تأثير الانبعاثات الغازية والجسيمية لأفران مصنعي إسمنت زليتن على جودة الهواء في المدينة

علي يوسف عكاشة[1]، هشام جهاد ابراهيم[1]، عبد السلام علي خليل[2]

[1] كلية الموارد البحرية، الجامعة الأسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا.

[2] الأكاديمية الليبية، مصراته، ليبيا.

الملخص

تم في هذا البحث استخدام عمليات موازنة الكتلة والطاقة لحساب معدلات انبعاثات غاز ثاني اكسيد الكبريت واكاسيد النيتروجين والجسيميات والناتجة عن مصنع زليتن للإسمنت ومصنع اسمنت البرج بمدينة زليتن، ثم اجريت محاكاة عملية انتشار لهذه الملوثات في البيئة باستخدام احد البرامج الحاسوبية المتخصصة في محاكاة عملية انتشار الملوثات وهو برنامج DISPAR وذلك تحت تأثير الظروف المناخية السائدة في حالة كون الرياح تهب باتجاه المدينة لكل مصنع على حده، كما تم اعادة تكرار عملية محاكاة الانتشار باستخدام تكرارات اتجاه هبوب الرياح لحساب المعدلات السنوية للتراكيز الناتجة عن المصنعين في المدينة.

واظهرت النتائج المتحصل عليها وجود ارتفاع نسبي بشكل عام في الانبعاثات الناتجة عن مصنع اسمنت زليتن مقارنة بالانبعاثات الناتجة عن مصنع اسمنت البرج، وكانت الانبعاثات الجسيمية اعلى من المعايير الدولية المسموح بها في كلا المصنعين بينما كانت انبعاثات اكاسيد الكبريت ضمن الحدود المسموح بها في المصنعين اما اكاسيد النيتروجين فقد كانت ضمن المعايير لمصنع اسمنت البرج واعلى من الحدود القياسية لجميع المعايير باستثناء الحدود المصرية لمصنع اسمنت زليتن، وان أكاسيد النيتروجين المنبعثة من المصنعين لوحدها قد لا تشكل خطرا على صحة السكان في المدينة لأنها ضمن المعدل المسموح به من المنظمة الدولية للصحة، كما كانت اكاسيد الكبريت المنتشرة في منطقة الدراسة نتيجة لانبعاثات هذين المصنعين ضمن الحدود المسموح بها على المدي القصير (10 دقائق) وفقا للمعايير الدولية لمنظمة الصحة العالمية، ومع ذلك يتوقع ان تشكل هذه الانبعاثات خطرا على السكان القريبين من المصانع، و حيث أشارت نتائج الدراسة لارتفاع تراكيز الجسيمات الناتجة عن انبعاثات مصنعي الاسمنت في المدينة الى معدلات كبيرة مقارنة بالمعايير الدولية لمنظمة الصحة العالمية مما قد يتسبب في تأثيرات صحية وبيئية سيئة على سكان المدينة وخاصة في المناطق القريبة من المصانع.

المقدمة:

أدى التطور الصناعي الهائل الذي صحب الثورة الصناعية الى إحداث ضغط هائل على كثير من الموارد الطبيعية, خصوصا تلك الموارد غير المتجددة مثل: الفحم, وزيت البترول, وبعض الخامات المعدنية والمياه الجوفية، وقد صحب هذا التقدم الهائل الذي أحرزه الانسان ظهور أصناف جديدة من المواد الكيميائية لم تكن تعرفها البيئة من قبل, فتصاعد بعض الغازات الضارة من مداخن مئات المصانع, وتسببت في تلوث الهواء, وألقت هذه المصانع بمخلفاتها ونفاياتها الكيميائية السامة في البحيرات وفي الانهار

(اسلام, 1990) .كما أن إنتشار تلك الإنبعاثات من مداخن المصانع يتأثر بالظروف المناخية ولا يمكن التنبؤ بأماكن ترسبها وتُشير الدراسات إلى أن الإنبعاثات الجُسيمية يمتد مداها إلى مسافات تتراوح من 11 ميل إلى 47 ميل من مصدر الإنبعاث، أما في حالات الإستقرار الجوي والتي تكون تحتها عملية إنتشار الإنبعاثات الجُسيمية والغازية محدودة تكون البيئة القريبة والمحيطة بمصدر الإنبعاث عُرضه لتراكيز أعلى من الملوثات وآثار سلبية بليغة. (عبد الماجد واخرون 2003)

كما ويُعد مصنعي الإسمنت بمدينة زليتن من أكبر المصانع في ليبيا، حيث بدأ في تنفيذ مصنع اسمنت زليتن خلال عام 1980م. بطاقة إنتاجية تقدر بحوالي مليون طن سنويا، ويقع المصنع جنوب غرب مدينة زليتن حيث يبعد عن مركز المدينة بحوالي 12كم ، أما مصنع البرج فقد افتتح عام 2005 م، وتقدر الطاقة الانتاجية للمصنع (1.400.000 طن) سنويا, ويعمل بزيت الوقود الثقيل, وتم اختيار موقع مصنع البرج في مدينة زليتن قريبا من المحاجر بمنطقة ماجر محلة مدوره بمساحة اجمالية (84) هكتار، ويبعد عن وسط المدينة بحوالي 15 كم (الشركة العربية للإسمنت, 1984).

بما أن التلوث الجوي الناجم عن انتاج الاسمنت مشكلة بيئية عالمية. حيث حددت الدراسات الأخيرة العلاقة بين التلوث الجوي للاسمنت والامراض الصحية للانسان، ووجد أن التلوث من مصانع الاسمنت يسبب في تأثير ضار على صحة الانسان والبيئة. وتعد الجسيمات الصلبة اهم الملوثات الناتجة عن صناعة الاسمنت وهذه الجسيمات وخاصة الدقائق الصغيرة الحجم يمكن ان تدخل عميقا الى الرئتين مسببة سلسلة من المشاكل الصحية من اهمها (السعال، صعوبة التنفس، ضعف في وظائف الرئتين، الربو، ظهور التهاب حاد في الشعب الهوائية، اضطراب في اداء القلب، امراض القلب، الموت المبكر) (WHO, 2005). و تتأثُر صحة الإنسان بالغبار العالق بالهواء حسب التركيب الكيميائي للغبار وطول فترة التعرض للغبار وحجم الجسيميات إذ أن الغبار المكون من جُسيميات أصغر من 10 ميكرون يمكنه الوصول إلى رئتي الإنسان ليُلحق بهما أضراراً، وتُعد المواد الناتجة من عمليات الإحتراق الغير مُكتمل من بين تلك الجُسيميات. هذا وتُشير الدراسات العلمية إلى أن هناك علاقه 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 باحجام أدنى من 10 ميكرون (PM_{10}) لها إرتباط بإزدياد عدد الوفيات. وهذا التركيز هو أدنى من القيمة الحدية للمعايير القياسية الأمريكية (Doclery et al., 1993; USEPA, 2010). ووفق لنتائج دراسة (Dockery et al., 1993) فانه توجد مخاطر متشابهة في المدن التي تسجل تراكيز اقل من 12.5 ميكرو جرام /متر^3 بينما كانت مخاطر حدوث اثار صحية سيئة اعلى عند التعرض لتركيزات اعلى (اي 15 ميكروجرام/متر^3) وتشير النشرات المتعلقة بدلائل منظمة الصحة العالمية لنوعية الهواء ان خطر الاصابة بالوفاة نتيجة لأمراض القلب والرئة يمكن ان تبدأ في الظهور عند التعرض الطويل الامد لتراكيز 20 و10 ميكروجرام/متر^3 للجسيميات 10 و2.5 على التوالي. كما تُشير دراسة أخرى (WHO, 2005) 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 ان ترسب الجُسيميات الخشنة (مثلاً أكبر من 10 ميكرون) على أوراق النباتات يُعيق تبادل الغاز وعملية التمثيل الضوئي مما يتسبب في إنخفاض معدلات النمو للنباتات وعلى الأخص إذا ماترسبت 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 (مسلماني والعودات 2004 و Ray et al, 2013).

