات رطوبة تفوق 70% وتكون بودرة بيضاء من كبريتات الألومنيوم، كما أن تعرض النحاس في المفاتيح والأسلاك الكهربائية لكبريتيد الهيدروجين يزيد من مقاومتها الكهربائية مما يؤدي إلى فاقد في الطاقة الكهربائية أثناء انتقالها عبر الأسلاك النحاسية [Boubel, et al., 1994].

تُبين الدراسات التي أُجريت على الحيوانات أن تعرض الحيوانات لـNO_2 لفترات تتراوح من عدة أسابيع إلى عدة شهور بتراكيز في حدود 1,880 ميكروجرام/م^3 له تأثيرات سلبية على أداء الرئتين ويُحدث بها تغيرات كيموحيوية، لقد وُجِد أن الحيوانات التي تتعرض إلى تراكيز تصل إلى 990 ميكروجرام/م^3 من NO_2 ولمدة ستة أشهر تُعاني من تمزق في جدار الحويصلات

الهوائية وازدياد في إصابات الجهاز التنفسي بالتهابات بكتيرية [USEPA, 2008; Nicholas, 2002]، ويؤثر التلوث على الصخور الداخلة في مواد البناء حيث تتسبب في تآكل الصخور الجيرية والرخام وتتسبب أيضاً في تآكل التماثيل والأعمدة الرخامية مما يتسبب في تدني مستوى التراث الإنساني من معالم معمارية قديمة وأثار تاريخية للحضارات القديمة الموجودة بالقرب من بعض هذه المحطات [Roots, 2008].

الجسيمات الصلبة وخاصة الدقائق الصغيرة الحجم يمكن أن تدخل عميقاً إلى الرئتين مسببة سلسلة من المشاكل الصحية من أهمها 1) السعال وصعوبة التنفس 2) ضعف في وظائف الرئتين 3) الربو 4) ظهور التهاب حاد في الشعب الهوائية 5) اضطراب في أداء القلب 6) أمراض القلب 7) الموت المبكر (WHO, 2005)، وتتأثُر صحة الإنسان بالغبار العالق بالهواء حسب التركيب الكيميائي للغبار وطول فترة التعرض للغبار وحجم الجسيمات إذ أن الغبار المكون من جسيمات أصغر من 10 ميكرون يمكنها الوصول إلى رئتي الإنسان لتلحق بهما أضراراً، وتُعد المواد الناتجة من عمليات الاحتراق الغير مُكتمل من بين تلك الجسيمات، هذا وتُشير الدراسات العلمية إلى أن هناك علاقة إحصائية بين التعرض لجُرعات مختلفة من التراكيز الجُسيمية ومعدل الوفيات ومن بين تلك الدراسات ما تُشير إلى أن تراكيز منخفضة في حدود 18 ميكروجرام/م^3 من الملوثات الجُسيمية بأحجام أدنى من 10 ميكرون (PM_{10}) لها ارتباط بازدياد عدد الوفيات، وهذا التركيز هو أدنى من القيمة الحدية للمعايير القياسية الأمريكية [USEPA, 2010]، ووفقاً لنتائج دراسة (Dockery et al., 1993) فإنه توجد مخاطر متشابهة في المدن التي تسجل تراكيز اقل من 12.5 ميكروجرام /متر^3 بينما كانت مخاطر حدوث أثار صحية سيئة أكبر عند التعرض لتركيزات أعلى (أي 15 ميكروجرام/متر^3) وتشير النشرات المتعلقة بدلائل منظمة الصحة العالمية لنوعية الهواء أن خطر الإصابة بالوفاة نتيجة لأمراض القلب والرئة يمكن أن تبدأ في الظهور عند التعرض الطويل الأمد لتراكيز 20 و10 ميكروجرام/متر^{3}للجسيميات 10 و2.5 على التوالي، كما تُشير دراسة أخرى (Ostro, 1999) إلى أن الزيادة في معدلات وفيات الإنسان تتراوح من 0.3% إلى 1.6% لكل زيادة قدرها 10 ميكروجرام/م^3 في المتوسط السنوي لتراكيز PM_{10}، كما أن ترسب الجسيمات الخشنة (مثلاً أكبر من 10 ميكرون) على أوراق النباتات يُعيق تبادل الغاز وعملية التمثيل الضوئي مما يتسبب في انخفاض معدلات النمو للنباتات وعلى الأخص إذا ما ترسبت معادن ثقيلة على التربة فهي الأخرى تتداخل لتقلل من دور العملية التي توفر مغذيات النباتات في التربة وتساهم بشكل أكبر في إعاقة نمو النبات وتُقلل من إنتاجيته.

تمثل النماذج الحاسوبية والرياضية لجودة الهواء عمليات النقل والانتشار والتموضع التي يمكن أن تحدث لملوثات الهواء تحت تأثير الظروف المناخية المحلية وكميات الانبعاثات من المصادر المختلفة، وتستخدم نماذج محاكاة انتشار الملوثات لتقدير مساهمة المصادر المختلفة في كمية الملوثات الموجودة في الهواء الجوي عند أي نقطة، توقع تأثير حجم التغيير الذي يمكن أن يحدث في تأثير أي مصدر للانبعاثات كعمليات المعالجة على جودة الهواء الجوي في المناطق المتأثرة بهذا المصدر، كما يمكن استخدامها لتقدير حجم التأثير المتوقع لأي مصدر تلوث على جودة الهواء الجوي في أي فترة زمنية أو منطقة في حال تعطل أو غياب أجهزة

مراقبة جودة الهواء، ولهذا تعد المحاكاة الحاسوبية أحد الطرق المكملة لعمليات القياس الفعلية في تقدير حجم تأثير مصادر التلوث المختلفة على البيئة والصحة العامة وتوقع مدى ملائمة التدابير المقترحة في تخفيف هذا التأثير.

وتهدف هذه الدراسة إلى استخدام أحد برامج محاكاة انتشار الملوثات الحاسوبية للمفاضلة بين معايير انبعاث ملوثات الهواء الغازية والجسيمية من مصانع الاسمنت في مدينتي زليتن والخمس لكل من: وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA)، المفوضية الأوروبية للبيئة (ECE)، إضافة إلى القيم الحدية المُستخدمة بجمهورية مصر العربية (Egypt) والمملكة العربية السعودية (KSA) والمقترح الليبي لمعايير الانبعاثات الصناعية، وذلك لتحديد تأثير الالتزام بالمعايير المختلفة للانبعاثات الغازية على جودة الهواء الجوي في مدينتي زليتن والخمس من حيث مواقع حولها والعوامل المناخية، واقتراح قيم حدية للانبعاثات الغازية والجسيمية لمصانع الاسمنت تصلح للتطبيق في مدينتي زليتن والخمس.

2. المواد والطرق

2. 1 البيانات المناخية

إن العوامل الجوية هي الأساس في انتشار التلوث وسرعة الانتقال من المصدر إلى البيئة المحيطة وتتميز منطقة الدراسة بشكل عام بمناخ البحر الأبيض المعتدل حيث يبلغ متوسط درجات الحرارة17° شتاءا و 26° م صيفاً، وبمعدل هطول مطري يبلغ حوالي 17 ملم/يوم ويتركز في الشهور من سبتمبر إلى مارس أما الرياح فهي شمالية وغربية في الأشهر من أكتوبر إلى أبريل بينما في أشهر الصيف (من يونيو إلى أغسطس) فيتغيّر اتجاه الرياح حيث تهب على المنطقة رياح القبلي من اتجاه الجنوب (الهيئة العامة للأرصاد)، وقد تم في هذا البحث استخدام المتوسطات السنوية للبيانات المناخية الواردة في السجلات الخاصة بمركز الأرصاد الجوية بطرابلس لمحطات الأرصاد الأقرب لمصانع الاسمنت المستهدفة بالدراسة لعشر سنوات من سنة 1999 وحتى سنة 2009.

