تقييم الأثر البيئي لنقل الوقود السائل داخل ليبيا

جمال صالح ياسين[1] فتحي حسين الأمين[1] عمر علي شنب[2]
1- قسم الهندسة الميكانيكية – جامعة مصراته
2-قسم الهندسة الصناعية- كلية التقنية الصناعية/مصراتة

الملخص

تتناول هذه الورقة تقييم الأثر البيئي لرحلات نقل وقودي البنزين والديزل وتوزيعهما على المدن الليبية، حيث تم حساب الانبعاثات الصادرة عن صهاريج النقل ذات محركات احتراق وقود الديزل. وللحصول على كميات الانبعاثات الملوثة للبيئة والمتمثلة في: CO_2 ، CO ، HC ، PM و NOx، أثناء التشغيل وأثناء السير فقد تم الاعتماد على قياسات سابقة من دراسات أخرى تتعلق بكميات الملوثات بالنسبة للزمن خلال التسخين وبالنسبة للمسافة خلال السير. وقد تمت الدراسة بناء على بيانات من مستودع مدينة مصراته لتوزيع المشتقات النفطية والتي تتعلق بكميات البنزين والديزل التي تم توزيعها خلال الأعوام 2016، 2017، و2018 والتي تقدر بربع الكمية الموزعة من كافة المستودعات الموجودة داخل ليبيا. وللحصول على كميات الانبعاثات من خلال هذه الكميات الموزعة تم وضع نموذج رياضي لتقدير عدد الرحلات الناقلة والمسافات المقطوعة على مدار العام، ومنها تم حساب كميات الانبعاثات أثناء التسخين وأثناء السير خلال العام بالكامل. وقد توصلت هذه الدراسة إلى قيم تقديرية بناء على هذه البيانات والقياسات السابقة، والتي تم على ضوئها تقدير الكميات النهائية مع مراعاة اختلاف المواصفات وظروف التشغيل والصيانة بين محركات صهاريج النقل في الأراضي الليبية ومحركات النقل التي استخدمت في الدراسات السابقة. هذه القيم التقديرية للانبعاثات تشير إلى تزايدها كل عام بسبب زيادة استهلاك الوقود من قبل المجتمع الليبي، كما أن كمية ثاني أكسيد الكربون CO_2 هي الأعلى والتي تتجاوز 70 % من مجمل الملوثات والتي هي المصدر الرئيسي لظاهرة الاحتباس الحراري على كوكب الأرض وهي في تزايد مستمر أيضا، والتي تسبب القلق للبشرية جمعاء نتيجة لتأثيراتها السلبية على البيئة.

مقدمة

إن من أهم القضايا الرئيسية التي باتت تؤرق البشرية منذ عقود هي تلوث المحيط البيئي بكل مكوناته وعلى رأسها الهواء لما له من ضرورة ملحة في حياة البشرية وكافة المخلوقات شأنه شأن الماء ، بل هو أكثر أهمية وضرورة . فنتيجة للتطور الصناعي الهائل الذي حصل خلال القرن الماضي والاستعمال الرهيب للمشتقات النفطية السائلة والغازية لم يعد الهواء بذلك النقاء والصفاء الذي كان عليه منذ نشأة الخليقة ، بل امتدت إليه يد البشر عابثة ، فاختل التوازن واهتز هذا النظام الدقيق ، وأصبحت المعامل والمصانع ووسائل النقل ومحطات توليد الطاقة والاستخدامات المنزلية ، تبعث يومياً آلاف الأطنان من الملوثات المختلفة إلى الهواء دون وجود أي ضوابط أو عوائق وأصبح الغلاف الجوي مدفناً أو مكبا للنفايات الغازية . وبالتالي فإن هذا الأمر يتنافى مع التشريع السماوي الذي كرم فيه الأنسان وسخر له السموات والأرض وهي صالحة ونقية لخدمة الانسان، إضافة إلى القوانين المدنية الحديثة والتي نصت على احترام حقوق الانسان في العيش الكريم وسط بيئة نظيفة كما جاء في الإعلان العالمي لحقوق الإنسان، والذي نص على أن لكل إنسان الحق الطبيعي في الحياة، وأن على القانون أن يحمي هذا الحق. وهذا الحق يقضي بالضرورة حصول المواطن على بيئة سليمة تضمن استمرار شروط حياته.

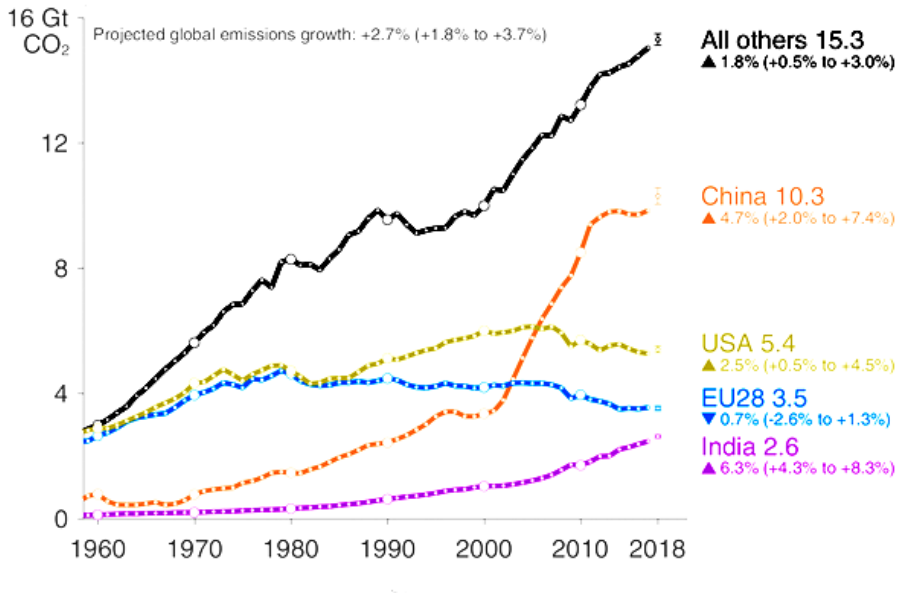
والبيئة بالنسبة للإنسان هي الوسط الذي يعيش فيه، مع بقية الأحياء الأخرى، يستمد منه زاده المادي وغير المادي، ويؤدي فيه نشاطه المتنوع. وهي الهواء الذي يتنفسه، والماء الذي يشربه، والأرض التي يسكن عليها ويزرعها، وما يحيط به من كائنات حية أو من جماد [1].