كما ينتج عن صناعة الاسمنت بعض الغازات الملوثة مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) العديم اللون ذو الرائحة النفاذة، الذي يمكن الإحساس بوجوده في الهواء المحيط بواسطة الشم إذا أصبحت تراكيزه في نطاق 1,000–3,000 ميكروجرام/م^3 (Nicholas, 2002) وتتمثل تأثيرات SO_2 على صحة الإنسان في إنخفاض الدور الوظيفي للرئتين وازدياد حالات امراض 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 إمتداد فترات زمنية تفوق 10 دقائق (WHO, 2005). حيث يذوب ثاني أكسيد الكبريت المُستنشق مع الهواء في السوائل المائية المتواجدة في الجهاز التنفسي العُلوي ثم يتم امتصاصه في مجرى الدم. و أكاسيد النيتروجين هي الأخرى تضر بالأداء الوظيفي للجهاز التنفسي للإنسان وعلى الأخص لدى مرضّى الربو من الكبار و الصغار حتى في وجود تراكيز (منخفضة). وتُشير إحدى التقارير الصادرة عن منظمة الصحة العالمية إلى أن الأداء الوظيفي للجهاز التنفسي لمصابي الربو يتأثر بتواجد ثاني اكسيد النيتروجين في الهواء المُستنشق ولمدة 30 دقيقة وبتراكيز تُعد منخفضة (560 ميكروجرام/م^3) (WHO,1987؛ Raczynski and Watson 1999). وتُبرهن الدراسات العلمية على أن إرتفاع معدلات SO_2 في الهواء يتسبب في تدني معدلات إنتاج المحاصيل الزراعية وتؤدي إلى موت بعض انواع النباتات في مراحل مبكرة. وتظهر أثار الإصابات على النباتات عند تراكيز في حدود 1850 ميكروجرام/م^3 بعد تعرضها لمدة ثماني ساعات او 40 ميكروجرام/م^3 طوال موسم النمو (Smith, 1981; NAPAP, 1990). هذا وتتأثر الأشجار بحسب نوعها بتراكيز مختلفة من ثاني اكسيد الكبريت فمثلاً تعرُض أشجار غابات الصنوبر لمتوسط تراكيز في حدود 44 ميكروجرام/م^3 وعلى مدى عشرة سنوات يترك أضراراً ملموسة عليها (Canada, 1987; Nicholas, 2002).

تُبين الدراسات التي أُجريت على الحيوانات ان تعرض الحيوانات لـNO_2 لفترات تتراوح من عدة أسابيع إلى عدة شهور بتراكيز في حدود 1,880 ميكروجرام/م^3 له تأثيرات سلبية على اداء 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, 2010; Nicholas, 2002). وفي وجود ثاني اكسيد الكبريت في الهواء بتراكيز في حدود (280 جزء في المليون) تتسبب في صدأ الألمونيوم عند مستويات رطوبة تفوق 70% وتكون بودرة بيضاء من كبريتات الألمونيوم. كما أن تعرض النحاس في المفاتيح الكهربائية لكبريتيد الهيدروجين يزيد من مقاومتها الكهربائية مما يؤدي إلى فاقد في الطاقة الكهربائية أثناء إنتقالها عبر الأسلاك النحاسية (Boubel, et al., 1994)..

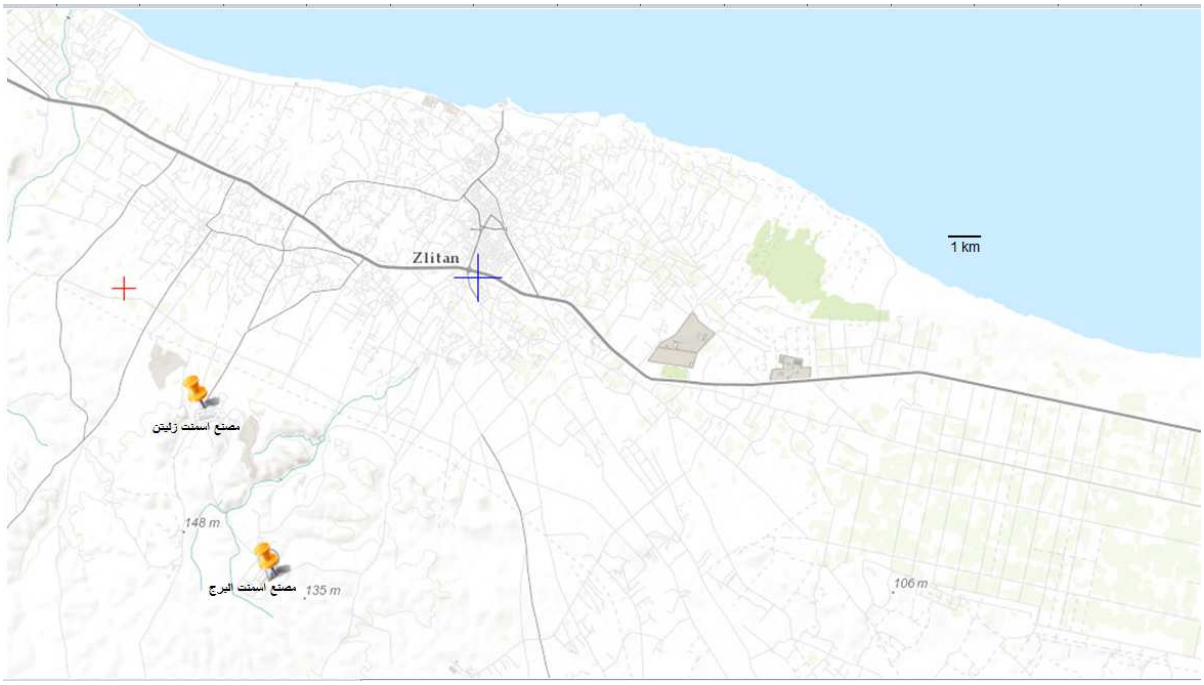
تمثل النماذج الحاسوبية والرياضية لجودة الهواء عمليات النقل والانتشار والتموضع التي يمكن ان تحدث لملوثات الهواء تحت تأثير الظروف المناخية المحلية وكميات الانبعاثات من المصادر المختلفة، وتستخدم نماذج محاكاة انتشار الملوثات لتقدير مساهمة المصادر المختلفة في كمية الملوثات الموجودة في الهواء الجوي عند اي نقطة، توقع تأثير حجم التغيير الذي يمكن ان يحدث في تأثير اي 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 اي فترة زمنية او منطقة في حال تعطل او غياب اجهزة مراقبة جودة الهواء. ولهذا تعد المحاكاة الحاسوبية احد 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.

تفتقر منطقة الدراسة الى عمليات تقييم حقيقة لحجم المخاطر على صحة السكان والناتجة عن المصادر الصناعية المختلفة بسبب افتقارها الى محطات رصد ومراقبة للملوثات المختلفة في الهواء الجوي بالإضافة الى وجود قصور حقيقي في الارشفة للأمراض المختلفة وظهور او زيادة في معدلات الاصابة بالأمراض ذات العلاقة بالملوثات البيئية. وعليه فمن الضروري في هذه الحالة استخدام نماذج المحاكاة الحاسوبية لمحاولة تقييم التأثيرات الصحية والبيئية المختلفة لمصادر التلوث في المنطقة. وعليه فان هذه الدراسة تهدف الى تقدير كميات الملوثات الغازية والجسيمية الناتجة من مصنعي الاسمنت بمدينة زليتن ومعدلات انتشارها تحت تأثير عوامل الطقس المحلية.

