

## تأثير السرعة والتسارع على الملوثات المنبعثة من باصات النقل الداخلي

الدكتور حبيب محمود\*

(تاريخ الإيداع 25 / 11 / 2008. قُبل للنشر في 18/2/2009)

### □ الملخص □

تعد باصات النقل الداخلي مصدراً رئيساً من مصادر التلوث؛ وذلك بسبب حركتها المستمرة في شوارع المدينة. وترتبط نسبة الملوثات المنبعثة من هذه الباصات بسرعتها وبتسارعها وبعدد الركاب الذين تقلهم. وقد بينا في هذا البحث أن نسبة أكاسيد النيتروجين  $NO_x$  وثنائي أكسيد الكبريت  $SO_2$  الصادرة عن هذه الباصات تزداد بزيادة السرعة والتسارع وتقل مع زيادة الحمولة وأما بالنسبة إلى ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  والهيدروكربونات  $C_xH_y$  فقد وجد أن نسبها تزداد بشكل مستمر عند الحمولة العالية مع زيادة السرعات. وقد لوحظ أن أدنى مستوى من الانبعاثات يمكن تحقيقه عندما يتحرك الباص بحدود السرعة  $30 \text{ km/h}$  والحمولة العالية.

**الكلمات المفتاحية:** الملوثات - باصات النقل الداخلي - السرعة والتسارع - الحمولة.

\* أستاذ مساعد - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Effect of Speed and Acceleration on Emission Pollutants of Public Transport Buses

Dr. Habib Mahmoud\*

(Received 25 / 11 / 2008. Accepted 18 / 2 / 2009)

### □ ABSTRACT □

Public transport buses are considered as a major pollution source, due to their constant motion in the city-streets. Emission pollutants ratio, released by these buses, vary according to their speed, acceleration and passenger-loads. In this study, I have demonstrated that the ratio of nitrogen oxides  $\text{NO}_x$  and sulfur oxides  $\text{SO}_2$  emitted by these buses increases in line with speed and acceleration and decreases as a result of increasing loads. As for carbon dioxide  $\text{CO}_2$  and hydrocarbons  $\text{C}_x\text{H}_y$  it is revealed that ratios continuously go up with high speeds and heavy loads. Equally evident is the fact that the minimum level of emissions can be attained, when the bus's speed is 30 km/h and its load is high.

**Key words:** pollutants, Public transport buses, speed and acceleration, loads.

---

\* Associate Professor, at the Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

يُعد قطاع النقل مصدراً رئيساً من مصادر التلوث البيئي؛ إذ يسهم هذا القطاع بما نسبته 45% من إجمالي الملوثات الموجودة في الغلاف الجوي [1-2]. وتتضمن المواد المنبعثة من عوادم الآليات عدداً كبيراً من المركبات الملوثة للغلاف الجوي، ومن أهمها أكاسيد النيتروجين ( $NO_x$  ( $NO+NO_2$ ))؛ إذ تسهم وسائط النقل بما قيمته حوالي 31% من إجمالي قيمة هذا الأكسيد في الغلاف الجوي، وثاني أكسيد الكربون  $CO_2$ ، وأكاسيد الكبريت  $SO_x$ ، والجسيمات الصلبة  $PM$ ، والهيدروكربونات غير المحترقة  $C_xH_y$ ؛ إذ تبلغ نسبة مساهمة وسائط النقل منها حوالي 44%، والمركبات العضوية الطيارة  $VOCs$ ، وأول أكسيد الكربون  $CO$  بنسبة مساهمة حوالي 60%. وجميع هذه المركبات ذات تأثير سلبي في صحة الكائنات الحية بالإضافة إلى مساهمتها بتشكيل الضباب الصناعي وتفكك طبقة الأوزون وهطول الأمطار الحامضية [3-4].

لقد أثبتت الدراسات العلمية أن هنالك علاقة مباشرة بين نسبة هذه الملوثات والعديد من الأمراض التي يتعرض لها الإنسان، كما تبين أن هنالك علاقة بين بعض أنواع السرطانات التي تصيب الإنسان العوالم الصلبة الموجودة في الهواء، كما أن حوالي 1-2% من إجمالي عدد الوفيات في المدن الكبيرة سببه الملوثات المنبعثة من عربات الديزل. وكذلك فإن المجتمعات المحرومة ومناطق السكن العشوائي المكتظة هي الأكثر تعرضاً وتأثراً بالملوثات [5-7].