2.2 مصانع الإسمنت

يعد قطاع الإسمنت أحد القطاعات الإنتاجية الهامة جداً في مجال الصناعة الليبية وتنتشر مصانع الإسمنت في العديد من المدن الليبية سواءً في المنطقة الشرقية أو المنطقة الغربية من البلاد وأهم مصانع الإسمنت المشمولة بهذه الدراسة هي:-

2.2. 1 مصنع إسمنت البرج بزليتن

دخل مصنع البرج للإسمنت في مرحلة الإنتاج مع نهاية سنة 2005م، ليضاف إلى قائمة مصانع الإسمنت الموجودة في ليبيا, ليصبح إجمالي الطاقات التصميمية لمصانع الإسمنت في ليبيا حوالي 7.5 مليون طن سنوياً منها 1 مليون طن لإنتاج الإسمنت المقاوم للكبريتات, وتقدر الطاقة الإنتاجية لمصنع البرج للإسمنت بـ 1,400,000 طن سنوياً ويعمل المصنع بزيت الوقود الثقيل ويمكن أيضاً تشغيله بالغاز الطبيعي، وتم اختيار موقع مصنع البرج في مدينة زليتن قريباً من المحاجر بمنطقة ماجر ومساحته الإجمالية 84 هكتار حيث تبلغ مساحة الخط الأول 59 هكتار، و كانت بداية التنفيذ لهذا الخط في شهر يناير 2003م، وتبلغ طاقته

الإنتاجية 4,200 طن من مادة الكلنكر أي ما يعادل 4,400 طن إسمنت بورتلاندى يومياً، وتم الانتهاء من جميع أعمال التركيبات الخاصة بالمصنع (الهياكل المعدنية – الميكانيكية – الكهربائية) مع نهاية شهر مارس 2005م، وهذا المصنع يحتوي على فرنين رئيسيين يبلغ ارتفاعهما 126 متر وقطر كل منهما 3.35 متر وفرنين آخرين ارتفاعهما 35 متر وقطرهما 3.15 متر.

2.2. 2 مصنع إسمنت زليتن

مصنع إسمنت زليتن من تنفيذ شركة كاواساكيKawasaki وقد أفتتح سنة 1984م، وبطاقة إنتاجية تبلغ مليون طن سنوياً من الإسمنت البورتلاندي العادي ويبلغ ارتفاع مدخنته 80 متر وبقطر 4.5 متر.

2.2. 3 مصنع إسمنت المرقب

يعمل هذا المصنع بطاقة إنتاجية تقدر بـ 100 ألف طن سنوياً وهو من تنفيذ شركة بوليسيوسPolysius، ودخل الخط الأول مرحلة الإنتاج الفعلية خلال عام 1969م، وتم إضافة خط جديد سنة 1976م، بحيث أصبح إجمالي إنتاج المصنع من الإسمنت المتوسط المقاوم للكبريت حوالي 330 ألف طن سنوياً، ويقع المصنع غرب مدينة الخُمس على الطريق الساحلي على بعد حوالي 5 كم من المدينة ويبلغ ارتفاع مدخنته 80 متر وبقطر4.5 متر.

2.2. 4 مصنع إسمنت لبدة

مصنع لبدة للإسمنت من تنفيذ شركة اف سي بي FCB وقد أفتتح سنة 1981م، وبطاقة إنتاجية تبلغ مليون طن سنوياً من الإسمنت البورتلاندي العادي ويبلغ ارتفاع مدخنة هذا المصنع 43 متر وبقطر 2 متر.

2. 3 معايير الانبعاث من المداخن الصناعية

تناولت هذه الدراسة مقارنة بين الانبعاثات الناجمة عن صناعة الاسمنت والحدود القياسية الأكثر حداثة والأكثر صرامة لكلٍ من وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) والمفوضية الأوروبية للبيئة (ECE)، إضافة إلى القيم الحدية المستخدمة بجمهورية مصر العربية (Egypt) باعتبارها دولة مجاورة لليبيا،كما سندرس القيم الحدية المستخدمة في المملكة العربية السعودية (KSA) باعتبارها أحد الدول المتقدمة عربياً والتي تتشابه إلى حد كبير مع ليبيا في طبيعة مناخها وتوزيعها السكاني واعتماد اقتصادها على النفط كما سنتطرق إلى مقترح اللائحة الليبية ويمثل الجدول (2) القيم الحدية للانبعاثات من المنشآت الصناعية المختلفة وفقاً للمعايير المستخدمة في هذه الدراسة.

جدول (2): القيم الحدية لانبعاثات مداخن مصانع الاسمنت.

المعيار / نوع الانبعاث	الأمريكية	الأوروبية	السعودية	المصرية	الليبية
ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	1.33 باوند/طن كلينكر	300 مجم/م3 من العادم	2.3 باوند/مليون وحدة انتاج	2500 مجم/م3 من العادم	2000 مجم/م3 من العادم
أكاسيد النيتروجين (NOx)	1.55 باوند/طن كلينكر	150 مجم/م3 من العادم	0.3 باوند/مليون وحدة إنتاج	3000 مجم/م3 من العادم	1500 مجم/م3 من العادم
الدقائق الجُسيمية	120 مجم/م3 من العادم	100 مجم/م3 من العادم	0.2 كجم/ طن تغذية للفرن	300 مجم/م3 من العادم	50 ملجم/م3 من العادم
المرجع	**USEPA, 2010**	**EU, 2005**	رئاسة الأرصاد وحماية البيئة، 2003	القانون المصري، 2005	الهيئة العامة للبيئة 2008

2. 4 انتشار الملوثات

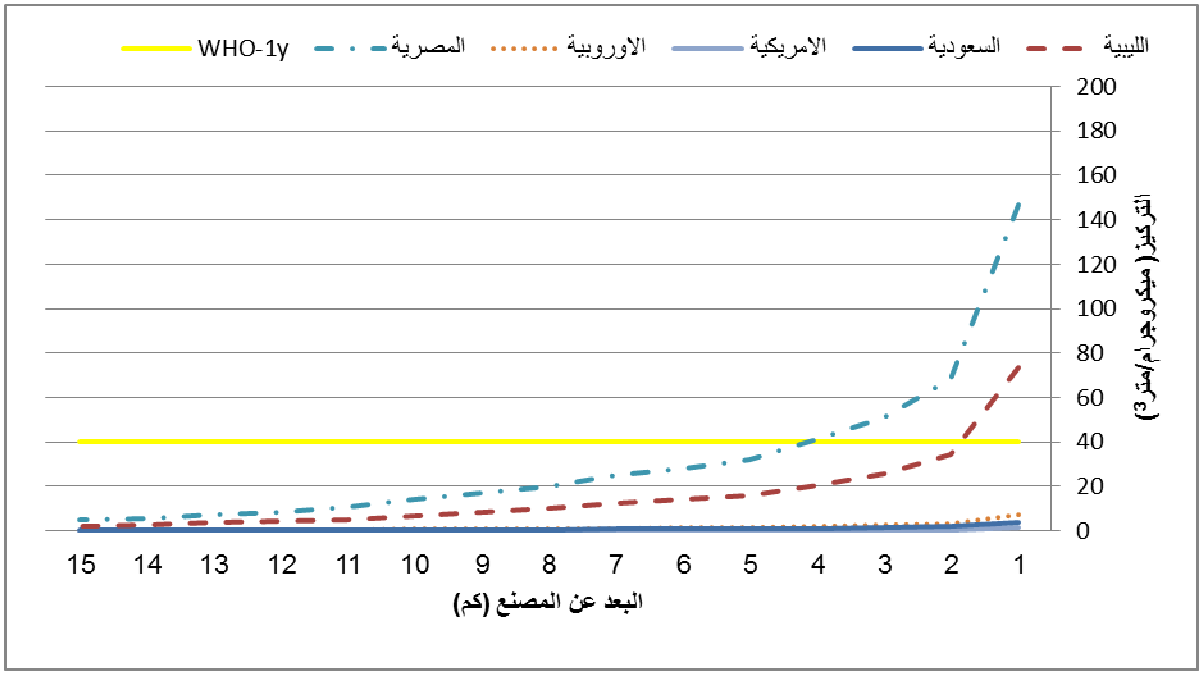
لغرض الحصول على تراكيز للملوثات المختلفة في الهواء الجوي بمنطقة الدراسة أستخدم برنامج متخصص في انتشار الملوثات وهو برنامج Air pollution dispersion modeling software (DISPER V:4.0) وتم استخدام خرائط وصور الأقمار الصناعية الخاصة بموقع جوجل إيرثGoogle earth لتطبيق النتائج عليها وذلك بعد تحديد موقع كل مصنع اسمنت وأقرب تجمع سكني منه على الخريطة وبعد أخذ صور الأقمار الصناعية لهذه المواقع المختلفة تم باستخدام برنامج رسم الخرائط (ArcGIS V:9.2) رسم عدد من الدوائر مركزها المنشأة الصناعية وتبعد كل واحدة منها عن الأخرى مسافة 1 كيلومتر بحيث تغطي هذه الدوائر أقرب تجمع سكني لمصنع الاسمنت المستهدف.