2. المواد والطرق

1.2 موقع الدراسة

المواقع المستهدفة في هذه الدراسة تشتمل على مصنع إسمنت زليتن (التابع للشركة الاهلية للأسمنت) ومصنع إسمنت البرج (التابع لشركة الإتحاد العربي للمقاولات) ويقع كليهما في مدينة زليتن.



شكل (1) : خريطة لموقع الدراسة وعليها موقع مصنعي الاسمنت

2.2. موازنات المادة والطاقة لمصنعي الإسمنت

تم إجراء الحسابات لكميات المواد الناتجة من العمليات الصناعية المستهدفة بالدراسة وذلك بتطبيق قانون حفظ الكتلة حيث تتضمن موازنة المواد تحديد كميات المواد الداخلة والخارجة من العملية الصناعية وتكتب موازنة المواد كما يلي (Coluson & Richardson, 2004):

المدخلات + التولد = المخرجات + الإستهلاك .....(1)

وتعتمد الموازنات على إستخدام مجموعة من البيانات التشغيلية مثل كمية المواد الخام الداخلة للعمليات، تركيبها الكيميائي، نسبة التحول داخل الوحدات الصناعية،.....إلخ، والتي تم تجميعها لكلا المصنعين.

وتعطي حسابات موازنة الكتلة الكميات الدقيقة للمواد وتوزيعها بين الانبعاثات في الهواء وفي المنتجات النهائية لتلك الوحدات. وتعتمد مدى دقة هذه الحسابات على صحة البيانات التشغيلية المتحصل عليها من المصادر وخصوصاً كميات مواد التغذية للوحدات الصناعية بالإضافة لكفاءة أداء المعدات والأجهزة الصناعية خصوصاً معدات الفصل والضاغطات بمصانع الإسمنت. واستخدمت المعادلة (1) أيضاً السابقة بشكل قيم للطاقة على بعض الوحدات الصناعية بهدف إيجاد كميات لبعض المواد الغير معلومة التركيب سواءاً كانت ضمن المواد الداخلة ام الخارجة من النظام. وهذا التداخل بين موازنتي المادة والطاقة يتم على أساس البيانات التشغيلية المتحصل عليها، والتي يتم الإستفادة منها في حساب كميات بعض المواد، كما تم حساب موازنة الكتلة على أساس أن المصنعين يعملان بحالة الإستقرار (Steady State) وبمعلومية البيانات والظروف التشغيلية لكلا المصنعين. الجدول (1) والذي يبين كميات التغذية والإنتاج لكلا المصنعين الذين يتكون كل منهما من خطي انتاج.

الجدول (1): كميات التغذية والإنتاج و الظروف التشغيلية والتصميمية لمصنع أسمنت زليتن ومصنع البرج.

البيانات	وحدة القياس	مصنع البرج	مصنع زليتن
معدل الإنتاج	طن كلنكر/ساعة	179	133.33
كمية التغذية للفرن	طن/ساعة	300	230
نوع الوقود المستخدم	--	الوقود الثقيل	الغاز الطبيعي
كمية الوقود المستهلكة	طن/ساعة	14	9.3
درج حرارة الاحتراق بالفرن	K	1723	1773
نسبة التحول للوقود	مول%	100	100
الهواء الزائد	% وزناً	4.25	40
ارتفاع المدخنة	م	126	84.2
قطر المدخنة	م	3.35	4

2. 3 معالجة انتشار الملوثات

يستخدم برنامج (DISPER V:4.0 " Air pollution dispersion modeling software) لغرض الحصول على تأثير مصادر الانبعاث المختلفة على تراكيز للملوثات في الهواء الجوي تحت تأثير عوامل الطقس المحلية، وقد استخدم هذا البرنامج في دراستنا الحالية لتقدير انتشار اكاسيد النيتروجين وثاني اكسيد الكبريت وكميات الجسيميات في الهواء الجوي المنبعثة من مصنعي الاسمنت في مدينة زليتن كما يظهر في الخريطة المبينة في شكل (1) وذلك تحت تأثير الظروف المناخية المحلية.

2. 3. 1 البيانات المستخدمة في معالجة الانتشار

استخدمت في عملية محاكاة الانتشار معدلات انبعاث اكاسيد الكبريت والنيتروجين والغبار الناتجة عن عمليات موازنة الكتلة

والطاقة، بالإضافة الى بيانات حقيقية عن ابعاد المداخن الخاصة بكلا المصنعين كما هو موضح في الجدول (1).كما تم في هذا البحث استخدام البيانات المناخية الواردة في السجلات الشهرية لمحطة ارصاد الخمس والتي تعد الاقرب لمدينة زليتن، وذلك لمدة 10 سنوات من سنة 2004 حتى سنة 2013 كما يلي:

- لحساب المعدل السنوي لتراكيز الملوثات المختلفة في الهواء الجوي بمنطقة الدراسة تمت عملية المحاكاة للانتشار عن طريق تقسيم المنطقة الى 18 نقطة ثم طبق برنامج (DISPER) مع كل ملوث لتمثيل اشهر السنة المختلفة للمعدلات الشهرية لدرجة الحرارة وبمتوسط لعملية التكرار للبيانات المناخية تبلغ 50 مرة لكل من اتجاه وسرعة الرياح بحيث يمثل كل رياح تبلغ نسبة تواجدها 2% بتكرار واحد، ويوضح الجدول (2) المعدلات الشهرية البيانات المناخية التي تم استخدامها في الدراسة.
- لحساب حجم تأثير كل مصدر من مصادر الانبعاثات على المناطق القريبة منه تم تطبيق البرنامج على كل مصدر من مصادر الانبعاثات على حده ومع الملوثات المختلفة الناتجة عنه والتي كانت اكاسيد الكبريت والنيتروجين والغبار لكل من مصنع اسمنت زليتن ومصنع البرج للإسمنت وباستخدام اتجاه واحد للرياح و معدل سرعة الرياح السائدة في المنطقة.

3. النتائج والمناقشة

1.3. تراكيز الملوثات المنبعثة من المصانع

بناءاً على قانوني حفظ الكتلة وحفظ الطاقة، وإستناداً للمعادلات الكيميائية لإحتراق مكونات الوقود والظروف التشغيلية بالأفران والتي بينها (Ibrahim et al, 2012) في دراستهم حول تقييم الملوثات الناجمة عن مصانع الاسمنت بمدينة الخمس. حيث تم حساب كمية الملوثات المنبعثة من الأفران، وتقدير تركيز الإنبعاثات الصادرة من مداخن المصانع.

عملية الإحتراق لمكونات الوقود هي عملية إحتراق كاملة حيث تتحول جميع مكونات الوقود الثقيل والغاز الطبيعي المستخدمين بالأفران إلى غازي ثاني اكسيد الكربون وبخار الماء، إضافة لتكون كميات من غاز ثاني اكسيد النيتروجين الناتج عن عملية إستخدام كميات كبيرة من الهواء الزائد لعملية الإحتراق وبسبب تجاوز درجة حرارة الإحتراق بالفرن لقيمة 1000 ^{o}م. إضافة لتكون كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن عملية التحلل الحراري لخام الإسمنت وهما كبريتات الماغنيسيوم وكربونات الكالسيوم وكربونات الماغنيسيوم على التوالي (Ibrahim et al, 2012).

