Comprehensive Journal of Science
Volume (9), Issue (36), (Sept 2025)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد(9) العدد (36) (سبتمبر 2025)
ردمد: 3014-6266

دراسة تلوث الهواء بغازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين في بيئة العمل داخل مجمع مليته

أسماء عياد مخيبش [1] رويدة مفتاح حسن [1] نبيل صلاح ميلاد [2]

[1]Asma Ayad Makhibish ,[1] Rouida Moftah Hassan ,[2] Nabil sallah Melad

[1]المركز الليبي لدراسات وبحوث علوم وتكنولوجيا البيئة. [2]المعهد القومي لعلاج الأورام –صبراتة .

[1]Libyan Center For Studies and Researches in Environmental Science and Technology [2]Meinistry of Health National Cancer Institut Sabratha

تاريخ الاستلام:2025/8/18 -تاريخ المراجعة: 2025/9/17- تاريخ القبول: 2025/9/21- تاريخ للنشر: 2025 /9/26

الملخص:

نظراً لتزايد نسبة تلوث الهواء في السنوات الأخيرة والمشاكل الصحية التي تسببها يعد تلوث الهواء من أخطر أنواع التلوث تتمثل خطورته في كونه لايرى ولكن الإنسان يأخذه عن طريق جهاز التنفس ومنها للرئتين وهي أنسجة حساسة ومهيأة لعمليات التبادل الغازي ونظراً لخطورته أُجريت هذه الدراسة في بيئة العمل داخل مجمع مليته, وقد شملت منطقة الدراسة عدد عشر نقاط داخل المجمع لمدة 7أيام متواصلة تم قياس نسبة انبعاث غاز (SO2 , NO2). وهدفت هذه الدراسة إلى دراسة أخطار الغازات الناتجة من المجمعات البترولية في بيئة العمل ومقارنتها بمواصفات الهواء الجوي الطبيعي حسب منظمة الصحة العالمية (WHO). إن القيم المقاسة للغازات كانت ضمن الحدود المسموح به وليس لها تأثير مع مرور الوقت ولكن مع ارتفاع درجات الحرارة ازداد تركيز غاز SO2 خلال فترة القياس

الكلمات المفتاحية: تلوث الهواء, ثاني أكسيد الكبريت, ثاني أكسيد النيتروجين, مليته, الغازات .

Abstract:

This study. The study included ten points inside the Mellitah Oil and Gas Complex for 7 consecutive days. Gas emissions were measured (SO2, NO2).The study aimed to study the dangers of gases resulting from petroleum complexes in the work environment and compare them with the specifications of natural air according to the World Health Organization (WHO)). The measured values of gases were within the time limits available to them and have no effect on the passage of time, but with increasing temperatures the concentration of SO2 gas during the measurement period.

Keywords: Air Pollution, Sulfur Dioxide, Nitrogen Dioxide, Melita, Gases..

المقدمة

يُعد تلوث الهواء من أخطر القضايا البيئية والصحية التي يواجهها العالم في الوقت الراهن، نظرًا لما يسببه من آثار مباشرة وغير مباشرة على صحة الإنسان والنظام البيئي والمناخ العالمي. ويُعرّف تلوث الهواء بأنه ارتفاع مستويات الملوثات الغازية أو الجسيمات العالقة في الغلاف الجوي بنسب تتجاوز الحدود المسموح بها طبيعيًا، مما يؤدي إلى اضطرابات في توازن البيئة وتدهور نوعية الهواء. وتشير تقارير منظمة الصحة العالمية إلى أن ما يقارب سبعة ملايين حالة وفاة مبكرة سنويًا ترتبط بشكل مباشر بتلوث الهواء، حيث تُعد الملوثات الناتجة عن الأنشطة البشرية مثل ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) من أخطر الغازات المسببة للأمراض التنفسية والوفيات المبكرة، إلى جانب دورها في تفاقم ظواهر بيئية مدمّرة مثل الضباب الدخاني والمطر الحمضي (منظمة الصحة العالمية،2023).