تعد الآليات العاملة على الديزل أحد أهم مصادر التلوث وخاصة أكاسيد النيتروجين والعوالم الصلبة، وقد ازداد في السنوات الأخيرة عدد الآليات وخاصة تلك العاملة على الديزل بشكل مثير للقلق [8]. ومن المتوقع أن تستمر هذه الزيادة نتيجة للنمو السكاني المتزايد ولرخص ثمن هذه الآليات، وبالتالي يجب إدخال معايير صارمة جداً للحد من التلوث. وهذه المعايير لا يمكن تحقيقها إلا من خلال تحسين تقنيات تصنيع المحركات من قبل الشركات المصنعة بحيث تتوافق مع المعايير الأوروبية  $Euro4$  [9,6].

لقد انخفضت نسب الملوثات المنبعثة من الآليات ذات محركات الديزل عامةً وباصات النقل الداخلي خاصةً بشكل كبير خلال العقود الثلاثة الماضية بسبب التحسينات التي طرأت على صناعة المحركات، وعلى تقنيات ضبط الانبعاثات، وعلى نوعية الوقود وجودته. ولكن عملية الحصول على معلومات كمية حول المركبات السامة المنبعثة بوصفها تابعاً للوقود المحترق أو المسافة المقطوعة مازال أمراً صعباً، كما أن أخذ عينة المركبات السامة المنبعثة من عوادم العربات وتحليلها تعترضه الكثير من الصعوبات. علاوة على ذلك، فإن نوع الآلية ومواصفاتها ونوعية الوقود وأسلوب القيادة لها تأثير كبير في معدل الإصدار. وقد تكون الطريقة المثلى لتحديد الملوثات المنبعثة من الآليات هي اتباع طريقة القياس المباشر في أثناء استثمارها. ويمكن إنجاز هذه القياسات باستخدام الدينامومتر أو في أنفاق المرور المخصصة لذلك [10-12].

إن معدل الملوثات السامة المنبعثة من عوادم باصات النقل الداخلي تختلف من مكان إلى آخر باختلاف ظروف تشغيلها وبيئتها، ومواصفات الوقود المستخدم فيها؛ لذلك عمدنا في هذه الدراسة إلى استخدام أسلوب القياس المباشر لتحديد معدل الملوثات السامة المنبعثة من عوادم باصات النقل الداخلي الموضوعه حديثاً في الخدمة، وقد تم تحديدها بوحدة ppm عند سرعات وتسارعات ونسب تحميل مختلفة ووفقاً لظروف تشغيلها الفعلية.

**أهمية البحث وأهدافه:**

تأتي أهمية هذا البحث من أنه يعالج مشكلة تمس حياة الإنسان خاصةً والكائنات الحية عامةً من خلال التأثير السام للملوثات التي تنفثها وسائط النقل في الشوارع والأحياء السكنية. ويهدف هذا البحث إلى تحديد نسب الملوثات المنبعثة من باصات النقل الداخلي وتحديد السرعات والتسارعات المفضلة التي يجب قيادة هذه الباصات وفقها؛ ليكون مستوى الانبعاث في حدوده الدنيا، وبالتالي يكون التأثير السلبي في صحة الإنسان أقل ما يمكن.

### مواد البحث وطرائقه:

يبدأ البحث بإلقاء الضوء على مشكلة الملوثات المنبعثة من وسائط النقل عموماً وأثرها في صحة الإنسان من خلال استعراض عدد من الأبحاث التي أجريت في هذا المجال. ومن ثم يتناول طريقة إجراء القياس التي تمت بشكل مباشر على أرض الواقع وضمن ظروف عمل الباص ومن ثم يقدم النتائج التي تم التوصل إليها في أثناء عملية القياس الفعلية؛ ليخرج بمجموعة من التوصيات تفيد في الحد من نسب التلوث في مدننا.