بعد توقع تراكيز الملوثات المختلفة في الهواء الجوي الناتجة عن الانبعاثات من المداخن الصناعية لمصانع الاسمنت ووفقاً للظروف التصميمية والتشغيلية والمناخية الخاصة بها باستخدام برنامج المحاكاة، تم حساب متوسط التركيز لكل نوع من الملوثات عند كل دائرة من الدوائر التي تم رسمها (عند كل كيلومتر من المصنع).

3. النتائج والمناقشة

1.3. أكاسيد النيتروجين

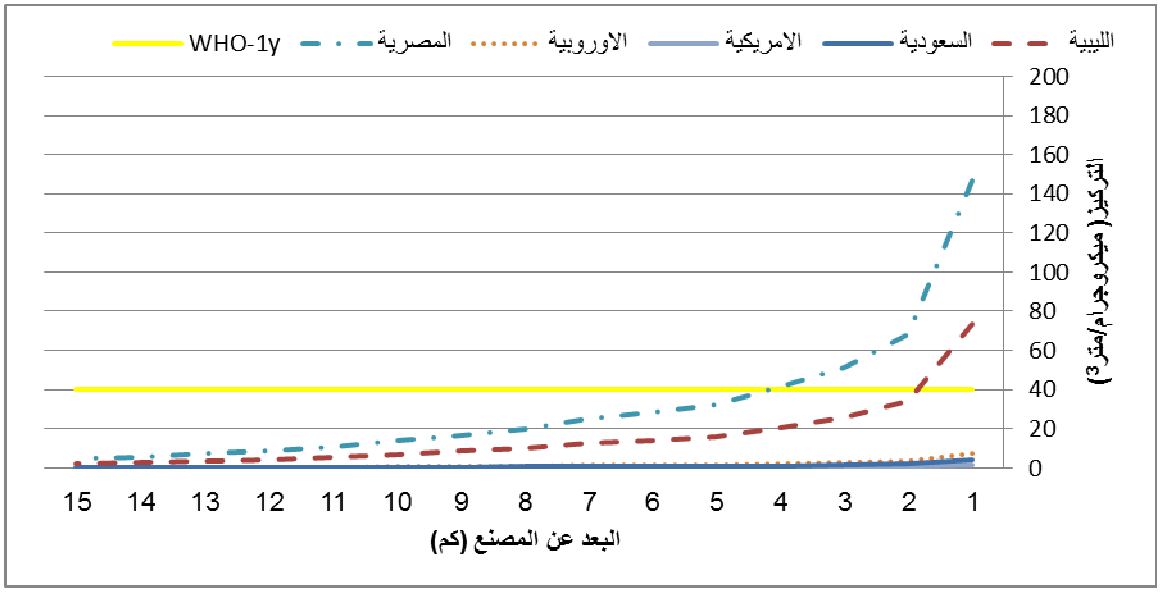
عند الإطلاع على النتائج المتحصل عليها لمصنع زليتن والمبينة في شكل (1) فإننا نلاحظ أنه في حال الالتزام بأقصى تركيز مسموح به لانبعاثات أكاسيد النيتروجين حسب المعايير المصرية فإننا سنحصل على هواء تبلغ تركيزات أكاسيد النيتروجين فيه أعلى بعدة مرات من أقصي تركيز مسموح بالتعرض له لمدة سنة (40 ميكروجرام/متر^3)حسب WHO، وذلك حتى مسافة 4 كيلومتر من المصنع مما يعني أن الالتزام بهذه المعايير قد يشكل خطراً على صحة السكان في مدينة زليتن بينما نجد أنه عند انبعاث أكاسيد النيتروجين من مداخن المصنع بكميات تعادل القيم الحدية للمعايير الليبية فإن المنطقة من المصنع وحتى مسافة 1 كيلومتر فقط تكون معرضة لتأثيرات صحية سيئة، فقد كان تركيز أكاسيد النيتروجين عند هذه المسافة 73.3 ميكروجرام/متر^3 بينما لا يؤدي الالتزام بالقيم الحدية الأوروبية والسعودية إلى تأثيرات صحية على السكان وبالطبع تعتبر المعايير الأمريكية هي الأكثر أمناً على صحة السكان في المدينة حيث يتوقع أن لا تتجاوز تراكيز أكاسيد النيتروجين في المنطقة القريبة من المصنع 1.3 ميكروجرام/متر^3 في حال كانت الانبعاثات تعادل القيم الحدية الأمريكية.



شكل (1) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت زليتن على تركيز أكاسيد النيتروجين في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

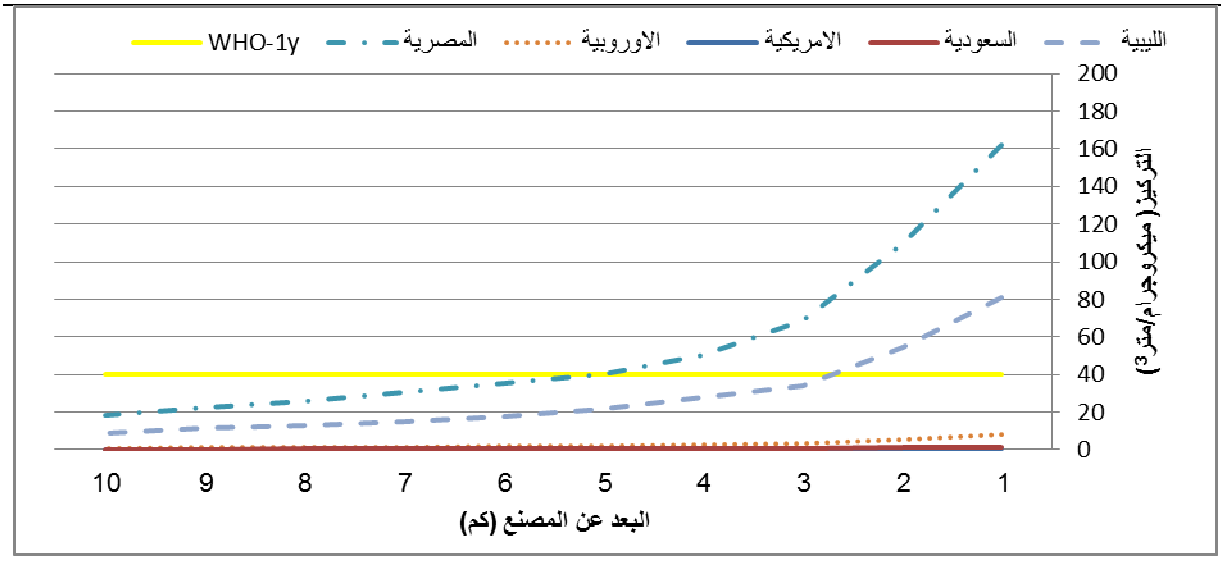
وعند تطبيق القيم الحدية للمعايير المختلفة لتراكيز أكاسيد النيتروجين على الانبعاثات الصناعية لمداخن مصنع البرج لصناعة الإسمنت بمدينه زليتن نجد أنه لن يكون هناك تأثير واضح على السكان في منطقة زليتن وذلك بالنسبة للمعايير المختلفة حيث