لقد أصبح ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) أحد أبرز الغازات الملوثة الناتجة عن النشاط الصناعي البشري، حيث ينبعث بشكل أساسي نتيجة احتراق الوقود الأحفوري المحتوي على الكبريت مثل الفحم والنفط الخام والمازوت، إضافةً إلى الصناعات الثقيلة مثل صهر

المعادن وإنتاج الأسمنت والورق. وتُعد محطات توليد الطاقة التي تعتمد على الوقود الأحفوري أكبر المساهمين في زيادة تركيزات هذا الغاز في الغلاف الجوي، خاصة في المناطق الصناعية ذات الكثافة السكانية العالية. ويتميز SO_2 بقدرته العالية على الانتشار والتفاعل مع مكونات الهواء، مما يؤدي إلى تكوين جسيمات دقيقة معلقة (PM2.5) يمكن أن تدخل عمق الرئتين مسببة أضرارًا بالغة على الجهاز التنفسي، وقد ربطت دراسات حديثة بين ارتفاع تركيز هذا الغاز وزيادة حالات الالتهاب الرئوي الحاد والربو، خاصة بين الأطفال وكبار السن (Richardson, 2021).

أما ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، فهو من أكثر الغازات ارتباطًا بمشكلات التلوث الحضري، حيث ينتج بشكل أساسي من عمليات الاحتراق في محركات المركبات والسيارات التي تعمل بالديزل، بالإضافة إلى المصانع ومحطات توليد الطاقة التي تعتمد على درجات حرارة مرتفعة. ويُعد هذا الغاز مكوّنًا أساسيًا من أكاسيد النيتروجين (NO_X)، ويتفاعل مع المركبات العضوية المتطايرة لتكوين الأوزون الأرضي، وهو من الملوثات الثانوية الضارة التي تزيد من سوء جودة الهواء في المناطق الحضرية.

وقد أوضحت وكالة حماية البيئة الأمريكية أن مستويات(NO_2) ترتفع بشكل ملحوظ في المدن الكبرى خلال ساعات الذروة المرورية، وهو ما يفسر ارتفاع معدلات أمراض الجهاز التنفسي في البيئات الحضرية المزدحمة مقارنة بالمناطق الريفية أو شبه الحضرية (وكالة حماية البيئة الأمريكية، 2024).

تؤكد الدراسات العلمية أن التعرض المستمر لغاز SO_2 يؤدي إلى اضطرابات تنفسية حادة ومزمنة، تشمل صعوبة في التنفس، وزيادة في نوبات الربو، وتفاقم أعراض مرض الانسداد الرئوي المزمن. وفي دراسة أجرتها جامعة كامبريدج وُجد أن الأطفال الذين يعيشون بالقرب من المناطق الصناعية الملوثة يرتفع لديهم خطر الإصابة بالتهابات الجهاز التنفسي بنسبة تصل إلى 35% مقارنةً بنظرائهم في المناطق ذات الهواء النظيف، كما يزيد هذا التعرض من احتمالية فقدان كفاءة الرئتين على المدى الطويل (Meo et al., 2024).

وبالمثل، تشير الأبحاث إلى أن التعرض المزمن لغاز NO_2 يرتبط ارتباطًا وثيقًا بزيادة معدلات أمراض الجهاز التنفسي العلوي والسفلي، فضلًا عن تأثيراته السلبية على الجهاز العصبي المركزي. فقد أظهرت دراسة أجريت في جامعة هارفارد أن الأشخاص الذين يعيشون في بيئات حضرية تحتوي على تركيزات مرتفعة من NO_2 لديهم معدلات أعلى للإصابة بالتهابات الرئة بنسبة 28% مقارنة بسكان المناطق الأقل تلوثًا، كما وجدت الدراسة صلة بين التعرض الطويل الأمد لهذا الغاز وزيادة احتمالية حدوث اضطرابات نفسية وسلوكية بسبب تأثيره على الخلايا العصبية (Aljafen et al., 2025).