أما تلوث البيئة فهو كل تغيير كمي، أو كيفي، في المكونات البيئية، يزيد عن طاقة البيئة على الاستيعاب، وينتج عنه أضرارا مباشرة تهدد حياة الإنسان والأحياء، او صحة وسلامة الموارد الطبيعية فيها.. إنه تغير غير مرغوب فيه في الخصائص الفيزيائية، او الكيميائية، أو البيولوجية، لمكونات

استلمت الورقة بتاريخ 18 نوفمبر 2019، وروجعت بتاريخ 11 ديسمبر 2019، وقبلت للنشر بتاريخ 13 ديسمبر 2019 ونشرت ومتاحة على الانترنت بتاريخ 26 ديسمبر 2019
www.lam.edu.ly

البيئة، من شأنه أن يؤذي الحياة البشرية، أو حياة الأنواع الأخرى، ويؤذي شروط الحياة، والأعمال الصناعية، أو المكتسبات الحضارية، وقد يبدد، ويقضي على الموارد الأولية [2].

من الملاحظ أن مخاطر التلوث البيئي تزداد كل سنة ولا سيما الانبعاثات الغازية التي تصدر عن كثير من التطبيقات المهمة في حياة البشرية مثل الطاقة والمواصلات وغيرها، والتي تعد العبء الأكبر على البيئة التي باتت تؤرق البشرية جمعاء، والشكل 1 يوضح هذه الزيادة المستمرة عالميا للملوثات كل عام وكمياتها.



شكل 1: كمية الانبعاثات سنويا ونسب الدول المساهمة في ذلك على المستوى العالمي [3]

إن التلوث يعد أخطر تهديد للبيئة عندما تتعرض لعوامله وعناصره، وهو يعني الخراب، والتدمير للشروط الأساسية لاستمرارا الحياة. من هنا فإن مشكلات التدهور والتلوث البيئي تعد قضية مركزية للحياة ولمستقبل المنطقة بكاملها والبشرية جمعاء. فموارد الدول المستنزفة تعني أن فرص إخراجها من مأزق التخلف الاقتصادي- الاجتماعي، وتحقيق تنميتها المستديمة، أمر شاق [4]. ومن هنا تأتي ضرورة المحافظة على سلامة البيئة، بمجموعة نظم وقوانين، ووعي عام، وإجراءات تكفل حمايتها، واستمرار توازنها، وتكاملها الإنمائي، وتجعلها صالحة للاستمتاع بالحياة، واستثمار الموارد والممتلكات على خير وجه صالح الإنسان والطبيعة [5]. لذا حظي موضوع التلوث البيئي بالعديد من الدراسات ولا سيما تلوث الهواء الذي يعتبر من أحرج وأخطر قضايا التلوث، وذلك للأسباب التالية:

- إن أي تلوث بأي نسبة لأي عنصر من العناصر من شأنه أن يدخل مع الهواء إلى جوف الإنسان مُحدثاً الكثير من الأضرار والأمراض التي تصيب الإنسان ؛ ذلك أن الإنسان يتنفس على مدار 24 ساعة في اليوم ، وأن ملوثات الهواء هي ملوثات تبقى داخل جسم الإنسان ولا يطرح منها خارج الجسم إلا القليل.
- حاجة الإنسان الماسة للهواء ، فهو يستهلك يومياً حوالي 15 كجم من الهواء ، في الوقت الذي يستهلك فيه حوالي 3كجم من الماء ، وحوالي كيلو جرام واحد من الغذاء .
- إن الإنسان لا يستطيع أن يصبر على انقطاع الهواء أكثر من ثلاث دقائق ، في الوقت الذي يستطيع أن يصبر فيه على الجوع أسابيع ، وعلى العطش أياماً .

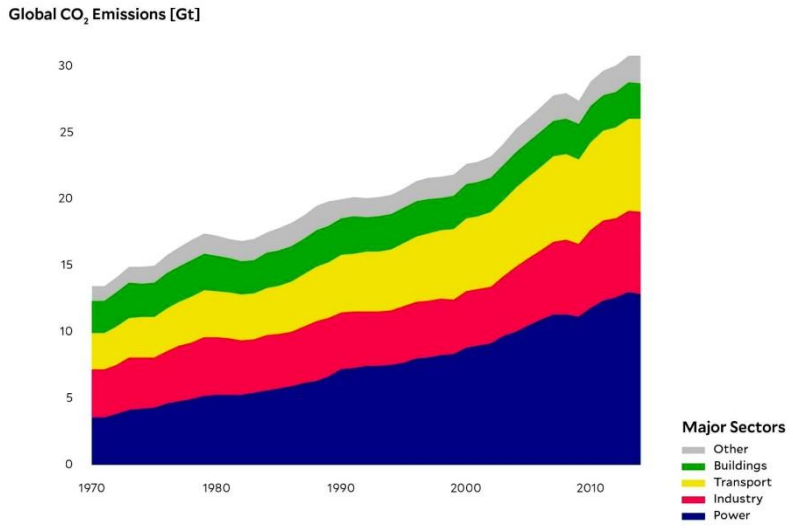
- يستطيع الإنسان أن يتجنب أكل الغذاء الفاسد ، كما يتجنب شرب الماء الملوث ، ولكنه لا يستطيع بأي حال من الأحوال إلا أن يتنفس الهواء المتوفر مهما كانت نوعيته ، ودرجة تلوثه .
- محدودية المورد الهوائي، فالغلاف الجوي الذي يحيط بالأرض (التروبوسفير) والذي يتركز فيه الهواء لا يزيد سمكه عن 20كم وهو بذلك يكاد يكون كقشرة التفاحة إلى التفاحة ، لو قورن بحجم الكرة الأرضية من ناحية ووزنها من ناحية أخرى .