كانت التراكيز المتوقعة في مركز المدينة على بعد 11 كيلومتر من المصنع 11.1 و 5.5 و 0.55 و 0.50 و 0.155 ميكروجرام/متر^3 (شكل 2)، عند استخدام المعايير المصرية والليبية والأوروبية والسعودية والأمريكية على التوالي، نلاحظ هنا أن استخدام المعايير الأمريكية لانبعاثات أكاسيد النيتروجين هو الأقل تأثير حيث كانت تراكيز أكاسيد النيتروجين في الهواء الجوي القريب من المصنع وفي اتجاه الرياح السائدة لمسافة 1 كيلومتر 30 ميكروجرام/متر^3، وهذا يمكن أن يرجع إلى أن المعايير الأمريكية تربط بين كمية الانبعاثات وكمية الإنتاج من المصنع وإن كانت هناك تركيزات عالية نسبياً في حال كون الانبعاثات تعادل القيم الحدية للمعايير المصرية إلا أنها قد لا تشكل خطراً على الصحة العامة رغم تجاوزها أقصى تركيز مسموح بالتعرض له لمدة سنه 40 ميكروجرام/متر^3 وفق WHO ، وذلك لمسافة 3 كيلومتر من المصنع و 2 كيلومتر في حالة المعايير الليبية لأنه من الصعب أن تهب الرياح في اتجاه واحد طيلة هذه المدة.



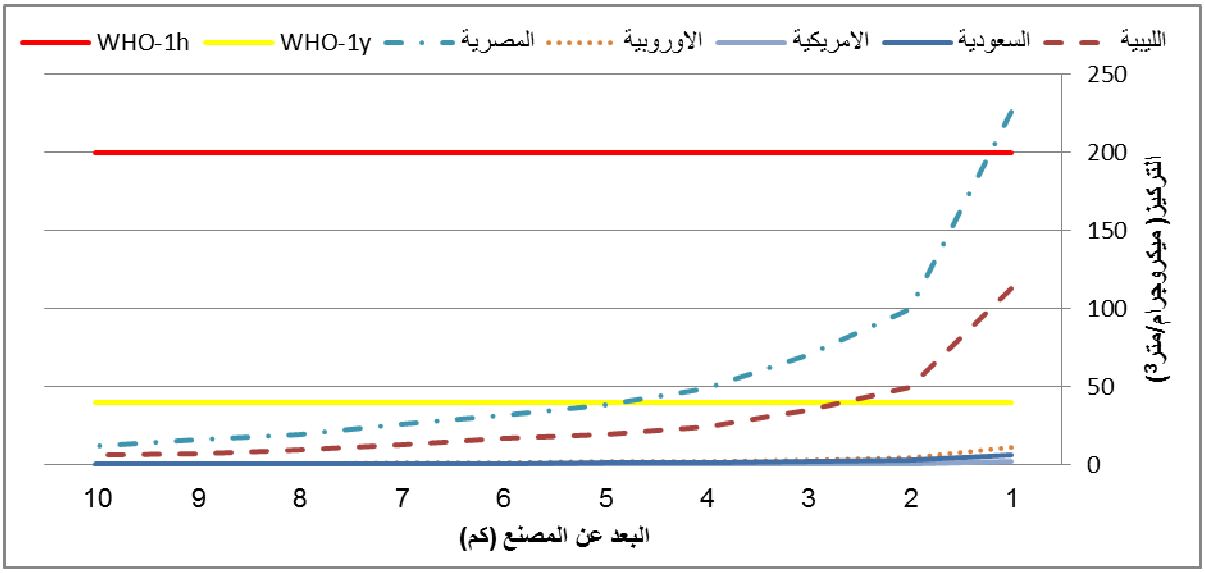
شكل (2) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت البرج بزليتن على تركيز أكاسيد النيتروجين في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

ونظراً لقرب مصنع إسمنت المرقب من مدينة الخُمس فإننا نجد أنه في حال تطبيق القيم الحدية للمعايير المصرية للانبعاثات الصناعية من مصانع الإسمنت على انبعاثات هذا المصنع فإن انبعاثات أكاسيد النيتروجين قد تشكل خطراً على الصحة العامة في المنطقة المزدحمة بالسكان في الخُمس حيث يمكن أن تزيد الانبعاثات عن أقصى تركيز مسموح بالتعرض له لمدة سنة وذلك حتى مسافة 5 كيلومتر من المصنع كما يظهر من الشكل (3)، حيث بلغت التراكيز 162ميكروجرام/متر^3 على بعد 1 كيلومتر من المصنع أما في حال كانت الانبعاثات من مداخن المصنع تكافئ أقصى تركيز مسموح به حسب مقترح المعايير الليبية فإن الخطر يصل حتى مسافة 2 كيلومتر وتصل حتى 81 ميكروجرام/متر^3 على بعد 1 كيلومتر من المصنع، بينما نجد أن تطابق الانبعاثات مع القيم الحدية للمعايير الأوروبية والأمريكية والسعودية لتراكيز أكاسيد النيتروجين في مصنع إسمنت المرقب فإنه يتوقع أن لا يكون هناك تأثير شديد لهذه الانبعاثات على السكان في منطقة الخُمس القريبة من المصنع.



شكل (3) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت المرقب على تركيز أكاسيد النيتروجين في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة..

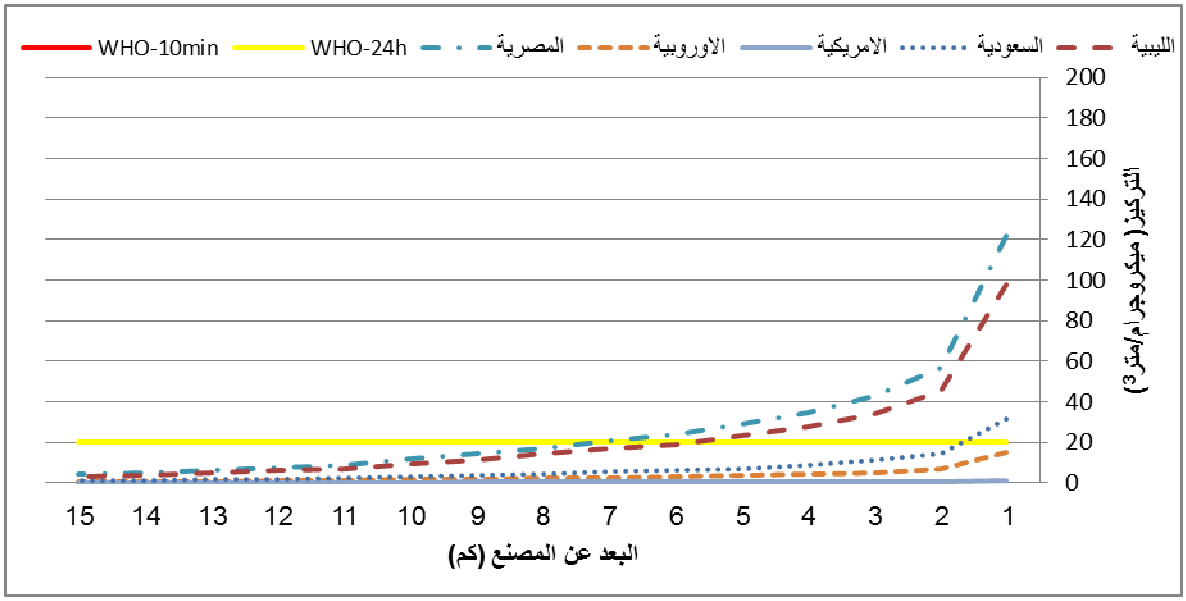
وبسبب الارتفاع المحدود لمدخنة مصنع إسمنت لبدة وكبر قطرها وفي حالة تساوي انبعاثات هذا المصنع مع أقصى تركيز مسموح به لانبعاثات أكاسيد النيتروجين من مصانع الإسمنت حسب المعايير المصرية فإن تراكيز أكاسيد النيتروجين في الهواء ستفوق أقصى تركيز مسموح التعرض له لمدة ساعة واحدة فقط وهو 200 ميكروجرام/متر^3، ولمسافة 1 كيلومتر من المصنع (شكل 4)، وذلك بالنسبة لمقترح المعايير الليبية مما يعني أن الالتزام بهذه المعايير قد يشكل خطراً على صحة السكان في منطقة سوق الخميس (التجمع السكني الأقرب لهذا المصنع)، أما انبعاث أكاسيد النيتروجين من مداخن المصنع بكميات تعادل القيم الحدية للمعايير الأوروبية والأمريكية والسعودية فإنها قد لا تشكل لوحدها خطراً على الصحة العامة في كامل المنطقة المجاورة.