ولا تقتصر خطورة هذين الغازين على صحة الإنسان فقط، بل تمتد لتشمل البيئة بكافة عناصرها. إذ يساهم كل من SO_2 وNO_2 في تكوين المطر الحمضي، وهو أحد أخطر الظواهر البيئية الناتجة عن النشاط الصناعي البشري. فعندما يتفاعلان مع بخار الماء في الغلاف الجوي يتشكل حمض الكبريتيك وحمض النيتريك، اللذان يسقطان على التربة والمسطحات المائية مسببين تحمضها وفقدان خصوبتها. كما يؤدي المطر الحمضي إلى تدمير الغطاء النباتي وانقراض العديد من الأنواع النباتية الحساسة، إضافة إلى تآكل المباني الحجرية والمواقع الأثرية ذات الأهمية التاريخية، وهو ما يشكل تهديدًا مباشرًا للتنوع البيولوجي والتراث الثقافي (Richardson, 2021).

أما من الناحية المناخية، فقد أكدت أبحاث حديثة أن ارتفاع تركيزات هذه الغازات يسهم في تكوين جسيمات دقيقة تؤثر في توازن الطاقة الأرضية، حيث تعمل على عكس أشعة الشمس وتغيير درجات حرارة الغلاف الجوي القريبة من سطح الأرض، مما يؤدي إلى اضطراب أنماط الطقس وزيادة مخاطر الكوارث الطبيعية مثل موجات الحر والفيضانات. كما ترتبط المستويات العالية من NO_2 وSO_2 بظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، حيث تحتفظ المدن الكبرى بالحرارة بشكل أكبر مقارنةً بالمناطق الريفية، مما يزيد من شدة الموجات الحارة وتأثيراتها الصحية على السكان (Meo et al., 2024).

ولمواجهة هذه التحديات البيئية والصحية، اتخذت العديد من الدول إجراءات صارمة للحد من انبعاثات الغازات الملوثة، وكان من أبرزها برنامج المطر الحمضي الذي أطلقته وكالة حماية البيئة الأمريكية عام (1990) في إطار تعديلات قانون الهواء النظيف. اعتمد البرنامج على آليات السوق لتقليل الانبعاثات المسموحة من SO_2 وNO_2، وأسهم في خفض مستويات هذين الغازين بنسبة تجاوزت 50% خلال عقد واحد فقط، ما أدى إلى تحسن ملحوظ في جودة الهواء وانخفاض كبير في معدلات الأمراض المرتبطة