وتجدر الإشارة هنا إلى أن كميات الغبار الناتجة من المدخنة الرئيسية لكلا المصنعين تتفاوت قيمها بشكل كبير جداً حيث نجد أن

كمية الغبار الناتج من العملية الصناعية =

كمية التغذية للفرن – كمية الكلنكر الناتج – كمية ثاني أكسيد الكربون – ثاني اكسيد الكبريت

كمية الغبار الناتجة من مصنع اسمنت زليتن= 230000 – 133333.33-78430-184= 18052.67 كجم/ساعة

عند إستخدام 2.5 م^{3} من الهواء في المبرد لكل كجم كلنكر متكون فسوف يتشكل 10 جم غبار لكل متر ^{3} هواء خارج (هشام واخرون،2012).

وبما أن كمية الغبار المفقود مع هواء التبريد = 333333.33 م^{3}/ساعة (3333.33 كجم/ساعة)

وحيث أن غرفة الترسيب الكهربائي بالمصنع لا تعمل ويعتمد فقط على عملية الترشيح بإستخدام الأكياس الهوائية والتي تقل كفاءتها في هذه الحالة بنسبة كبيرة بمرور الوقت والتشغيل، عليه فإننا سنفترض ان كفاءة عملية الفصل هنا هي حوالي 75% طوال العام، وهي نسبة عالية مقارنة بوضع المصنع حالياً، لذا فإن كمية الغبار المتصاعد من المدخنة لمصنع زليتن = 5346.5 كجم/ساعة

بينما نجد أن مصنع اسمنت البرج يحتوي على مجموعة فلاتر تنقية عقب أجهزة الترسيب الكهربائية لكل خط إنتاجي بحيث تعمل كل منها على حدا، والتي تعمل على إزالة الغبار الخارج مع الإنبعاثات الغازية وتصل كفاءتها إلى حوالي 99.99%، لذا فإنه لا يلاحظ تقريباً خروج غبار مع الغازات المتصاعده من المدخنة، وتقدر قيمة الغبار المتصاعدة من المدخنة بحوالي 1.65 كجم/ساعة (بكفاءة فصل حوالي 99.99%).

يبين الجدول (2) المكونات الغازية الناتجة عن عملية الإحتراق داخل الفرن الدوار لصناعة الإسمنت. حيث يلاحظ إرتفاع كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة من مصنع البرج عنه في مصنع زليتن ويعود السبب في ذلك لإرتفاع كمية تغذية الخام للفرن. كما نجد أن كمية اكاسيد النيتروجين المتكونة في مصنع البرج أقل منه في مصنع زليتن وذلك بسبب إستخدام كمية محددة من الهواء الزائد كنتيجة للتحكم الجيد في عملية الإحتراق داخل الفرن، بينما نجد أن كمية ثاني أكسيد الكبريت الناتجة من زليتن كبيرة مقارنة بمصنع البرج والذي لاينتج أي كمية من غاز ثاني أكسيد الكبريت والسبب في ذلك يعود لأن كمية غاز ثاني أكسيد الكبريت المتكونة يتم إمتصاصها على سطح التغذية الداخلة للفرن في المسخنات الأولية (preheater)، حيث تمرر الغازات الناتجة من الإحتراق على التغذية الداخلة بهدف تسخينها مبدئيا، فتعمل التغذية القاعدية كأسطح إمتصاص لهذا الغاز الحمضي، وهذا ينطبق مع مبدأ الإزالة (Ibrahim et al, 2012) .

جدول (2): النواتج الغازية المنبعثة من المدخنة والناتجة عن عملية الإحتراق

المادة	مصنع اسمنت زليتن		مصنع البرج للاسمنت	
	كجم/ساعة	متر^3/ساعة	كجم/ساعة	متر^3/ساعة
الأكسجين	14481.11	10136.78	1916.821	1341.775
النيتروجين	167322.9	133858.3	160269.1	128215.3
بخار الماء	19883	24743.29	16128	20070.4
ثاني أكسيد الكربون	104554.9	53227.96	154274	78539.47
أكسيد النيتروجين	179.364	133.925	177.365	132.432
ثاني اكسيد الكبريت	30.687	10.740	0.0	0.0

يبين الجدول (3) مقارنة كمية الملوثات (ثاني أكسيد الكبريت، أكاسيد النيتروجين، الغبار) المنبعثة من مدخنتي كلا المصنعين بالمعايير العالمية. حيث نلاحظ أن مصنع البرج يقع ضمن الحدود الدولية لجميع الملوثات ماعدا المعيار السعودي بالنسبة لأكاسيد النيتروجين حيث تجاوز المعيار القياسي لملوثات الأساسية وهي بنسبة 123.3%. بينما بالمقابل نجد أن مصنع إسمنت زليتن تقع تراكيز إنبعاثاته خارج الحدود الدولية المسموح بها بالنسبة لأكاسيد النيتروجين، والغبار، بينما يقع ضمن الحدود المعيارية بالنسبة

لثاني أكسيد الكبريت. وتُشير هذه النتائج لمدى نجاعة الطرق الحديثة في عملية صناعة الإسمنت بمصنع البرج عنها في مصنع إسمنت زليتن.

جدول (3): مقارنة تراكيز الملوثات المنبعثة من مدخنتي أفران مصنعي أسمنت زليتن والبرج بالمعايير العالمية

الملوث		اكاسيد النيتروجين		ثاني اكسيد الكبريت		الجسيمات الصلبة	
المعايير	المقارنة*	مصنع البرج	مصنع زليتن	مصنع البرج	مصنع زليتن	مصنع البرج	مصنع زليتن
الامريكية (USEPA,2010)	حسابي	0.14	2.96	0	0.5	6.075	22819
	قياسي	1.5	1.5	1.33	1.33	120	120
	%	-90.67	97.33	-100	-62.4	-94.94	18916
الاوروبية (EU, 2005)	حسابي	108.74	807.54	0	138.16	6.075	22819
	قياسي	150	150	300	300	100	100
	%	-27.5	438.4	-100	-53.9	-93.93	22719
الكندية (CanadianEPA,2005)	حسابي	0.14	1.35	0	0.23	6.075	22819
	قياسي	2.3	2.3	4.6	4.6	50	50
	%	-93.9	-41.3	-100	-95	-87.85	45539
المصرية (القانون المصري، 2005)	حسابي	108.74	807.54	0	138.16	6.075	22819
	قياسي	3000	3000	2500	2500	300	300
	%	-96.4	-73.1	-100	-94.5	-97.98	7507
السعودية (رئاسة الأرصاد وحماية البيئة، 2003)	حسابي	0.67	0.87	0	0.15	0.0055	23.25
	قياسي	0.3	0.3	2.3	2.3	0.2	0.2
	%	123.3	190	-100	-93.5	-99.73	11525