شكل (4) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت لبدة على تركيز أكاسيد النيتروجين في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

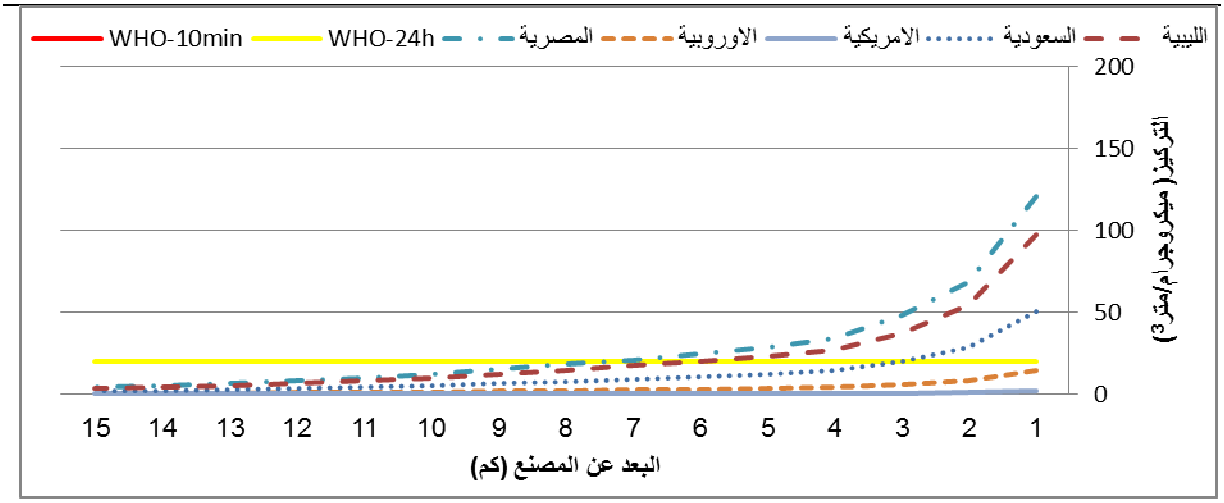
3. 2 ثاني أكسيد الكبريت

النتائج المتحصل عليها لانبعاثات أكاسيد الكبريت من مداخن مصنع إسمنت زليتن والموضحة في الشكل (5) تتشابه كثيراً مع النتائج الخاصة بمصنع إسمنت درنة حيث وجد أنه عند توافق انبعاثات مصنع إسمنت زليتن مع القيم الحدية للمعايير المختلفة لتراكيز أكاسيد الكبريت يكون هناك تأثير واضح على السكان في منطقة زليتن وذلك بالنسبة للمعايير الليبية والمصرية والسعودية، فقد وجد أن تراكيز أكاسيد الكبريت الناتجة عن هذا المصنع في الهواء الجوي في مدينة زليتن كان أعلى من أقصى تركيز مسموح بالتعرض له حسب WHO لمدة 24 ساعة 20 ميكروجرام/متر^3 وذلك لمسافة 5 و 7 و 1 كيلومتر لكل منهما على التوالي، ولكن يلاحظ أن المعايير الأمريكية والأوروبية آمنة على السكان في المدينة بالنسبة لانبعاثات أكاسيد الكبريت من مداخن المصنع.



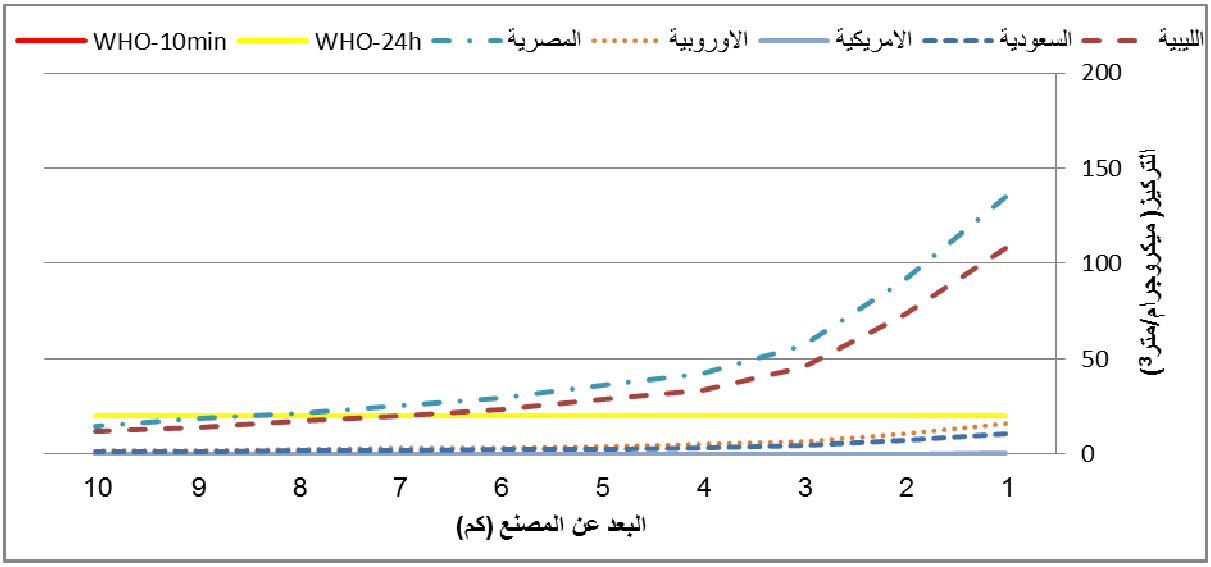
شكل (5) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت زليتن على تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

كما نلاحظ من النتائج المبينة في شكل (6) أنه في حال الالتزام بأقصى تركيز مسموح به لانبعاثات أكاسيد الكبريت من المصنع حسب المعايير المصرية والسعودية والليبية فإننا سنحصل على هواء تبلغ تركيزات أكاسيد الكبريت فيه أعلى من أقصى تركيز مسموح بالتعرض له لمدة 24 ساعة وذلك حتى مسافة تفوق 7 و 3 و 5 كيلومتر لكل منها على التوالي من المصنع مما يعني أن الالتزام بهذه المعايير قد يشكل خطراً على صحة السكان في مدينة زليتن بينما نجد أنه عند انبعاث أكاسيد الكبريت من المصنع بمعدلات تعادل القيم الحدية للمعايير الأوروبية والأمريكية فإن المنطقة تكون غير معرضة لتأثيرات صحية، حيث يصل التركيز على بعد 1 كيلومتر من المصنع 14.56 و 1.6 ميكروجرام/متر^3 وفقاً للمعايير الأوروبية والأمريكية على التوالي.