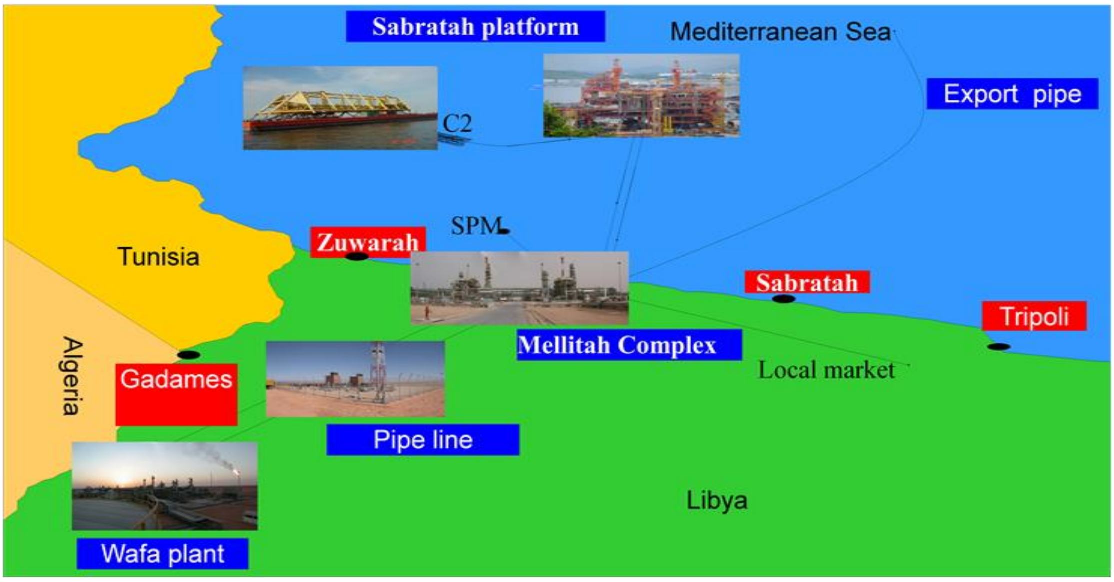
بالتلوث الهوائي (EPA، 2025). كما تبنّت الوكالة الأوروبية للبيئة منذ عام 2015 برامج متقدمة تعتمد على مصادر الطاقة المتجددة ووسائل النقل النظيف، الأمر الذي ساعد في تقليل انبعاثات الغازات السامة بنسبة تقارب 30% خلال أقل من عشر سنوات (European Environment Agency، 2023).

يوجد القليل من الدراسات علي تلوث الهواء بالغازات المنبعثة من المصافي او المجمعات البترولية ومن هذه الدراسات (تقييم جودة الهواء الجوي داخل مجمع مليتة للنفط والغاز).

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة أخطار الغازات الناتجة من المجمعات البترولية في بيئة العمل ومقارنتها بمواصفات الهواء الجوي الطبيعي حسب منظمة الصحة العالمية (WHO).

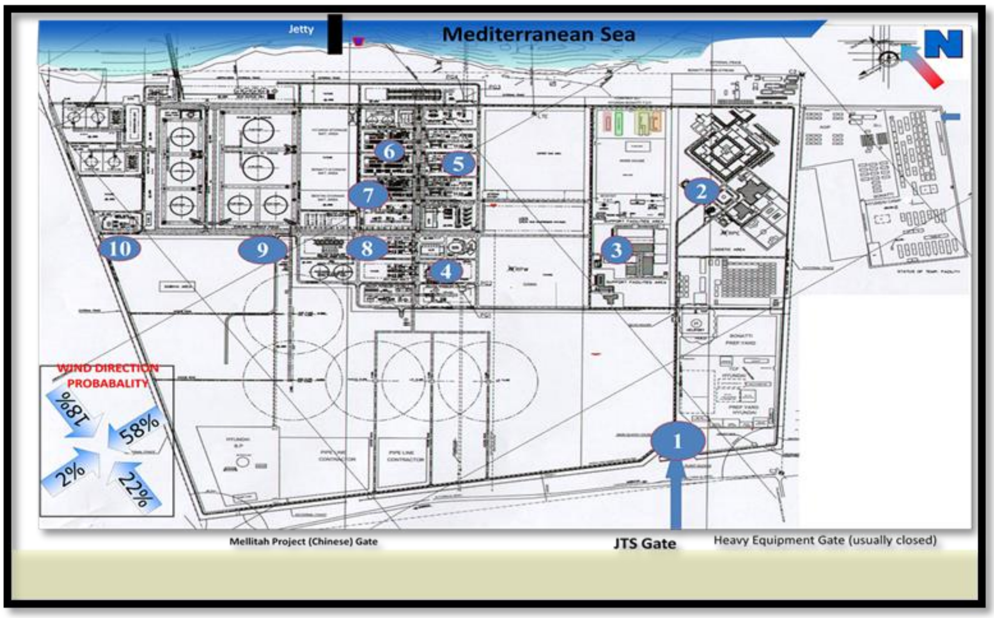
منطقة الدراسة :-

يقع مجمع مليتة على بعد حوالي 85 كم غرب العاصمة طرابلس، بين بلدتي صبراتة و زوارة، كما موضح بالشكل الأتي :