### الإجراء التجريبي:

#### مواصفات الباص

تم إجراء القياسات على الباصات الحديثة التي استقدمتها الشركة العامة للنقل الداخلي وهي من النوع King Long صينية المنشأ وزنها فارغة 9000 kg، ووزنها مع الحمولة 13200 kg وذات علبة سرعة أوتوماتيكية. أما بالنسبة إلى المحرك فهو من النوع YCGT210-2008، وهو ذو تبريد هوائي، عدد أسطواناته ست أسطوانات خطية التوضع، طول شوط الأسطوانة 125 mm، وقطرها 105 mm، ونسبة الانضغاط  $\epsilon=17.5$ ، والاستطاعة الأعظمية 210 Hp عند سرعة دوران 2500 rpm، والعزم الأعظمي لكل دورة في الدقيقة 710 N.m/rpm.

#### جهاز القياس

تم استخدام جهاز القياس Eco 6000 الذي يتألف من ثلاثة أجزاء رئيسية؛ وحدة الإظهار الرقمي مع الطابعة، والصندوق الرئيس الذي يحتوي على الحساسات مع المعالج، بالإضافة إلى المجس مع كبلات التوصيل. وقد تم وضع الصندوق الرئيس للجهاز بجانب المحرك عند مؤخرة الباص لكي يتم التغلب على التأخير الزمني في أثناء عملية القياس، وتم إدخال مجس سحب العينة في عادم الباص وتثبيتته بواسطة ملزمة صغيرة بينما وضعت وحدة الإظهار الرقمي ضمن الباص من خلال إمرار كبل التوصيل من النافذة الخلفية الجانبية.

#### عملية القياس

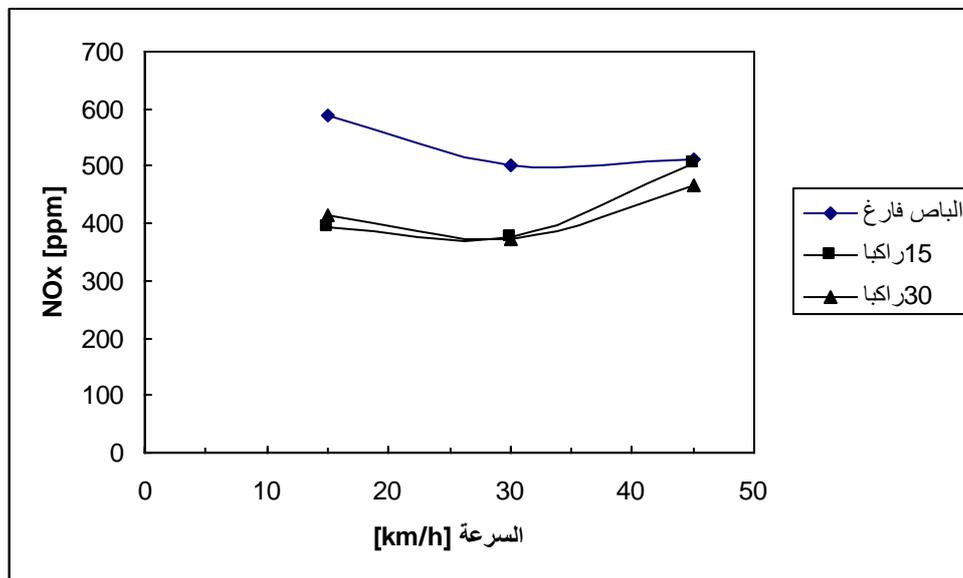
وضع جهاز تحليل غازات العادم Eco 6000 في الباص، وذلك بعد أن ترك مدة خمس عشرة دقيقة يعمل قبل بدء الاختبار لكي يقوم بمعايرة آلية. وقد تم قياس تراكيز كل من أكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات وثاني أكسيد الكربون وأكسيد الكبريت في غازات العادم في أثناء حركة الباص الفعلية على الطريق، وكذلك سرعة الباص وتسارعه ضمن ثلاثة مجالات؛ الأول من السرعة 0 وحتى السرعة 15 km/h، والثاني من السرعة 15 km/h وحتى السرعة 30 km/h، والثالث من السرعة 30 km/h وحتى السرعة 45 km/h، وتم اختيار هذه المجالات من السرعات؛ لأنها تغطي كامل مجال عمل الباص ضمن المدينة وقد تم إنجاز هذه القياسات لكل مجال، ولثلاث حالات من الحمولة

(الباص فارغ، 15 راكباً، 30 راكباً) والتسارعات تراوحت بين تسارعات عادية وتسارع وسطي وتسارع شديد (0.25, 0.61, 0.83 m/s<sup>2</sup>) على طول الطريق الممتد أمام مرآب الشركة العامة للنقل الداخلي في اللاذقية.