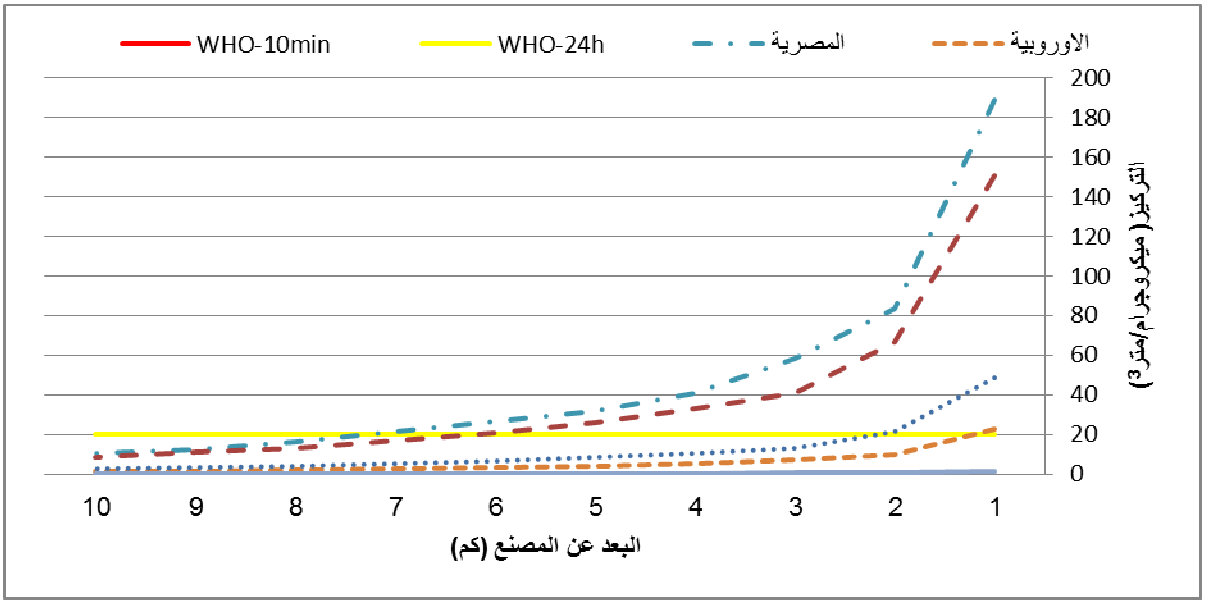
شكل(6) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت البرج بزليتن على تركيز ثاني أكسيد الكبريت في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

وكذلك تظهر النتائج المتحصل عليها من الشكل (7) أنه عندما تكون الانبعاثات تعادل أقصى تركيز مسموح به لانبعاثات أكاسيد الكبريت من مداخن مصنع إسمنت المرقب حسب المعايير المصرية فإن التراكيز تتجاوز أقصى تركيز مسموح بالتعرض له من الانبعاث لمدة 24 ساعة 20 ميكروجرام/متر^3 حسب WHO وذلك على بُعد 8 كيلومتر من المصنع وبتركيز يبلغ 135 ميكروجرام/متر^3 على بعد 1 كيلومتر من المصنع أما بالنسبة للمعايير الليبية فإنها تجاوزت المعدل الآمن لمدة 24 ساعة يصل حتى مسافة 7 كيلومتر من المصنع ويبلغ التركيز 108 ميكروجرام/متر^3 على بعد 1 كيلومتر من المصنع بينما نجد أنه عند انبعاث أكاسيد الكبريت بكميات تعادل القيم الحدية للمعايير الأوروبية والأمريكية والسعودية قد لا تشكل خطراً على الصحة العامة بشكل مباشر، حيث لا تتجاوز التراكيز في الهواء الجوي 16.2 و 0.4 و 10.7 ميكروجرام/متر^3 لكلٍ منها على التوالي.



شكل (7) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت المرقب على تركيز ثاني أكسيد الكبريت في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

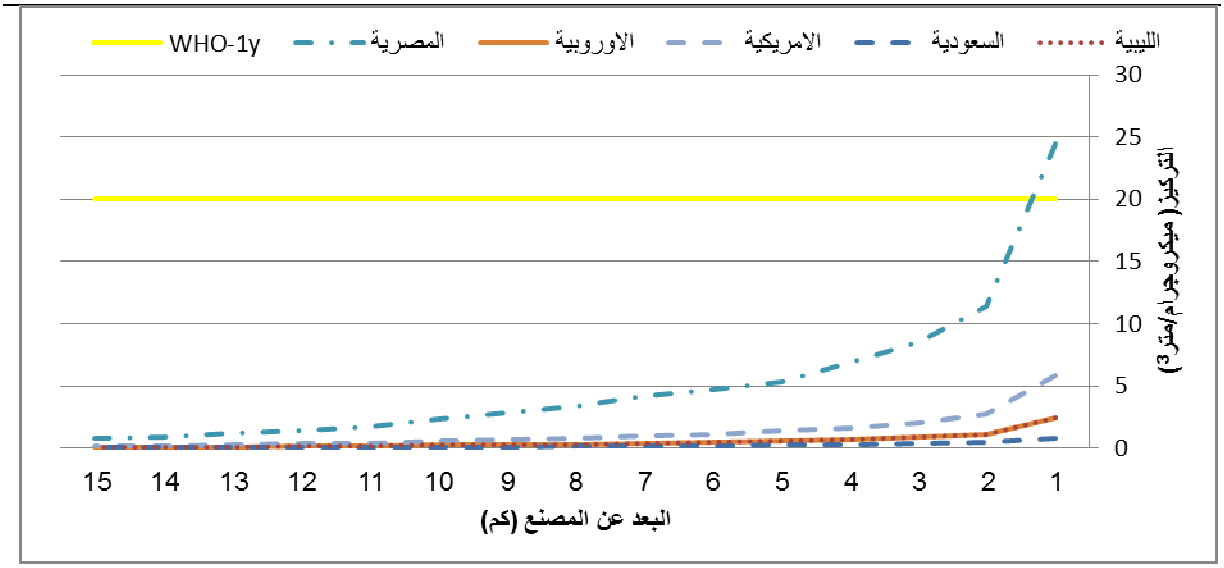
اما بالنسبة لمصنع إسمنت لبدة فإن توافق إنبعاثاته مع القيم الحدية للمعايير المختلفة لأكاسيد الكبريت من انبعاثات مصانع الإسمنت يؤدي إلى ارتفاع في التراكيز بالهواء الجوي في المنطقة المجاورة وذلك بالنسبة للمعايير المصرية والليبية والسعودية والأوروبية على التوالي، كما نجد أن هناك تركيزات عالية نسبياً عندما تكون الانبعاثات تعادل القيم الحدية للمعايير المصرية والمقترح الليبي على بعد 1 كيلومتر حيث كانت بالنسبة للمعايير المصرية 188.5 ميكروجرام/متر^3 وكانت 150.8 ميكروجرام/متر^3 للمعايير الليبية (شكل 8)، حيث أن القيم الحدية للمعايير الأمريكية هي الأكثر أمناً للاستخدام مع مصنع إسمنت لبدة حيث يتوقع أن لا تتجاوز تراكيز أكاسيد الكبريت في الهواء الجوي المحيط بالمصنع 1.6 ميكروجرام/متر^3 عندما تكون انبعاثات أكاسيد الكبريت من مداخن المصنع تعادل القيم الحدية للمعايير الأمريكية.