موقع اخذ العينات من منطقة الدراسة :

رقم العينة	الموقع
1	البوابة الرئيسية
2	المنطقة السكنية
3	مبني الإدارة
4	غرفة التحكم
5	مصنع الغاز
6	وحدة استخلاص الكبريت H2
7	وحدة استخلاص الكبريتK2
8	منطقة انتزاع المياه الحامضية
9	وحدة المرافق
10	وحدة معالجة المياه الملوثة



صورة مناطق أخذ العينات

أجهزة الكشف عن الغاز :

توجد هذه الأجهزة مثبته ومتصلة بالأماكن المحتمل وجود الغاز بها مثل أجهزة الرصد والإنذار الموجودة بالمعامل الجيولوجية أثناء عمليات حفر الآبار في المناطق المعروفة بوجود غاز كبريتيد الهيدروجين والآبار الاستكشافية وكذلك الأجهزة المتصلة بغرف مراقبة حقول الإنتاج والمصافي ومعامل الغاز وغيرها من المواقع النفطية وهي أجهزة تعمل بواسطة التيار الكهربائي، وهذه الأجهزة مهمة جداً, حيث تقوم برصد والكشف عن أي تسرب للغاز في أي منطقة، وهذه الأجهزة تصدر صافرات إنذار عند وصول نسبة الغاز إلي مقدار الخطر وهو في العادة (10أجزاء من المليون) هذه الأجهزة تحتوي علي أجهزة قياس وتسجيل نسبة الغاز المكشوف عنه ومن المهم صيانة ومراقبة هذه الأجهزة ومعايرتها بانتظام لضمان استمرارية عملها ودقتها .

أجهزة القياس :-

تقوم سلسلة الأجهزة 500 بقياس غازات (NO_2 , SO_2) ومعايرتها بانتظام لضمان استمرارية عملها ودقتها يتم تغيير نوع المستشعر للغاز الذي نحتاج لقياسه. اضغط مع الاستمرار علي زرتشغيل جهاز العرض، لذا AEROQUAL 500 تعمل عملية الطاقة حيث يتم تنشيط الشاشة، وستعمل وتعرض شاشة الجهاز المراقب وإصدار سلسلة البرامج الثابتة وبعد 5 ثواني ستتغير الشاشة لتشير إلي نوع رأس المستشعر. بمجرد اكتمال الإحماء ستظهر الشاشة الرئيسية وتظهر عليها عدد قراءات العيّنة.

قياس ثاني أكسيد الكبريت :- يقاس هذا الغاز بتقدير مخاطر تفاعلات الأكسدة الناتجة من المحارق الحرارية SO_2 بواسطة استخدام سلسلة 500 لرصد الغاز من (0-10 جزء في المليون)

مع نوع المؤشر (SO 0.01).

قياس ثاني أكسيد النيتروجين :- يقاس هذا الغاز بتقدير مخاطر تفاعلات الأكسدة الناتجة من المحارق الحراريةNO_2 بواسطة استخدام سلسلة 500 لرصد الغاز من (0-0.2 جزء في المليون) مع نوع المؤشر (NO 0.001).

الحد الأقصى لإنبعاثات تلوث الهواء:

تسلسل	الملوث	الوحدة	الحد الأقصى
1	NO_X	(mg/m^3)	3000-300
2	SO_2	(mg/m^3)	3000-1000

النتائج والمناقشة :-

جمعت العينات من عشر نقاط في مجمع مليته لمعرفة حدود التلوث في الهواء حول مكان العمل خلال7 أيام باستخدام أجهزة لقياس (SO_2 , NO_2) الحد المسموح به لبعض الملوثات في الهواء.