لذا فإن الهواء يعتبر مورداً هاماً ، ولا يرتبط بجغرافية معينة ، والمحافظة عليه تعتبر مسئولية فردية وجماعية ، كما هي مسئولية وطنية وعالمية على حد سواء[6]. لهذه الأسباب الوجيهة كانت هذه الورقة للتعرف بشكل تقديري على قيم الملوثات الرئيسية للهواء الناجمة عن عربات نقل الوقود السائل داخل الأراضي الليبية خلال العام بالكامل.

1- تلوث الهواء من وسائل النقل

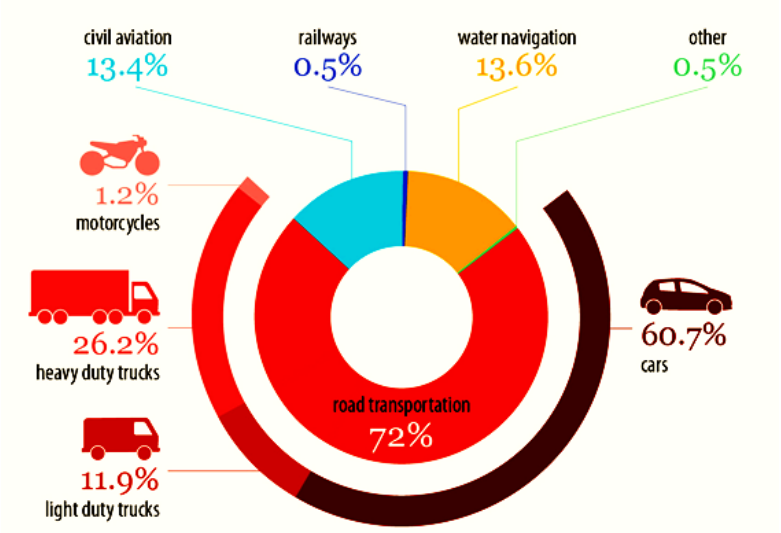
مما لا شك فيه أن وسائل النقل بكافة أنواعها البرية والبحرية والجوية تلعب دورا بارزا في التلوث البيئي ولا سيما تلوث الهواء، وهذه الوسائل أصبحت جزءا من حياة الإنسان حيث دخلت معه في كل نشاطاته اليومية ولم يعد من السهل الاستغناء عنها، لذا تركزت العديد من الدراسات البيئية على الملوثات الصادرة عنها لأنها في تماس مباشر مع الأنسان وانعكاساتها السلبية باتت واضحة، كما أنها في زيادة مستمرة نتيجة للزيادة المضطردة في أعداد المركبات وانتشارها في أنحاء العالم. ونتيجة لحركة المركبات المستمرة ، تنبعث من عوادمها أنواع عديدة من الملوثات ، أهمها : غازات أول أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكربون ، الرصاص ، أكاسيد النيتروجين ، ثاني أكسيد الكبريت ، الهيدروكربونات ، السناج ، هذا بالإضافة إلى الروائح الكريهة ، كما تعتمد كمية هذه الملوثات على كمية الوقود المستهلك وعمر المركبة ، ودرجة صيانتها ، وحركة المرور وكثافتها ، كما تلعب الظروف المناخية دوراً رئيساً في كيفية انتشار هذه الملوثات في الهواء ومداها [7] .

لذا فإن نسبة الملوثات الصادرة عن عمليات النقل هي ذات قيمة لا يستهان بها لجميع أنواع وسائل النقل، والشكل 2 يبين قيمة كمية الملوث الرئيسي بوحدة (جيجا طن) وهو ثاني أكسيد الكربون على المستوى العالمي بناء على التطبيقات المختلفة والتي من ضمنها النقل، علما أن هذه الكميات تتفاوت من بلد لآخر وهي في تزايد مستمر كما يظهر في هذا الشكل.



شكل 2: كميات ثاني أكسيد الكربون في القطاعات المختلفة على مر السنين[8]

إن نسبة الملوثات الصادرة عن وسائل النقل هي حوالي 17 % حسب العديد من الإحصائيات على المستوى العالمي[9] وهي تتفاوت من بلد لآخر ومن سنة لأخرى وقد تزيد عن هذه النسبة في البعض منها وتقل في البعض الاخر، ولكن تبقى النسبة العظمى لهذه القيمة هي صادرة عن وسائل النقل البري مثل السيارات والشاحنات والحافلات، والشكل 3 يبين نسب مساهمة وسائل النقل المختلفة في أوروبا، والتي تعتبر مثالية مقارنة مع الدول في العالم العربي أو غيرها من الدول النامية، بالرغم من الالتزام بالمعايير الدقيقة للمحافظة على البيئة وتقليل الملوثات.