## النتائج والمناقشة:

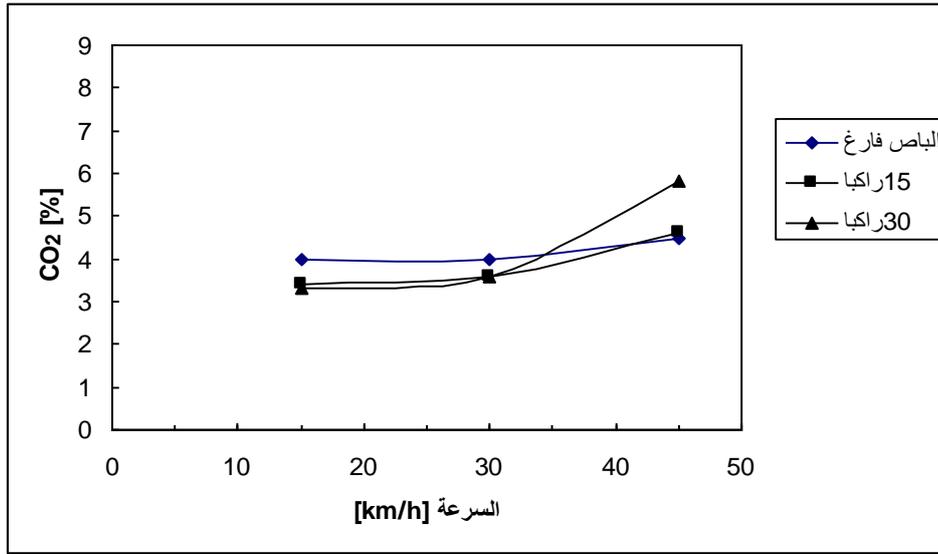
### تأثير السرعة

لتحديد تأثير السرعة في معدل الانبعاث تم قياس نسب غازات ( $NO_x$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $C_xH_y$ ) عند السرعة 15km/h و 30km/h و 45km/h لثلاث حالات مختلفة من التحميل، ويبين الشكل (1) تغير انبعاثات  $NO_x$  مع زيادة السرعة حيث يبدأ معدل انبعاث هذا الملوث بالتزايد عندما تتجاوز سرعة الباص السرعة 30 km/h، ويقل الانبعاث مع زيادة حمولة الباص وذلك كون الاحتراق في الباص عند الحمولة العالية يصبح قريباً من نسبة الاحتراق النظامية وعند هذه النسبة تقل كمية الأوكسجين اللازمة لتشكيل  $NO_x$  وتصبح في حدودها الدنيا.