* (–) النسبة تحت المعيار القياسي (+) النسبة أعلى من المعيار القياسي

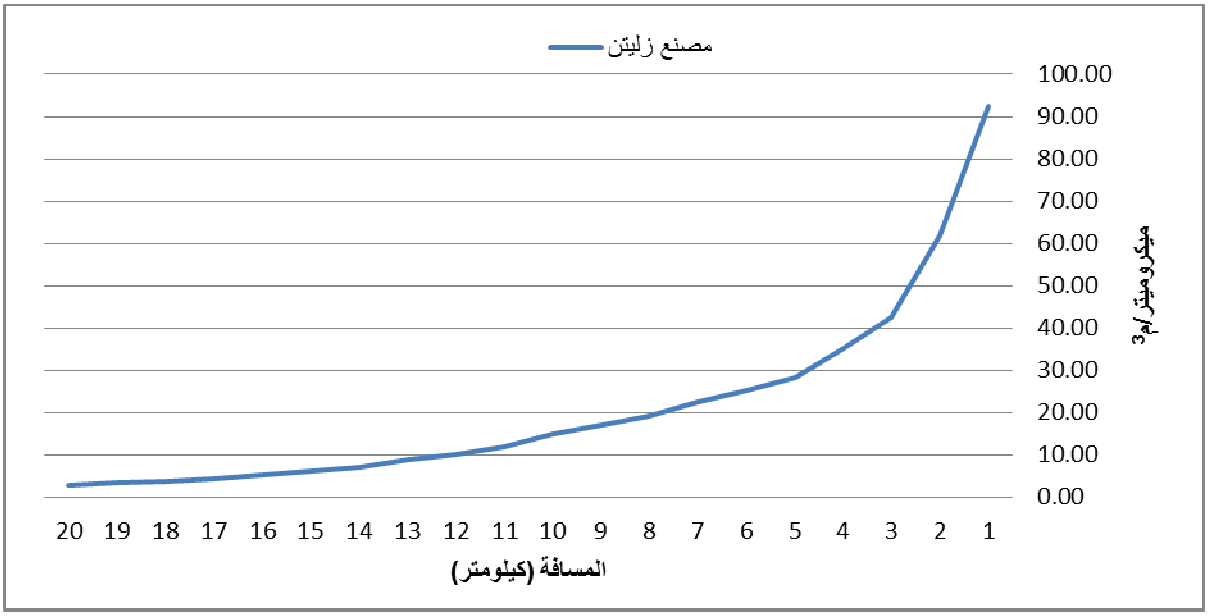
2.4 تراكيز الملوثات في المدينة

1.2.4 اقصى تراكيز من الملوثات الناتجة عن مصنعي الاسمنت

نلاحظ من النتائج المبينة في الجدول (2) ان انبعاثات ثاني اكسيد الكبريت من مصنع البرج تعد صغيرة جدا وتبلغ قرابة الصفر وبالتالي فإننا نلاحظ ان لن يكون هناك تراكيز لثاني اكسيد الكبريت في المناطق المجاورة للمصنع في حال كان المصنع هو المصدر

الوحيد للانبعاثات.

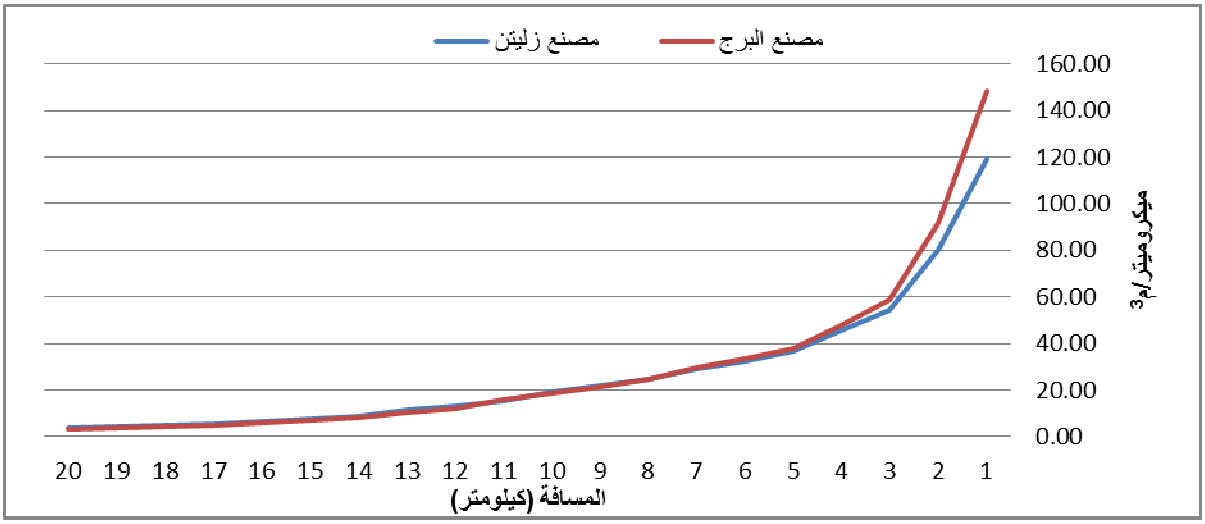
يصل أقصى تركيز لثاني اكسيد الكبريت المنبعث من مصنع زليتن كما هو مبين في الشكل (2) على مسافة 1 كيلومتر من المصنع الى (25.38 ميكروجرام/م^3) وهذا يعتبر أقل من أقصى تركيز مسموح التعرض له لمدة عشر دقائق وفق معايير منظمة الصحة العالمية(500 ميكروجرام/م^3), ولكنها أكبر بقليل من التراكيز المسموح التعرض لها لمدة ساعة حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية، ومن خلال النتائج يتضح أن تراكيز ثاني اكسيد الكبريت الناتجة عن مصنع اسمنت زليتن لوحده لا يشكل خطرا كبيرا على السكان القاطنين بالمنطقة, ولكن مع وجود مصادر أخرى لهذا الغاز بالقرب من المنطقة يمكن ان نرتفع تراكيز هذا الغاز الملوث، وهذا يعني أن الاشخاص القاطنين بالقرب من هذا المصنع يمكن أن يتعرضوا لتأثيرات صحية سيئة ناتجة عن انبعاثات اكاسيد الكبريت من هذا المصنع خاصة وأن الرياح يمكن أن تستمر لمدة طويلة أكثر من 24 ساعة في نفس الاتجاه في بعض الفترات من السنة.



شكل (2) تراكيز ثاني اكسيد الكبريت في الهواء الجوي على مسافات مختلفة من مصانع الاسمنت

كما يلاحظ أيضا من الشكل (2) أن هذه التراكيز تكون مرتفعة عن معدل التعرض اليومي حسب منظمة الصحة العالمية لمسافة 7 كيلومتر، وتشير الدراسات الى امكانية ان تتسبب تراكيز عالية نسبيا من ثاني اكسيد الكبريت الى حدوث اضرار جسيمة على المحاصيل النباتية وفقا للدراسة التي اجراها كل من Roberts, et al (1971) و Jensen and Kozlowski (1974) حيث وجدوا أن تعرض الغطاء النباتي لثاني أكسيد الكبريت بتراكيز 0.1 و0.05 ppm لمدة طويلة يمكن أن يتسبب في إعاقة نمو العديد من الأنواع النباتية، ويعتقد بان تأثير اكاسيد الكبريت يكون اكثر وضوحا على عملية البناء الضوئي وبالتالي معدلات نمو النباتات في فصل الربيع (Killer, 1979) ، كما بينت الدراسات أن بعض الأنواع النباتية يمكن أن تتأثر بشدة عند التعرض لمدة 24 ساعة, لتراكيز أعلى من 100 ميكروجرام/متر^3 من ثاني أكسيد الكبريت وكذلك تتأثر بعض الأنواع الأخرى عند التعرض لتركيز 50 ميكروجرام/متر^3 من ثاني أكسيد الكبريت كمعدل سنوي (WHO, 2000).

أما بالنسبة لتراكيز اكاسيد النيتروجين المنبعثة من هذا المصنع والمبينة في شكل (3) يمكن أن تصل أقصى تركيز لها (119.23 ميكروجرام/م^3) وهذا التركيز أقل من المعدل المسموح بالتعرض له لمدة ساعة حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية (200 ميكروجرام/م^3)، وهذا قد يعني أن هذا المصدر لوحده قد لا يشكل خطرا على صحة السكان في المنطقة المجاورة بالرغم من أنه أعلى من أقصى تركيز مسموح بالتعرض له لمدة سنة وهذا يرجع الى استحالة استمرار الرياح في نفس الاتجاه لمدة سنة كاملة إلا أنه في حال وجود مصادر أخرى لأكاسيد النيتروجين في المنطقة المجاورة مثل مصانع أخرى, وسائل نقل, والحرق العشوائي للقمامة فإن التراكيز يمكن أن تفوق أقصى تركيز مسموح بالتعرض له لمدة ساعة وهذا قد يشكل خطورة على صحة السكان.