شكل3: نسب مساهمة وسائل النقل المختلفة في انبعاث كمية ثاني أكسيد الكربون[9]

وعلى العموم من أجل ضبط كميات الانبعاثات والتقليل منها أو التحكم بها قدر المستطاع جرت عدة دراسات في هذا الميدان ووضعت المعايير والقوانين والمعاهدات الدولية لذلك، ولا تكاد تخلو بلد من دراسات لانبعاثات وسائل النقل وبالأخص المركبات الصغيرة مثل السيارات، والمركبات الكبيرة مثل الحافلات . كما أن وسائل النقل التجارية الكبيرة مثل القاطرات والشاحنات والصهاريج التي تعمل بمحركات احتراق داخلي وتستهلك وقود الديزل، والتي بالرغم من أن أعدادها قليلة مقارنة مع السيارات إلا أنها حظيت بالعديد من الدراسات الخاصة بها وذلك لأهميتها التجارية في نقل البضائع والسلع بكافة أنواعها بين مصادر الانتاج ومحطات التوزيع والاستهلاك، وتأثيراتها السلبية الكبيرة التي لا يستهان بها على التلوث البيئي. وتركزت معظم هذه الدراسات على كميات الملوثات التي تصدر أثناء تشغيل محركات الديزل للمركبات وأثناء سيرها داخل المدن وعند ظروف مختلفة.

إن معرفة كميات الانبعاثات من محركات الديزل أثناء تشغيلها مهم جدا لأنها تشكل نسبة كبيرة، وبالتالي تكون الانعكاسات السلبية كثيرة على البيئة، لذا في بعض الدول سُنت قوانين خاصة بذلك تتعلق بالفترة الزمنية المسموح بها للتشغيل وذلك لتقليل كميات هذه الانبعاثات، كما أن تصميم المرآب الخاص بالمركبات والتي يتم تشغيلها داخله يجب أن يكون بمواصفات معينة تحد من هذه الملوثات. هنالك عدة دراسات في هذا الإطار منها دراسة أجريت في جامعة فرجينيا الغربية في أمريكا على مجموعتين من مركبات محركات الديزل، مجموعة يتم حقن الوقود فيها بشكل ميكانيكي والأخرى بنظام إلكتروني. وفي كلتا الحالتين تم قياس الانبعاثات الصادرة والتي شملت أكاسيد الكربون **CO** و **CO_2** وأكاسيد النيتروجين **NO_x** والهايدروكاربون**HC** وكتلة المواد الدقيقة **PM** . ففي النظام الالكتروني كانت القياسات هي **20 g/hr** من **CO**، و **6 g/hr** من**HC**، و **86 g/hr** من **NO_x** ، و **1 g/hr** من **PM** ، و **4636 g/hr** من **CO_2** . في حين أنه في النظام الميكانيكي كانت النتائج **35 g/hr** من **CO** ، و **23 g/hr** من **HC** ، و **48 g/hr** من **NO_x** ، و **4 g/hr** من **HC** ، و **4484 g/hr** من **CO_2**[10].
ودراسة أخرى تمت حول العوامل المؤثرة على الانبعاثات ومنها التحميل الإضافي للمحرك، ونوع

منظومة الحقن إذا كانت ميكانيكية أو إلكترونية، والموديل ودرجة حرارة المحيط وسرعة التشغيل. وقد توصل الباحثون إلى أن التشغيل بمنظومات الحقن الإلكترونية يقلل انبعاثات **HC** و **PM** و **CO** في حين أن أكاسيد النيتروجين **NO_x** تزداد مقارنة مع استخدام منظومة ميكانيكية للتشغيل. أيضا تم التطرق إلى التقنيات المستخدمة لتقليل استهلاك الوقود وتحسين مواصفات الهواء أثناء التشغيل ومميزات كل منها في تقليل كمية الانبعاثات عند التشغيل[11]. كذلك هنالك دراسة تمت بقياس الانبعاثات الصادرة عن 24 مركبة تعمل بمحركات ديزل (12 شاحنة و 12 حافلة)، و 4 مركبات تعمل بالغاز الطبيعي المضغوط. ومتوسط القياسات لانبعاثات محركات الديزل للشاحنات كانت على النحو التالي: **0.17 g/min** من **HC** ، و **1.183 g/min** من **CO** ، و **1.416 g/min** من **NO_x** ، و **0.03 g/min** من **PM** . في حين أن متوسط انبعاثات محركات الغاز الطبيعي المضغوط كانت: **1.435 g/min** من **HC** ، و **1.119 g/min** من **CO** ، و **0.267 g/min** من **NO_x** ، و **0.003 g/min** من **PM**[12].

إضافة الى هذه الدراسات يوجد عدة دراسات أخرى حول الانبعاثات الصادرة من محركات الديزل أثناء السير وهي كثيرة أيضا حيث أن معظمها تم باستخدام أجهزة قياس لكمية الانبعاثات مثبتة على العوادم حيث تعطي قراءة مباشرة لقيمها. من هذه الدراسات بحث كان على مجموعة من محركات الديزل لأربعة شاحنات وحافلة من نوع **(Euro VI)**وذلك لقياس الانبعاثات الصادرة أثناء سيرها بسرعات منخفضة ومتوسطة وعالية. وقد تبين أن هذه المحركات الحديثة أعطت انبعاثات أقل، كما أن الانبعاثات عند السرعات المنخفضة كانت أعلى وذلك لانخفاض تأثير منظومات التحكم بالملوثات . كما أنه تم حساب عوامل الانبعاث ومقارنتها بما هو موجود مسبقا حيث تم الحصول على استنتاجات جيدة لأكاسيد النيتروجين **NO_x** وثاني أكسيد الكربون **CO_2** ورقم الحبيبات الصلبة للإنبعاثات **PN** [13] . وفي دراسة أخرى كانت حول تأثير عدة عوامل لظروف سير الشاحنة الانتقالية على استهلاك الوقود وانبعاثات محركها مثل كتلة الشاحنة وحمولتها، وطبيعة السائق خلال القيادة، ونوع ومواصفات الطريق التي تجري عليه الشاحنة. وقد توصل الباحثون إلى وجود علاقة طردية بين الملوثات مثل أكاسيد النيتروجين **NO** والهباب وكتلة الشاحنة واحتكاك العجلات مع الطريق، وكذلك كميات ثاني أكسيد الكربون **CO_2** واستهلاك الوقود [14].