الملوث	المنطقةالصناعية	
	mg/m^3	Ppm
SO_2	-	0.0305
	-	0.188
NO_2	-	0.041
	-	0.105

النتائج :

تم قياس الغازات في المناطق المحددة وكانت نتائج تركيز الغازات كالأتي :

المنطقة	البوابة الرئيسية			منطقة السكن			مبني الإدارة			حجرة التحكم		
المنطقة	مصنع الغاز			وحدة استخلاص الكبريت بمنطقة (H_2)			وحدة استخلاص الكبريت بمنطقة (K_2)			منطقة انتزاع الحامضية		
الأيام	Tem	SO_2	NO_2	Tem	SO_2	NO_2	Tem	SO_2	NO_2	Tem	SO_2	NO_2
اليوم الأول / الأيام	28 / 0	0 / ppm	ppm / 0.07	28 / 0	0 / ppm	0.132 / ppm	28 / 0	0 / ppm	ppm / 0.5	28 / 0	0.06 / ppm	0.007 / ppm
اليوم الأول / الثاني	38 / 28	0	0.075 / 0.005	38 / 28	0.24	0.032 / 0.001	38 / 28	0	0.03 / 0.01	38 / 28	0	0.003 / 0.005
اليوم الثالث	31 / 35	0.12	0.062 / 0.066	31 / 35	0.14 / 0.24	0.056 / 0.066	31 / 35	0.08 / 0.28	0.001 / 0.01	31 / 35	0.11	0.009 / 0.011
اليوم الثالث / الرابع	34 / 35	0.07 / 0.16	0.08	34 / 35	0.28	0.099 / 0.09	34 / 35	0.3	0.051 / 0.05	34 / 35	0.02 / 0.06	0.006
اليوم الرابع / الخامس	30 / 34	0.21	0.054 / 0.069	30 / 34	0.2	0.048 / 0.018	30 / 34	0.02	0.006 / 0.023	30 / 34	0.12	0.027 / 0.017
اليوم الخامس	30 / 26	0.01	0.023 / 0.025	30 / 26	0.01 / 0.02	0.021 / 0.017	30 / 26	0	0.042 / 0.012	30 / 26	0.06	0.005 / 0.002
اليوم السادس / السابع	25 / 23	0	0.015 / 0.013	25 / 23	0.05	0.005 / 0.025	25 / 23	0.09 / 0.01	0.039 / 0.019	25 / 23	0	0.009

اليوم السابع	23	0	0	23	0	0.001	23	0	0.02	23	0	0.015

المنطقة / الأيام	البوابة الرئيسية	منطقة السكن	مبني الإدارة	غرفة التحكم	مصنع الغاز	وحدة استخلاص الكبريت H_2	وحدة استخلاص الكبريت K_2	منطقة انتزاع الحامضية	وحدة المرافق	وحدة معالجة المياه الملوثة
اليوم الأول	0	0	0	0.06	0	0.24	0	0	0.015	0
اليوم الثاني	0	0	0	0	0	0.14	0.03	0	0	0
اليوم الثالث	0.12	0.22	0.28	0.11	0.07	0	0	0.02	0.01	0.05
اليوم الرابع	0.07	0.28	0.3	0.26	0.21	0.28	0.02	0.12	0	0
اليوم الخامس	0.09	0	0	0	0.01	0.21	0	0	0	0
اليوم السادس	0.14	0.02	0	0.06	0	0.05	0.09	0	0.005	0
اليوم السابع	0.24	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0

يوضح الجدول السابق اختلاف تركيز ثاني أكسيد الكبريت في نقاط أخذ العينة ومن القراءات الناتجة لوحظ أنه لايوجد تأثير كبير علي تركيز ثاني أكسيد الكبريت إلا إذا زادت درجة حرارة الجو كما في اليومين (الثالث _ الرابع) كانت درجة الحرارة (34_35 م^{0}) حيث زاد ثاني أكسيد الكبريت المنبعث في الغلاف الجوي (0.22 إلي 0.28) والمعيار هو (0.18) وبالتالي كانت أعلي من الحد المسموح به .