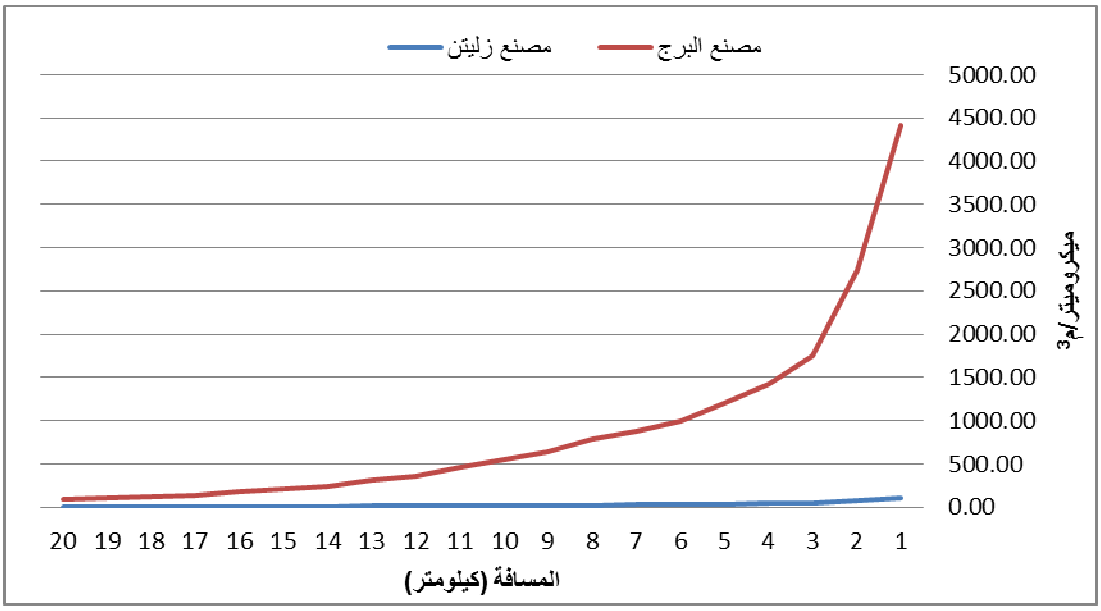
شكل (3) تراكيز اكاسيد النيتروجين في الهواء الجوي على مسافات مختلفة من مصانع الاسمنت

وعند حساب تراكيز الدقائق الجسيمية الناتجة عن مصنع اسمنت البرج على مسافات مختلفة كما هو موضح في الشكل (**4**) فنجد أن أقصى تركيز لها على بعد 1 كيلومتر من المصنع قد يصل الى (110.95 ميكروجرام/م^3), وهذا التركيز أكثر من ضعف التركيز المسموح بالتعرض له لمدة 24 ساعة (50 ميكروجرام/م^3) حسب معايير منظمة الصحة العالمية.

وهذا يعني أن السكان القريبين من هذا المصنع يمكن أن يتأثروا صحيا من هذه الانبعاثات وخاصة عند استمرار الرياح في نفس الاتجاه لمدة طويلة تفوق 24 ساعة في أوقات من السنة ويلاحظ من الشكل (4) أن هذه التراكيز تكون مرتفعة عن معدل التعرض اليومي حسب منظمة الصحة العالمية لمسافة 3 كيلومتر.

كما يتبين من الشكل (3) أن تراكيز أكاسيد النيتروجين في المنطقة والناتجة عن الغازات المنبعثة من مصنع اسمنت زليتن يمكن أن تصل الى (148.32 ميكروجرام/م^3) وهو أقل من المعدل المسموح التعرض له لمدة ساعة حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية، ومن ذلك نستنتج أن هذا المصدر لوحده لا يمثل خطرا على صحة سكان المنطقة المجاورة للمصنع بالنسبة لاكاسيد النيتروجين, بالرغم من أنه أعلى من أقصى تركيز مسموح بالتعرض له لمدة سنة (40 ميكروجرام/م^3) وذلك نظرا لإستحالة استمرار الرياح في نفس الاتجاه لمدة سنة كاملة, ولكن عند تواجد مصادر اخرى لانبعاث هذا الملوث فإن تراكيزه يمكن ان تزداد في الهواء عن الحد المسموح به لمدة ساعة مما يسبب مشاكل صحية للقاطنين بالقرب من المصنع.

يتبين من الشكل (4) أن تراكيز الدقائق الجسيمية المنبعثة من هذا المصنع كبيرة جدا ويمكن ان يصل أقصى تركيز الى قرابة 4500 ميكروجرام/م^3 وهذا أعلى بكثير ولا يقارن بالمعدل المسموح به من منظمة الصحة العالمية لمدة 24 ساعة (50 ميكروجرام/م^3)، ونتيجة لذلك فإن السكان القاطنين بالقرب من هذا المصنع يمكنهم التعرض لتأثيرات صحية ناجمة عن الدقائق الجسيمية المنبعثة من هذا المصنع, وخاصة عند استمرار الرياح لمدة طويلة أكثر من 24 ساعة في نفس الاتجاه في بعض الفترات من السنة ويلاحظ من نفس الشكل(4) أن هذه الجسيمات يمكن ان تصل الى مسافات بعيدة جدا أكثر من 20 كيلومتر (Okasha, 2014).