2- واقع نقل الوقود السائل داخل ليبيا

تعتبر ليبيا من الدول المنتجة للنفط والذي يمثل عماد الاقتصاد الليبي الذي يعتبر اقتصادا ريعيا باعتماده بشكل شبه كامل على إيرادات تصدير النفط، والذي يمثل 95% من إجمالي إيرادات البلاد، كما يمثل 80% من الموارد الممولة لحزانة الدولة. تم اكتشاف النفط لأول مرة في ليبيا عام 1958، وبدأ الإنتاج عام 1961. وأهم ما يميزه غزارة الآبار المستخرج منها، وقرب البعض منها من موانئ التصدير، وهو لا يتركز في منطقة واحدة بل يتوزع على عدة مناطق على شكل حقول يتم استخراج النفط الخام منها وتصديره إلى عدة دول، والشكل 4 يوضح توزيع هذه الحقول مع كميات الانتاج لكل منها.

تقدر طاقات مصافي التكرير القائمة في ليبيا بنحو 380 ألف برميل يوميا، في حين يقدر إجمالي إنتاج المشتقات النفطية في ليبيا بنحو 333 ألف برميل يوميا في الوضع الاعتيادي وذلك لعام 2013، في حين أن القيمة التقديرية لنهاية عام 2017 بلغت 119.5 ألف برميل في اليوم حسب التقرير الإحصائي السنوي لعام 2018 الصادر عن منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول «أوابك»[15]. وأنتجت ليبيا 15.0 ألف برميل يوميا من الغازولين، وأيضا 15.0 ألف برميل من الكيروسين ووقود الطائرات، و34.0 ألف برميل من زيت الغاز والديزل، و40 ألفا من زيت الوقود، و13.9 ألفا من المشتقات النفطية الأخرى في نهاية عام 2017. علما أن هذه القيم تعتبر متدنية جدا مع الانتاج الحقيقي في الوضع الاعتيادي، وذلك بسبب الأوضاع السياسية الغير مستقرة التي تمر فيها البلاد منذ عام 2014.

ونظرا للمساحة الكبيرة للأراضي الليبية والمسافات الطويلة بين المدن، عادة ما يتم توزيع الوقود السائل (البنزين والديزل) باستخدام الصهاريج المنقولة من المستودعات الرئيسية وعبر شبكة الطرق الرئيسية للدولة التي تتواجد أغلبها داخل أو قريبة من المناطق السكنية. وبالتالي فإن معدلات كميات الملوثات على المحيط البيئي خلال العام يعتمد على كميات الوقود المنقولة خلال هذه الفترة والتي تخضع لمواصفات الشاحنات الناقلة وعدد الرحلات وسعاتها والمسافة المقطوعة بين المستودعات ومراكز التوزيع للمستهلكين. وبسبب الأوضاع الغير مستقرة الآن في ليبيا فإنه لا يوجد إحصائيات دقيقة من كافة المستودعات وأجهزة قياس للملوثات أثناء تشغيل أو سير الشاحنات فإن هذه الدراسة اعتمدت على بعض الإحصائيات المتوفرة من مستودع مدينة مصراته والذي يعتبر العصب الرئيسي حاليا للتوزيع على المناطق الغربية والجنوبية، بالإضافة إلى دراسات سابقة حول نفس الموضوع والتي تعطي معدلات الملوثات بناء الفترة الزمنية للتشغيل (غم\سا)، وعلى المسافة المقطوعة بوحدة (غم\كلم). كما أن الحسابات التي تمت للحصول على النتائج هي لثلاث أعوام سابقة أي خلال 2016، 2017 و 2018 ولوقودي البنزين والديزل، وبشكل تقريبي بناء على العلاقات الرياضية التالية:

عدد الرحلات الناقلة سنويا = الكمية الكلية\سعة الرحلة

متوسط مسافة الرحلة = (أقصى مسافة + أقل مسافة)\ 2

المسافة الكلية في العام = عدد الرحلات × متوسط مسافة الرحلة

كمية الغاز الملوث سنويا أثناء السير = كمية الغاز في وحدة المسافة × المسافة الكلية في العام

أما كمية الغاز أثناء التشغيل، أي عند تسخين المحرك، فالأغلب أنها بحدود 15 إلى 20 دقيقة، وبالتالي فإن قيمة الملوثات الصادرة عن كل رحلة في هذه الحالة تساوي:

كمية الغاز أثناء التسخين لكل رحلة = معدل كمية الغاز الصادرة × الفترة الزمنية للتسخين

كمية الغاز أثناء التسخين لكل الرحلات سنويا= كمية الغاز أثناء التسخين لكل رحلة × عدد الرحلات

وبالتالي فإن الكمية الكلية لكل غاز من الملوثات هي المجموع الكلي أثناء التسخين وأثناء السير، أي :

الكمية الكلية للملوثات سنويا= كمية الغاز أثناء التسخين + كمية الغاز أثناء السير

3- النتائج والمناقشة

للحصول على نتائج تقريبية في هذه الدراسة فقد تم اعتماد دراسات سابقة في هذا المضمار، فبالنسبة لوحدة كمية الغاز في وحدة المسافة تم اعتماد القيم التي أجريت بشكل عملي على خمسة محركات ديزل من نوع **Euro IV** وعلى سرعات عالية ومتوسطة ومنخفضة في الدراسة [13] وكذلك في الدراسة [12] والتي أعطت قيم متقاربة. في حين بالنسبة لمعدل انبعاث الغاز تم اعتماد القيم الصادرة لنظام الحقن الإلكتروني في الدراسة [10]. والسؤال الذي يطرح هو أن مواصفات هذه المحركات تختلف عن المحركات قيد الدراسة، هذا لا شك فيه، لذا من المتوقع أن تكون قيمة الملوثات التي تصدر عن محركات النقل في ليبيا في كلتا الحالتين أعلى من هذه لأن الأولى هي بمواصفات عالية جدا وتخضع لبرامج صيانة منتظمة وتعمل بظروف منتظمة، وبالتالي يمكن تقدير ملوثات محركات نقل الوقود في ليبيا بزيادة 20 % على الأقل من محركات الدراسات السابقة. والجدول 1 يبين معدل انبعاث الغاز أثناء التسخين.