شكل (8) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت لبدة على تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

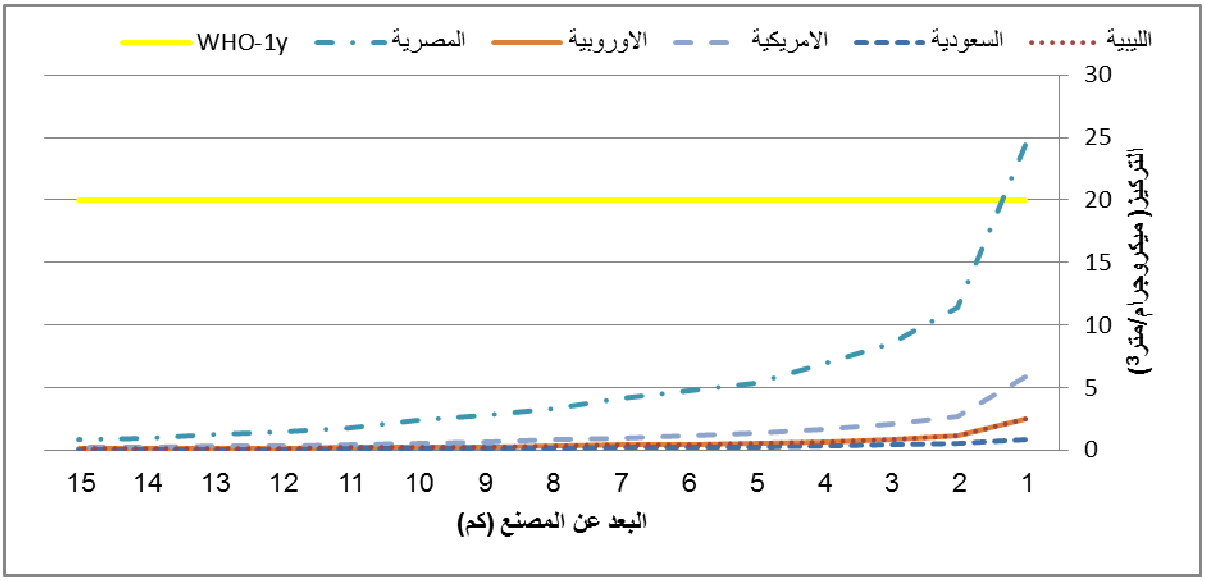
3. 3 الجسيمات

يلاحظ من الشكل (9) أن الانبعاثات الجسيمية لمصنع إسمنت زليتن لن يكون لها تأثير واضح على السكان في مدينة زليتن والتي تبعد عن المصنع حوالي 8 كيلومتر وذلك إذا كانت هذه الانبعاثات تعادل القيم الحدية للمعايير الأمريكية والأوروبية والسعودية والليبية لصناعة الإسمنت حيث نجد أن تراكيز الجسيمات في المدينة ستكون أقل من الحدود الآمنة للمعايير الخاصة بالتعرض للجسيمات حسب منظمة الصحة العالمية WHO لمدة سنة وفقاً للقيم الحدية لانبعاثات الجسيمات، بينما كانت تراكيز الجسيمات في الهواء الجوي أعلى من الحدود الآمنة التعرض لها لمدة سنة في حال كون الانبعاثات تعادل القيم الحدية للمعايير المصرية وذلك لمسافة 1 كيلومتر من المصنع وهي أقل من المسافة بين المصنع ومدينة زليتن.



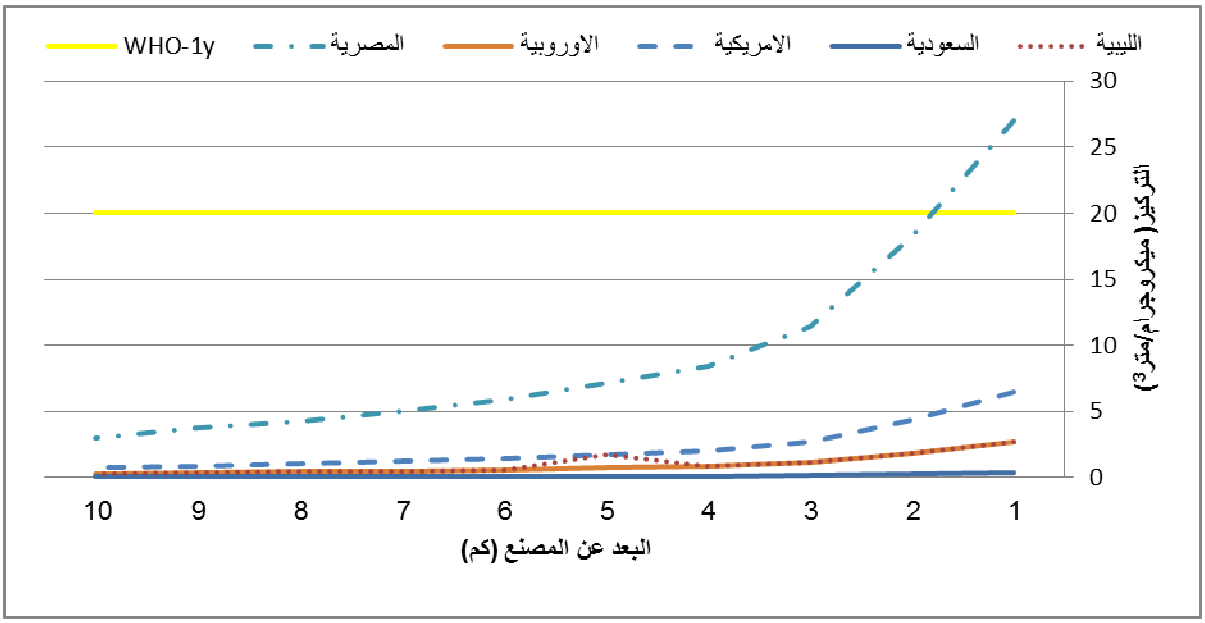
شكل (9) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت زليتن على تركيز الجسيمات في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

ونظراً لبعد مصنع البرج للإسمنت عن مدينة زليتن والذي يبلغ حوالي 11 كيلومتر فإن توافق انبعاثات هذا المصنع مع القيم الحدية للمعايير المختلفة لن يكون له تأثير واضح على السكان في مدينة زليتن (شكل 10)، حيث كانت تراكيز الجسيمات الناتجة عن هذا المصنع أقل من التراكيز الخطرة حسب WHO لمدة 24 ساعة وفقاً للمعايير الأمريكية والأوروبية والسعودية والليبية بينما تجاوزت التراكيز الحد الآمن سنوياً في حال كانت الانبعاثات الناتجة عن المصنع تعادل القيم الحدية المصرية وذلك لمسافة 1 كيلومتر من المصنع.



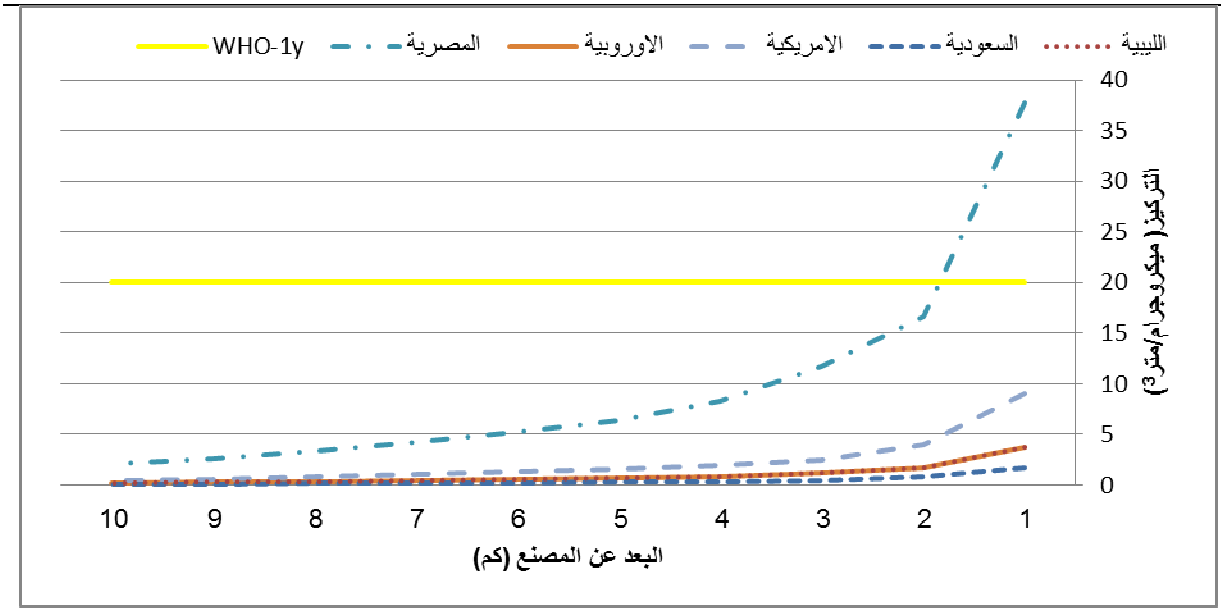
شكل (10) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت البرج بزليتن على تركيز الجسيمات في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