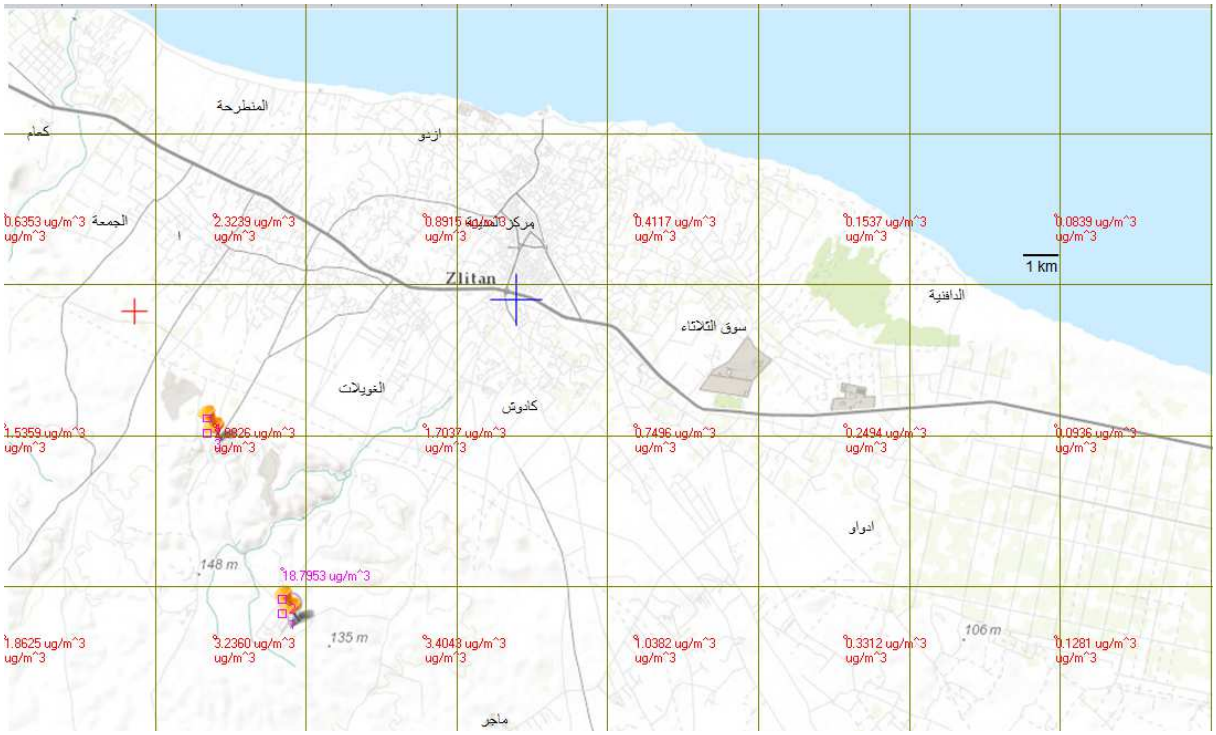


شكل (4) تراكيز الجسيمات في الهواء الجوي على مسافات مختلفة من مصانع الاسمنت

2.2.4 المعدلات السنوية لتركيز الملوثات في المدينة

تبين من خلال خرائط النتائج المتحصل عليها باستخدام برنامج محاكاة الانتشار للانبعاثات الناتجة عن مصنعي الاسمنت بمدينة زليتن وباستخدام البيانات المناخية وتكرارات اتجاه الرياح لمدة سنة كاملة ان تراكيز الملوثات المستهدفة بالدراسة في مدينة زليتن كانت على النحو التالي:

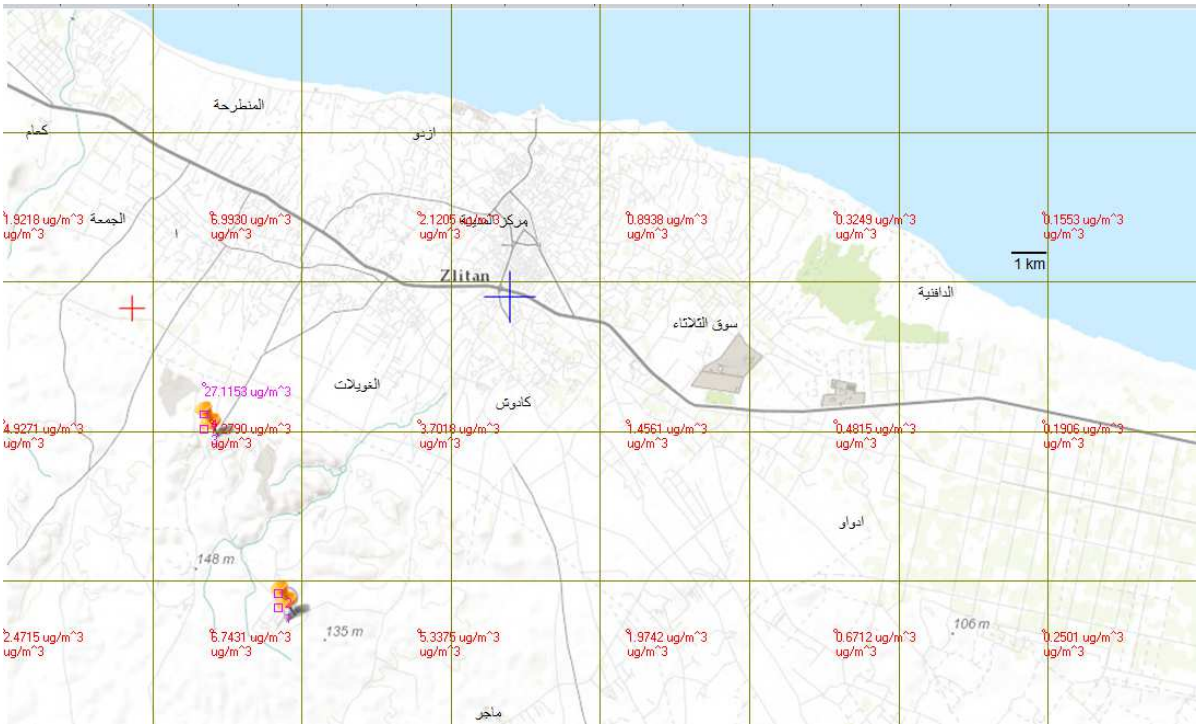
يلاحظ من الشكل 5 والذي يمثل خريطة لمدينة زليتن وعليها تراكيز غاز ثاني اكسيد الكبريت في الهواء الجوي والناتجة عن مصنعي اسمنت زليتن ان أعلى تراكيز لهذا الغاز بالقرب من مصنع البرج ويصل الى (18.80 ميكروجرام/م^3) وهو يعتبر أقل من التركيز المسموح التعرض له لمدة 24 ساعة حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية (20 ميكروجرام/م^3) ,وهذا لوحده لا يسبب أضرارا لسكان المنطقة إلا إذا توفرت مصادر انبعاث أخرى لهذا الغاز مثل المصانع المختلفة ووسائل النقل, عندها قد يفوق الحد المسموح به وبذلك قد يسبب مشاكل صحية للسكان، أما على المناطق الاخرى للمدينة فإن نسبة تراكيز هذا الغاز ضعيفة ودون المواصفات العالمية لمنظمة الصحة العالمية وتعتبر غير مؤثرة.



شكل (5) تراكيز ثاني اكسيد الكبريت في مدينة زليتن (ميكروجرام/متر^3) الناتج عن انبعاثات مصنعي الاسمنت

يتوقع ان تكون تراكيز اكاسيد النيتروجين المنبعث من مصنعي البرج و زليتن للاسمنت في معظم مناطق مدينة زليتن قليلة حيث يظهر من الشكل (6) ان أقصى تركيز لها بالقرب من مصنع زليتن يمكن ان يصل الى (27.12 ميكروجرام/م^3) وهذا أقل من التركيز المسموح بالتعرض له حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية لمدة سنة (40 ميكروجرام/م^3)، ويعتبر تركيز هذا الملوث الناتج عن المصنعين في حدود مواصفات منظمة الصحة العالمية وقد يكون غير مؤثر بشكل كبير على الصحة والبيئة إلا إذا ازدادت نسبة تراكيزه خاصة في المنطقة القريبة من مصنع زليتن نتيجة توفر مصادر اخرى لانبعاث الغاز مما قد يؤدي الى ارتفاع تراكيزه الى ما فوق المعدل المسموح التعرض له.

وجود مصادر اخرى لثاني اكسيد النيتروجين في المنطقة المجاورة للمصنع سيؤدي الى ارتفاع تراكيزه في الهواء الجوي الى معدلات قد تشكل خطرا على صحة السكان، كما تشير الدراسات الى انه يمكن ان يؤدي وجود اكاسيد النيتروجين ضمن الملوثات التي يبثها المصنع الى زيادة التأثير السلبي لثاني أكسيد الكبريت على نمو الأنواع النباتية المختلفة وخاصة الحشائش والأعشاب (Adaros, 1991; McLeod &Skeffington, 1995; Alvarez et al., 2009).