جدول 1: معدل انبعاث الغازات أثناء التسخين.

نوع الغاز	HC	CO_2	CO	PM	NOx
معدل انبعاث الغاز (g/h)	6	4636	20	1	86

في حين أن الجدول 2 يبين معدلات انبعاث الغازات بالنسبة للمسافة وللسرعات العالية والمتوسطة والمنخفضة، وكذلك متوسط هذه القيمة والتي تم اعتمادها في هذه الدراسة.

جدول 2: معدل انبعاث الغازات بالنسبة للمسافة أثناء السير.

نوع الغاز		HC (g/km)	CO_2 (g/km)	CO(g/km)	PN (#/km)	NOx(g/km)
معدل انبعاث الغاز	سرعة منخفضة	**0.48**	**2283.6**	**4.134**	**30.5×10^{10}**	**3.102**
	سرعة متوسطة	**0.144**	**819.78**	**1.226**	**4.95×10^{10}**	**0.516**
	سرعة عالية	**0.108**	**644.6**	**0.82**	**7.15×10^{10}**	**0.268**
	متوسط القيمة	**0.244**	**1249.326**	**2.06**	**14.2×10^{10}**	**1.295**

من خلال البيانات التي تم الحصول عليها من مستودع مصراته النفطي المتعلقة بكميات وقودي البنزين والديزل الموزعة على المدن الليبية خلال الأعوام 2016، 2017 و 2018 تم تقدير الكمية الكلية الموزعة من كافة المستودعات والتي تقدر أربعة أضعاف الكمية الموزعة من مستودع مصراته بناء على خبرة العاملين في هذا المستودع، فقد تم الحصول على عدد الرحلات والمسافات المقطوعة خلال العام وبالتالي حساب كميات الملوثات الصادرة عنها باستخدام العلاقات الرياضية السابقة ومن خلال معطيات الجداول 1 و 2. والجداول التالية 3 و 4 تتضمن بيانات رحلات الصهاريج الناقلة لوقودي البنزين والديزل كل على حده.

جدول 3: بيانات رحلات صهاريج توزيع وقود البنزين على المدن الليبية.

#	السنة	الكمية الموزعة من مستودع مصراتة ($م^3$)	الكمية الموزعة من كافة المستودعات الليبية ($م^3$)	عدد الرحلات الناقلة	المسافة الكلية المقطوعة خلال الرحلات (كلم)
1	2016	708645	2834580	62990.667	47400476.92
2	2017	823767	3295068	73223.733	55100859.08
3	2018	916847	3667388	81497.511	61326877.03

جدول 4: بيانات رحلات صهاريج توزيع وقود الديزل على المدن الليبية.

#	السنة	الكمية الموزعة من مستودع مصراتة ($م^3$)	الكمية الموزعة من كافة المستودعات الليبية ($م^3$)	عدد الرحلات الناقلة	المسافة الكلية المقطوعة خلال الرحلات (كلم)
1	2016	487151	1948604	43302.311	32584989.11
2	2017	591423	2365692	52570.933	39559627.33
3	2018	658717	2634868	58552.622	44060848.22

لحساب كمية الانبعاثات أثناء التسخين تم اعتماد فترة زمنية مقدارها 15 دقيقة كحد وسطي لذلك، وبالتالي تم حساب هذه الكميات باستخدام بيانات جدول 1، كما أنه تم حساب الكميات أثناء السير باستخدام بيانات جدول 2، ومن ثم تم جمع القيمتين معا أثناء التسخين وأثناء السير مع ملاحظة أنه تم تحويل عدد الجزيئات الصادرة أثناء السير **(PN)** إلى كتلة **(PM)**، وذلك لرحلات نقل البنزين، جدول 5، ورحلات نقل الديزل، جدول 6، وفي النهاية تحصلنا على مجمل كميات الغازات المنبعثة لكل الرحلات ولكل عام.

جدول 5: مجمل كمية الغازات المنبعثة خلال رحلات نقل البنزين

#	السنة	HC (ton)	CO_2 (ton)	CO (ton)	PM (ton)	NOx (ton)
1	**2016**	**11.660202**	**59291.65441**	**97.959935**	**0.0179906**	**62.737916**
2	**2017**	**13.554444**	**68923.80218**	**113.873888**	**0.0209131**	**72.929922**
3	**2018**	**15.086004**	**79711.71759**	**126.740853**	**0.0232768**	**81.170502**

جدول 6: مجمل كمية الغازات المنبعثة خلال رحلات نقل الديزل

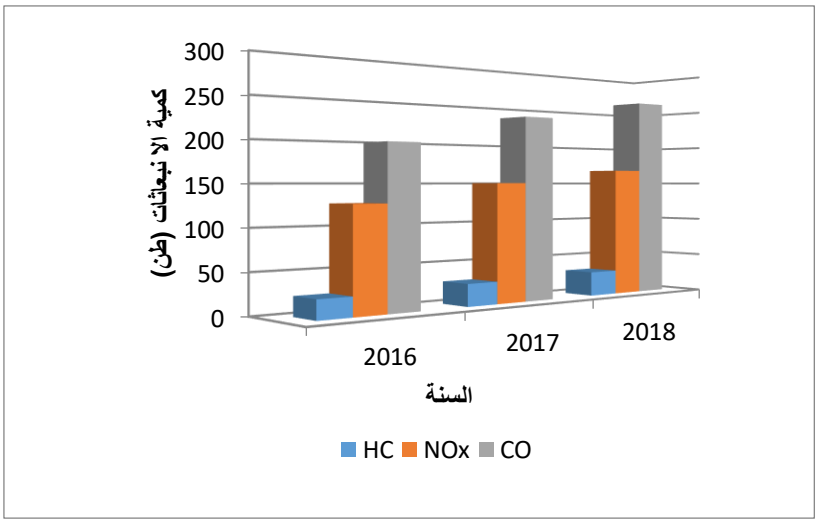
#	السنة	HC (ton)	CO_2 (ton)	CO (ton)	PM (ton)	NOx (ton)
1	**2016**	**8.015690**	**40759.46148**	**67.341588**	**0.0123673**	**43.12856**
2	**2017**	**9.731405**	**49483.80068**	**81.755686**	**0.0150144**	**52.35999**
3	**2018**	**10.838674**	**55114.22575**	**91.058110**	**0.0167234**	**58.31767**