المنطقة / الأيام	البوابة الرئيسية	منطقة السكن	مبني الإدارة	غرفة التحكم	مصنع الغاز	وحدة استخلاص الكبريت H_2	وحدة استخلاص الكبريت K_2	منطقة انتزاع الحامضية	وحدة المرافق	وحدة معالجة المياه الملوثة
اليوم الأول	0.07	0.132	0.05	0.07	0.005	0.001	0.01	0.005	0.015	0.005
اليوم الثاني	0.75	0.032	0.03	0.03	0.006	0.006	0.001	0.009	0.005	0.03
اليوم الثالث	0.062	0.05	0.01	0.11	0	0.009	0.051	0.006	0.01	0
اليوم الرابع	0.08	0.09	0.05	0	0.009	0.01	0.023	0.01	0.02	0.045
اليوم الخامس	0.045	0.048	0.006	0.027	0.022	0.021	0.04	0.005	0.053	0.017
اليوم السادس	0.025	0.017	0.022	0.002	0.015	0.005	0.01	0	0.012	0.02
اليوم السابع	0.013	0.02	0.039	0.009	0	0.001	0.02	0.004	0.015	0.019

يوضح الجدول السابق اختلاف تركيز ثاني أكسيد النيتروجين في نقاط أخذ العينة ومن الملاحظ أنه لايوجد تأثير كبير علي تركيز ثاني أكسيد النيتروجين إذا ماقورنت بالحد القياسي 24 ساعة والذي هو المعيار في مكان العمل .

الاستنتاج :-

شملت الدراسة الحالية علي تقدير الغازات (ثاني أكسيد النيتروجين ، ثاني أكسيد الكبريت) في مجمع مليته ، ثم قياس الغازات ومقارنتها بالمعيار .

من النتائج التي تم الحصول عليها أمكن استنتاج التالي:

كان تركيز غازات (NO_2) من الغازات المحصورة ضمن الحدود في جميع نقاط العينات ولكن الأغلب كان اقرب الي المعيار. ومن المفروض أن يقل الموظفين الذين يعملون في مصنع الكبريت من ساعات العمل في المصنع أثناء تغير اتجاه الرياح ولكن بشكل عام كانت جميع النتائج في الحد أو أعلي بقليل من الحد والتي كانت بسبب بعض العمليات الحيوية التي يجب اخذها بعين الإعتبار اثناء مرحلة التصميم.

التوصيات :

1- يجب تحديد مصادر التلوث الرئيسية في مجمعات النفط والغاز مثل أبراج الإستخراج ومحطات الضخ ووحدات المعالجة وعمليات الإحتراق .

2- تقييم المخاطر الصحية المرتبطة بالتعرض للملوثات المختلفة مع الأخذ في الإعتبار الفئات السكانية الأكثر عرضة للخطر.

3- تقييم تأثير التلوث علي البيئة مثل تأثيره علي الغطاء النباتي والحيوانات والنظم البيئية .

4- دراسة استخدام تقنيات التحكم في الإنبعاثات مثل أجهزة الإحتراق الخالي من اللهب وأنظمة امتصاص الغازات

المراجع :-

1. منظمة الصحة العالمية. (2023). تلوث الهواء وتأثيره على الصحة. WHO.

2. الهيئة المصرية لشؤون البيئة. (2022). تقارير جودة الهواء في مصر.

3. وكالة حماية البيئة الأمريكية. (2024). تقرير جودة الهواء. EPA.

4. Meo, S. et al. (2024). Health effects of SO_2 exposure. Nature Scientific Reports

5. Aljafen, B. et al. (2025). NO_2 exposure and respiratory disorders. Journal of Environmental Health.

6. Richardson, J. (2021). Acid Rain and Environmental Impacts. Cambridge University Press.

7. European Environment Agency. (2023). Air Quality in Europe Report.