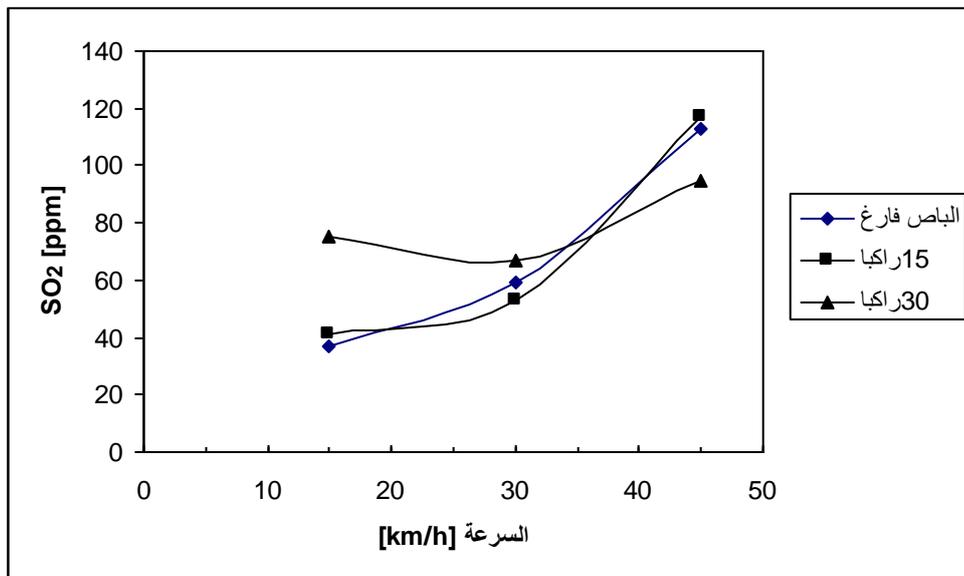


الشكل (1): تأثير السرعة في معدل انبعاث  $NO_x$  عند حمولة مختلفة.

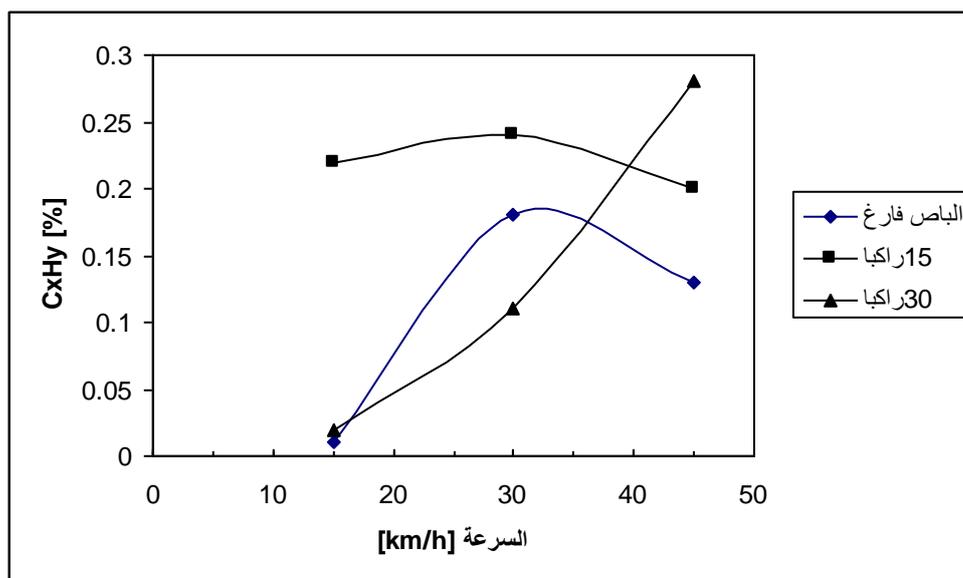
يبين الشكل (2) تغير معدل انبعاث  $CO_2$  مع تغير السرعة حيث تزداد نسبة هذا الغاز بشكل طفيف مع زيادة السرعة ومع زيادة الحمولة؛ لأنه يحسب بوصفه نسبة حجمية من الغازات المنبعثة وبالتالي عندما تقترب نسبة الاحتراق.

الشكل (2): تأثير السرعة في معدل انبعاث CO<sub>2</sub> عند حمولة مختلفة.

من النسبة النظامية تزداد النسبة الحجمية لهذا الغاز وخاصة بعد السرعة 30 km/h، بينما عندما يكون الباص فارغاً فإن تأثير السرعة في معدل انبعاث CO<sub>2</sub> يكون مهملاً. أما انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت فإنها تزداد بشكل كبير مع تزايد السرعات وخاصة عندما تتجاوز سرعة الباص القيمة 30 km/h، وكذلك تزداد بزيادة الحمولة، كما هو موضح في الشكل (3). ونلاحظ أنه عند الحمولة العالية يقل تأثير السرعة في معدل انبعاث هذا الغاز. وتعود الزيادة الكبيرة في معدل انبعاث هذا الغاز إلى وجود الكبريت بنسب مرتفعة في الوقود السوري (0.5%-7%). أيضاً بمقارنة منحنيات غاز ثاني أكسيد الكبريت مع منحنيات أكاسيد النيتروجين نلاحظ أن هنالك علاقة وثيقة بينهما، وتكون نقطة التشغيل المثلى للباس هي عند الحمولة العالية والسرعة 30 km/h.

الشكل (3): تأثير السرعة في معدل انبعاث SO<sub>2</sub> عند حمولة مختلفة.