ونظرا لاختلاف المواصفات بين شاحنات النقل قيد الدراسة عن التي اعتمدت كمرجع فقد تم إضافة 20 % كقيمة تقديرية على الأقل عن هذه القيم والتي جاءت في الجدول 7، والتي تعتبر تقريبية نوعا ما وتعطي قيما ذات بعد تحذيري لأضرار هذه الانبعاثات والتي قد تزيد أو تنقص بشيء قليل عن هذه النسبة.

جدول 7: مجمل كمية الغازات المنبعثة خلال رحلات توزيع وقودي البنزين والديزل على المدن الليبية.

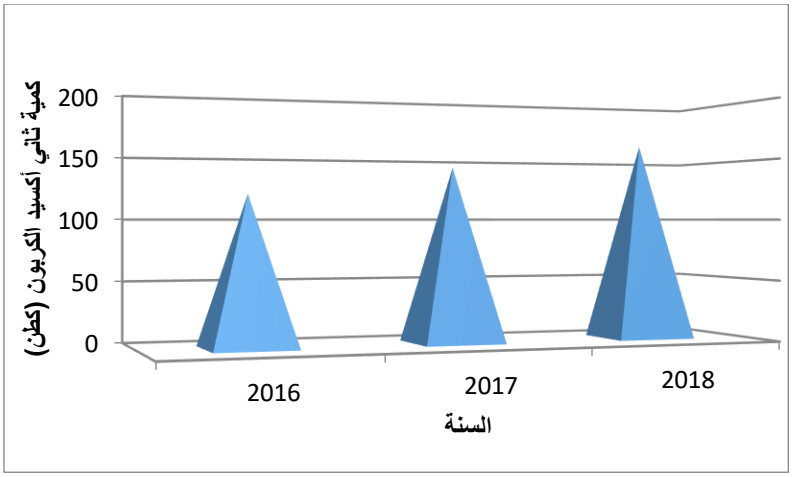
#	السنة	HC (ton)	CO_2 (kton)	CO (ton)	PM (kg)	NOx (ton)
1	2016	23.611070	120.0613390	198.361827	36.4294	127.039775
2	2017	27.943018	142.0891235	234.755488	43.1130	150.347896
3	2018	31.109613	161.7911319	261.358755	48.0002	167.385817

من الملاحظ في الجدول 7 أن القيمة العظمى للانبعاثات هي لغاز ثاني أكسيد الكربون **CO_2** لذا تم رصدها بوحدة (كطن) ، وهي دائما تشكل النسبة العظمى لنتائج عمليات احتراق الوقود الهيدروكاربوني . بعد ذلك تأتي نسبة أول أكسيد الكربون **CO** وأكسيد النيتروجين **NOx** وكمية الوقود الهيدروكاربوني **HC** والذي رسمت في الشكل 5، حيث نجد أن كميات هذه الغازات هي في ازدياد مستمر وذلك بسبب زيادة كميات الوقود الموزعة من المستودعات على المستهلكين كل عام، كضرورة ملحة لتشغيل وسائل النقل البرية المختلفة في كافة المدن الليبية والتي هي في تزايد مستمر وبشكل مذهل وغير مدروس.



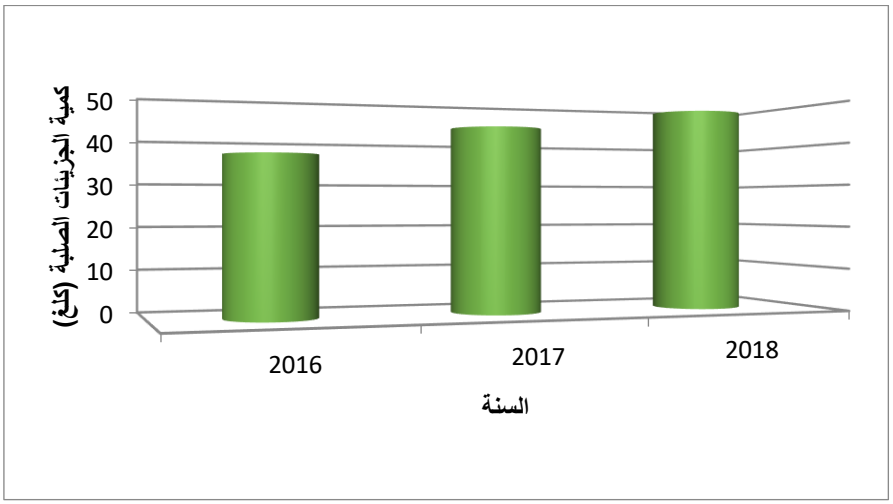
شكل 4: كمية ملوثات أول أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين والمواد الهيدروكربونية خلال الأعوام

إن كمية غاز ثاني أكسيد الكربون هي في ازدياد مستمر أيضا كما في الشكل 6، وهذا الغاز يعتبر المصدر الرئيسي للاحتباس الحراري والذي يتسبب في التغيرات المناخية الكارثية على البيئة في العالم، كما تشير إلى ذلك تقارير المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة. وقد توصلت هذه المنظمة إلى نتيجة قاطعة وهي أن تغير المناخ هو حقيقة واقعة وأن الأنشطة البشرية في عمليات الاحتراق المختلفة هي السبب الرئيس في ذلك، وأن هناك أدلة مقلقة في تحولات هامة، والتي ستؤدي إلى تغيرات لا رجعة فيها في النظم البيئية الرئيسية ونظام المناخ في كوكب الأرض، و قد تكون النظم البيئية المتنوعة مثل الغابات قد اقتربت من عتبات تغيير جذري من خلال ارتفاع درجات الحرارة التي تؤدي إلى الجفاف والانهيارات الجليدية المتلاحقة والمسببة للفيضانات والكوارث البيئية [16].