شكل (6) تراكيز اكاسيد النيتروجين في مدينة زليتن (ميكروجرام/متر^3) الناتج عن انبعاثات مصنعي الاسمنت

وتشير الدراسات الى أن الغبار المعلق فوق المدن الصناعية يحتوي على دقائق غبارية معدنية مختلفة, وعلى دقائق ألياف الاسبستوس المسرطنة, وكذلك على الفحوم الهيدوجينية (الهيدروكربونات) العطرية المسببة للسرطان, (المركبات الاروماتية المسرطنة) مثل بنزوبيرين ومشتقاته، وعلى الرغم من التراكيز الضئيلة لهذه المواد في الجو فهي تسرع في ظهور أنواع مختلفة من السرطانات في المدن بنسب أكبر منها في الأرياف(صالح وأبوقرين, 1992)، ويحتوي الغبار الناتج عن مصانع الاسمنت على العديد من المركبات والعناصر الضارة حيث يمكن ان يتواجد به كميات من المعادن الثقيلة (Okasha et al, 2013)

من خلال نتائج هذه الدراسة والمبينة في شكل (7) تبين أن نسبة هذا الغبار ترتفع في مناطق ادواو لتصل الى (22.64 ميكروجرام/م^3) وهذا التركيز أعلى من التركيز المسموح بالتعرض له من منظمة الصحة العالمية (20 ميكروجرام/م^3) لمدة سنة.أما في منطقة المنطرحة وماجر فإن نسبة الغبار تفوق ضعف المعدل المسموح بالتعرض له من منظمة الصحة العالمية, ويكون التركيز في منطقة كادوش اكثر حيث يصل الى (62.56 ميكروجرام/م^3), وتعتبر منطقة سوق الجمعة من أكثر المناطق الكبيرة المتأثرة من غبار مصنعي الاسمنت حيث تصل تراكيزه الى (162.47 ميكروجرام/م^3).

شكل (7) تراكيز الغبار في مدينة زليتن (ميكروجرام/متر^3) الناتج عن انبعاثات مصنعي الاسمنت

وكان كان أقصى تركيز للغبار بالقرب من مصنع اسمنت زليتن حيث بلغ (748.29 ميكروجرام/م^3) وهذا مؤشر خطير من شأنه أن يهدد حياة الانسان والكائنات الحية وكذلك البيئة المحيطة، حيث بينت الدراسات العديدة أن زيادة الوفيات والاصابة بالأمراض المختلفة مع تزايد معدلات ومستويات المواد المعلقة في الجو. ومن أهم الامراض المرتبطة بهذا النوع من التلوث, التي يشار إليها عادة, أمراض الجهاز التنفسي مثل التهابات القصبات الهوائية, وتوسع الرئة, والربو وغيرها.(صالح وأبوقرين, 1992)،

الاستنتاجات:

تظهر النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة وجود ارتفاع نسبي بشكل عام في الانبعاثات الناتجة عن مصنع اسمنت زليتن مقارنة بالانبعاثات الناتجة عن مصنع اسمنت البرج، وكانت الانبعاثات الجسيمية اعلى من المعايير الدولية المسموح بها في كلا المصنعين بينما كانت انبعاثات اكاسيد الكبريت ضمن الحدود المسموح بها في المصنعين اما اكاسيد النيتروجين فقد كانت ضمن المعايير لمصنع اسمنت البرج واعلى من الحدود القياسية لجميع المعايير باستثناء الحدود المصرية لمصنع اسمنت زليتن، وأكاسيد النيتروجين المنبعثة من المصنعين لوحدها قد لا تشكل خطرا على صحة السكان في المدينة لأنها ضمن المعدل المسموح به من المنظمة الدولية للصحة، ويتوقع من الدراسة ارتفاع تراكيز الجسيمات الناتجة عن انبعاثات مصنعي الاسمنت في المدينة الى معدلات كبيرة مقارنة بالمعايير الدولية لمنظمة الصحة العالمية مما قد يتسبب في تأثيرات صحية وبيئية سيئة على سكان المدينة وخاصة في المناطق القريبة من المصانع.

المراجع

إسلام ، أحمد مدحت, التلوث مشكلة العصر, سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب – الكويت، (1990).

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

الشركة العربية للإسمنت (1984) بيانات وأرقام عن مصنع إسمنت زليتن موقع الشركة الأهلية للأسمنت، (2014) http://www.ahliacement.ly/all=p1.html:

صالح فؤاد حسن و أبوقرين مصطفى محمد, تلوث البيئة, ط1, الهيئة القومية للبحث العلمي, طرابلس (1992).

عبد الماجد عصام والطيب محمد و الشيخ محمد, الهواء, الطبعة الأولى, وزارة العلوم والثقافة, الخرطوم- السودان (2003).

القانون المصري. بقرار وزاري رقم 1741 لسنة 2005, الملاحق التنفيذية للقانون رقم 4 لسنة 1994 في شأن البيئة.

مسلماني يوسف و العودات محمد, دراسة تلوث الهواء بالغبار الناتج عن معمل إسمنت طرطوس وتأثيره في نباتات المنطقة المجاورة, هيئة الطاقة الذرية السورية, دمشق, العربية السورية (2004).

Adaros G., Single and interactive effects of low levels of O_3, SO_2 and NO_2 on the growth and yield of spring rope, Environmental pollution, 72: 269-286, (1991).

Alvarez Y., Astudillo O., Jensen L., Reynolds A.L., Waghorne N., Brazil D.P., Cao Y., O'Connor J.J., and Kennedy B.N., Expression of genes encoding laccase and manganese-dependent peroxidase in the fungus ceriporiopsis subvermispora mediated by an ACE1-like copper-fist transcription factor. Fungal Genet Biol.: 46(1): 104-11, (2009).

Canadian EPA, NOx Emissions from Boilers and Heaters, Environmental Protection Act, Sections 6, 9, and 14 Ontario Regulation 346, Canada, (2005).

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

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

Ibrahim H.G., Okasha A.Y., Elatrash M.S., and Al-Meshragi M.A., Emissions of SO_2, NO_X and PMs from cement plant in Vicinity of Khoms City in North Western Libya, Journal of Environmental Science and Engineering, B1: 620-628, (2012).

Jensen K.F., Kozlowski T.T., Effect of SO_2 on photo synthesis of quaking aspen and white ash seedlings. Proc. 3rd North Am. For. Biol. Workshop, (1974).

Mcleod A.R., and Skeffington R.A., The lip hook forest fumigation project- an overview, plant, cell and environment, 82:167-180, (1955).

NAPAP (National Acid Precipitation Assessment Program), 1990, Effects of pollution on Vegetation, Report 18, Washington, D.C., Government Printing Office.

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

Okasha A. Y. ,Hadia E.A. and Elatrash M.S., 2013, Ecological Effect of Mergheb Cement Emissions on the Vegetation in the Northwest Libya Here, International Journal of Sciences, 2(9), 34 – 40 http://www.ijSciences.com

Okasha, A. Y. (2014) Main Industry Stack Emissions Dispersion Over Khums City in North-Western Libya, Journal of Environment and Human (www.ijiset.com), 1(10), (2014), 635-641.

Raczynski A., and Watson R.T, Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998-Toward Cleaner Production, The World Bank Group, The International edition, (1999).

Rai P., Mishra R.M. and Parihar S., Quantifying the Cement Air Pollution related Human Health diseases in Maihar city, MP, India, (2013).

Roberts B.R., Townsend A.M., Dochinger L.S., Photosynthetic response to SO_2 fumigation in red maple. Plant Physiol. 30: 47, (1971).

Smith, W.H., (1981), Air pollution and Forests, 1st Edition, Springer, New York, NY.

USEPA, National Emission standards for Hazardous Air pollutant 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, (2010).

WHO (World Health Organization), Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Publications, European Series No. 23. Regional Office for Europe, Copenhagen, (1987).

WHO (World Health Organization), Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide – Global Update (2005).

WHO, Air Quality Guidelines for Europe, 2nd ed. WHO Regional Publications, European Series 91. Regional Office for Europe, World Health Organization, Copenhagen, (2000).