يبين الشكل (4) التغير الكبير في انبعاث الهيدروكربونات مع تغير كل من السرعة والحمولة حيث عندما يكون الباص فارغاً أو عند الحمولة الوسطية تزداد الانبعاثات؛ لتصل إلى قيمة أعظمية عند السرعة 30 km/h، ومن ثم تعود لتتخفف بعدها قليلاً، بينما يزداد معدل انبعاث هذا الملوث بشكل مستمر عند الحمولة العالية، ويكون معدل انبعاثه بجوار السرعة 30 km/h أقل من معدله لحالتي الحمولة المنخفضة والمتوسطة وبالتالي تعدّ الحالة المفضلة لعمل الباص بالنسبة إلى هذا الملوث هي عند السرعة 30 km/h والحمولة العالية.

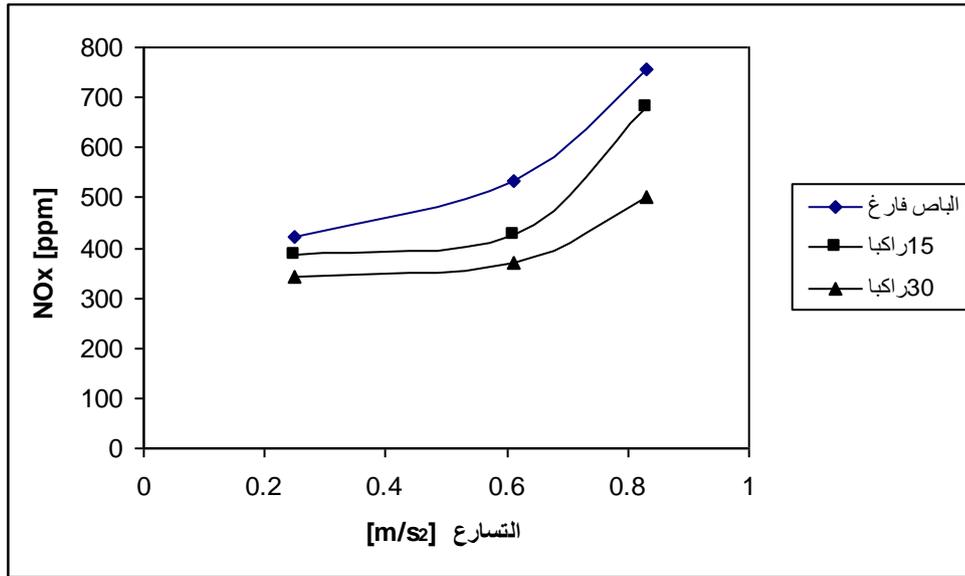


الشكل (4): تأثير السرعة في معدل انبعاث  $C_xH_y$  عند حمولة مختلفة.

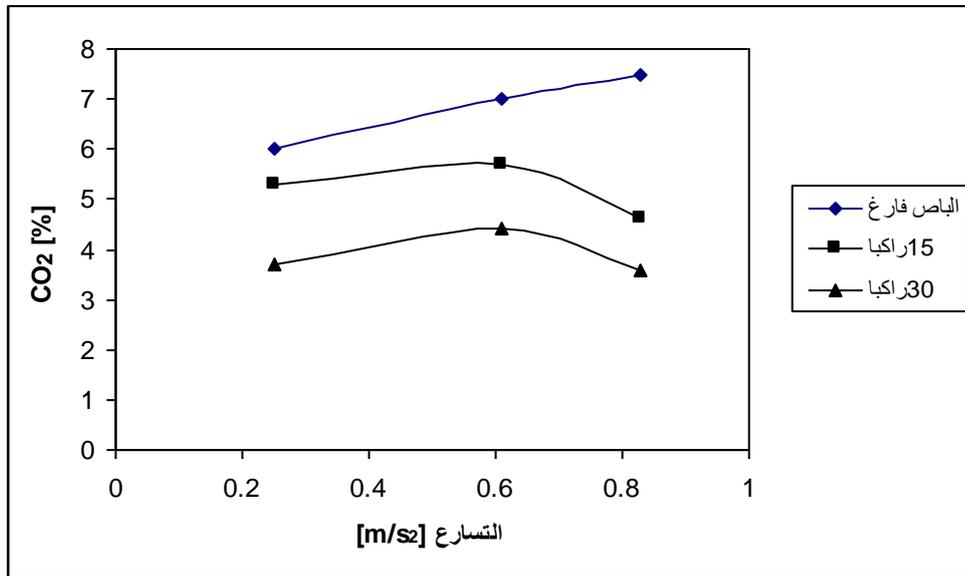
إن هذه النتائج تشير إلى أن الشركة الصانعة قد صممت المحرك بحيث تكون الانبعاثات في حدودها الدنيا عندما تكون السرعة حوالي 30 km/h وعند الحمولة العالية لأنهما يمثلان الحالة الأكثر مصادفة لعمل الباص ضمن المدينة.