شكل 5: كمية ثاني أكسيد الكربون خلال الأعوام

أما بالنسبة لكميات الهباء أو المواد الصلبة فهي صغيرة جدا مقارنة بالكميات الأخرى للغازات، إلا أنها ذات تأثير على البيئة المحيطة إذا زادت تراكيزها لأنها قابلة على الترسب وامتصاص العناصر الأخرى، ومن الملاحظ أنها في تزايد أيضا كما في شكل 7. وهذه الملوثات هي جسيمات عالقة مثل الدخان على سبيل المثال تتكون من حبيبات صغيرة صلبة من الكربون وتنتج من احتراق غير كامل للمواد الهيدروكربونيه ، وتسقط مع الأمطار أو بالترسيب ولها آثار سلبية على المكونات البيئية لأنها تعمل كحوامل لمواد عضوية وغير عضوية سامة . ولكن عموما إن كمية هذه الملوثات يعتمد على جودة منظومات الاحتراق وعلى نوع الوقود، وهي في محركات البنزين أكثر منها في محركات الديزل وأشد خطرا لأنها قد تحتوي على عنصر الرصاص الذي يضاف إلى الوقود في بعض الأحيان لتحسين عملية الاحتراق، لذا أصبحت هنالك قوانين صارمة في بعض الدول للحد من استخدام هذا العنصر مع الوقود [17].



شكل 6: كمية الجزيئات الصلبة (الهباء) خلال الأعوام

4- الاستنتاجات

هذه الدراسة تمت لتقييم أثر وسائل نقل وقودي البنزين والديزل داخل الأراضي الليبية خلال الأعوام 2016 و 2017 و 2018، وقد توصلت إلى الآتي:

- إن كمية الانبعاثات الكربونية والنيتروجينية الصادرة عن رحلات النقل هي في تزايد مستمر كل عام نظرا لتزايد استهلاك الوقود الذي يتطلب مزيدا من كميات الوقود الموزعة على المدن الليبية.
- إن كمية ثاني أكسيد الكربون تأتي في الدرجة الأولى وهي تشكل العبء الأكبر من الملوثات، والتي تساهم بشكل فعال في ظاهرة الاحتباس الحراري الناتجة عن تزايد كميات هذا الغاز في الغلاف الجوي التي باتت تؤرق البشرية جميعا في كوكب الأرض.
- إن قيمة كمية الهباء (المواد الصلبة) هي صغيرة نوعا ما بسبب افتراض جودة عالية للاحتراق، إلا أنها ذات تأثير سلبي كبير نتيجة لإمكانية ترسيبها على المكونات البيئية المحيطة من المخلوقات الحية والإنشائية والصناعية وغيرها.

المراجع

[1] محمد السيد أرناؤوط، الإنسان وتلوث البيئة، الدار المصرية اللبنانية،1993.

[2] المحامي مروان يوسف صباغ، البيئة وحقوق الإنسان،"كومبيونشر"، 1992.

[3] **www.globalcarbonproject.org/carbonbudget**.

[4] علي حنوش، البيئة العراقية: المشكلات والآفاق، وزارة البيئة، بغداد، 2004.

[5] كاظم المقدادي، التلوث البيئي وتداعياته الصحية والاجتماعية، **ao-academy.org** .

[6] نعيم سلمان بارود، تلوث الهواء: مصادره وأضراره، الجامعة الإسلامية في غزة، 2006.

[7] سفيان التل، ياسر سارة، حالة البيئة في الأردن، وزارة الشئون البلدية والقروية والبيئة، عمان، 1989.

[8]epi.envirocenter.yale.edu/2018-epi-report/climate-and-energy.

[9]**www.europarl.europa.eu** .

[10]**BM S. Khan, Nigel N. Clark, Gregory J. Thompson, W. Scott Wayne, MridulGautam, Donald W. Lyons and Daniel Hawelti, Idle Emissions from Heavy-Duty Diesel Vehicles: Review and Recent Data, Air & Waste Management Association, 2006 .**

[11] S.M. AshrafurRahman, H.H. Masjuki, M.A. Kalam, M.J. Abedin, A. Sanjid, H. Sajjad, Impact of idling on fuel consumption and exhaust emissions and available idle-reduction technologies for diesel vehicles – A review, Energy Conversion and Management (2013) .

[12] Robert L. McCormick , Michael S. Graboski , Teresa L. Alleman & Janet Yanowitz, Idle Emissions from Heavy-Duty Diesel and Natural Gas Vehicles at High Altitude, Air & Waste Management Association, 2000 .

[13]Theodoros Grigoratos, Georgios Fontaras, Barouch Giechaskiel, Nikiforos Zacharof, Real world emissions performance of heavy-duty Euro VI diesel vehicles, Atmospheric Environment 201 (2019) 348–359.

[14] Evangelos G. Giakoumis and George Triantafillou, Analysis of the Effect of Vehicle, Driving and Road Parameters on the Transient Performance and Emissions of a Turbocharged Truck, Energies, 2018.

[15]**www. oapecorg.org.**

[16]www.un.org/ar/sections/issues-depth/climate-change.

[17]**Abdal-Kareem M.A Dawagreh, Environmental Pollution Book , Al-Balqa' Applied University.**