كما تظهر النتائج المبينة في الشكل (11) أن الانبعاثات الجسيمية لمصنع إسمنت المرقب بمدينه الخُمس التي تبعد حوالي 4 كيلومتر من المصنع لا تشكل وحدها خطراً على صحة السكان في المدينة في حال توافقت هذه الانبعاثات مع أقصى تركيز مسموح به وفقاً للمعايير الأمريكية والأوروبية والسعودية والمقترح الليبي للانبعاثات الصناعية، بينما كانت تراكيز الجسيمات في الهواء الجوي أعلى من الحدود الآمنة التعرض لها لمدة سنة في حال كانت الانبعاثات تعادل القيم الحدية للمعايير المصرية وذلك لمسافة 1 كيلومتر من المصنع وهي أقل من المسافة بين المصنع ومركز مدينه الخُمس وهذا يعني أنه قد تشكل المعايير المصرية خطراً على صحة السكان في المدينة خاصةً إذا أضفنا الجسيمات الناتجة عن المصادر الأخرى إلى التراكيز الناتجة عن انبعاثات هذا المصنع.



شكل (11) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت المرقب على تركيز الجسيمات في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

وبالرغم من أن مصنع إسمنت لبدة بوضعه الحالي يعد من المصادر الكبرى للتلوث بالجسيمات في مدينة الخُمس إلا أننا نجد أنه في حال كون المصنع ينتج انبعاثات تتوافق مع أقصى تركيز مسموح به في المعايير الأمريكية والأوروبية والسعودية والليبية فإنه لن يكون هناك تأثير واضح على السكان في المدينة حيث كانت تراكيز الجسيمات الناتجة عن هذا المصنع أقل من التراكيز الخطرة حسب WHO لمدة سنة بينما كانت تراكيز الجسيمات في الهواء الجوي في محيط المصنع 1 كيلومتر أعلى من الحدود الآمنة التعرض لها لمدة سنة في حال كانت الانبعاثات تعادل القيم الحدية للمعايير المصرية (شكل 12).



شكل (12) تأثير انبعاثات مصنع إسمنت لبدة على تركيز الجسيمات في هواء المنطقة المجاورة وفقا للمعايير المختلفة.

4. الاستنتاجات

نلاحظ من النتائج المتحصل عليها أن المعايير المصرية للانبعاث الصناعية من مداخن مصانع الاسمنت كانت هي الأسوأ بشكل عام والاسترشاد بها سيشكل خطراً على صحة السكان في العديد من المدن والصناعات وخاصةً مصانع الاسمنت القريبة جداً من التجمعات السكنية كما هو الحال مع مصنع المرقب، وتعتبر القيم الحدية الليبية المقترحة هي الثانية من حيث السوء حيث أنها يمكن أن تتسبب في ارتفاع تراكيز بعض الملوثات في الهواء الجوي في المناطق القريبة من المنشآت الصناعية إلى قيم أعلى من التراكيز المسموح بالتعرض لها وفقاً لدلائل منظمة الصحة الدولية وهذا يمكن أن يشكل خطراً على صحة السكان خاصةً إذا أضفنا إلى التراكيز الناتجة عن مصانع الاسمنت إلى المصادر الأخرى لانبعاث الملوثات كالمصانع الأخرى ووسائل النقل وعمليات حرق المخلفات وغيرها، وتُعد القيم الحدية للانبعاثات الصناعية الواردة في المعايير الأمريكية هي الأكثر أماناً للاستخدام في ليبيا من بين المعايير المختلفة حيث تبين أنه عند تطبيق القيم الحدية لهذه المعايير على الانبعاثات الصناعية لمصانع الاسمنت في مدينتي زليتن والخمس تبين أنها لا تشكل خطراً لوحدها على صحة السكان القريبين من هذه المصانع وهذا يدفعنا إلى اقتراح أن يتم تعديل القيم الحدية في مشروع اللائحة الليبية للانبعاثات الصناعية وفقاً للنظام الأمريكي مع مراعاة أن تكون القيم الحدية الخاصة بصناعة الاسمنت هي الأكثر صرامة.

المراجع:

الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (2003)."مقاييس حماية البيئة"، وثيقة رقم (1409-01)، وزارة الدفاع والطيران، المملكة العربية السعودية.

القانون المصري (2005). بقرار وزاري رقم 1741 لسنة 2005، الملاحق التنفيذية للقانون رقم 4 لسنة 1994 في شأن البيئة، جمهورية مصر العربية.

الهيئة العامة للبيئة (2008)، مشروع قانون الاشتراطات البيئية لحماية الهواء من التلوث، تقرير غير منشور، طرابلس.

Boubel et al. (1994) Fundamentals of Air Pollution, 3rd edition. Academic Press.

Cooper C.D., and Alley F.C., 1986, Air Pollution Control: A Design Approach, Prospect Heights, Ill, Waveland Press.

Dockery D.W., Pope, C.A., Xiping, X. Spengler, J., Ware, J., Fay, Ferris, B., Speizer, F. (1993), An association between air pollution and mortality in six U.S. Cities, New England Journal of Medicine, 329 (24): 1753 – 1759.

ECE (2010). European Commission Environment . "Air Quality Standards". Website: http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm

NAPAP, National precipitation assessment program. Integrated Assessment Report, Washington DC, 1990

Nicholas P.C., (2002), Handbook of Air Pollution Prevention and control, Butterworth-heinemann is an imprint of Elsevier Science, USA.

Ostro BD, Eskeland GS, Sanchez JM, Feyzioglu T 1999 Air pollution and health effects: A studyof medical visits among children in Santiago, Chile. Environmental Health Perspectives 107: 69-73.

Roots. O. (2008): Materials corrosion and air pollution Long-term studies at the Lahemaa monitoring station, Estonia, chemistry, 57, 2, 107–116

Smith, M.D. and Knapp, A.K., (2003): Dominant species maintain ecosystem function with non-random species loss. Ecology Letters, vol. 6, pp. 509-517

USEPA (2010). "National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From the Portland Cement Manufacturing Industry and Standards of Performance for Portland Cement Plants", Environmental Protection Agency, Federal Register / Vol. 75, No. 174 / Thursday, September 9, 2010 / Rules and Regulations, USA.

USEPA, (2008), National Ambient Air quality standards (NAAQS), U.S. Environmental Protection Agency, http://www.epa.gov/air/criteria.html (accessed July 18, 2008)

WHO, (2005), Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide - Global Update 2005. Geneva: World Health Organization. Available:http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

WHO, (2010),Air Quality Guidelines for Europe available online at: http://www.who.dk/InformationSources/Publications/Catalogue/20010910_6

World Bank, (1998): Pollution Prevention and Abatement Handbook, WORLD BANK GROUP, Effective July.