#### تأثير التسارع

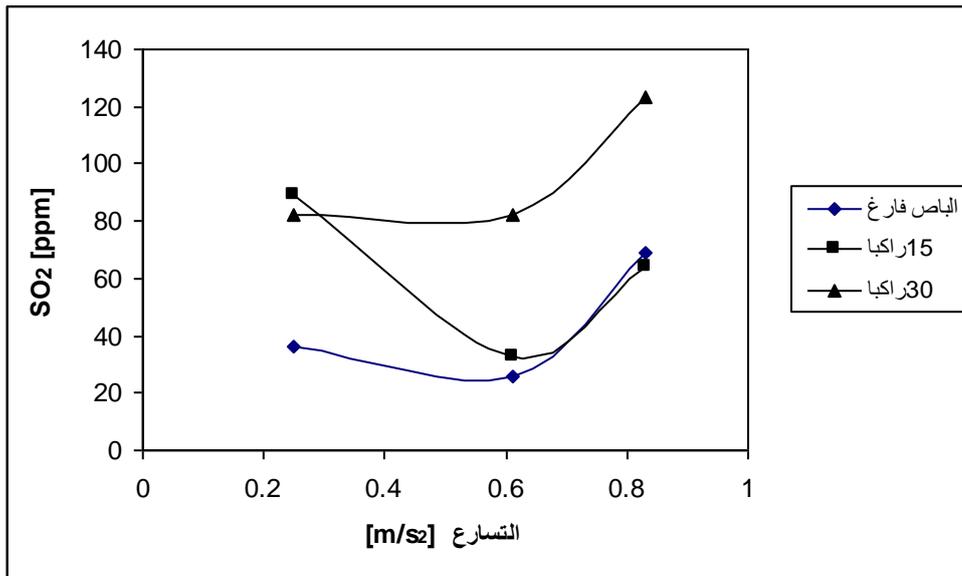
أيضاً ولتحديد تأثير التسارع في معدل الانبعاث تم قياس نسب غازات ( $NO_x$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $C_xH_y$ ) عند تسارعات تراوحت بين عادية وتسارع وسطي وتسارع شديد ( $0.25$ ,  $0.61$ ,  $0.83$  m/s<sup>2</sup>) وبيّن الشكل (5) أن معدل انبعاثات  $NO_x$  يزداد مع الانتقال من التسارع العادي ( $0.25$  m/s<sup>2</sup>) وحتى التسارع الشديد ( $0.83$  m/s<sup>2</sup>). إن تزايد معدل انبعاث الملوثات عموماً وغاز ثاني أكسيد النيتروجين خصوصاً مع تزايد التسارع سببه تشكل نقاط ذات حرارة مرتفعة داخل حجرة احتراق المحرك، كما أن تناقصه مع تزايد الحمولة سببه انطلاق نسب عالية من الهيدروكربونات عند الحمولة العالية وهذا يؤدي لتبريد حجرة الاحتراق، ويقلل من نسب أكاسيد النيتروجين المنبعثة.

الشكل (5): تأثير التسارع في معدل انبعاث  $NO_x$  عند حمولة مختلفة.

أما الشكل (6) فيبين أن معدل انبعاثات  $CO_2$  يزداد مع ازدياد التسارع ولكن في حالي الحمولة العالية والمتوسطة يبدأ المعدل بالتناقص عند التسارعات العالية، ويعود هذا إلى النسبة العالية للهيدروكربونات المنبعثة عند هذه التسارعات مما يقلل نسبة ثاني أكسيد الكربون في غازات العادم.

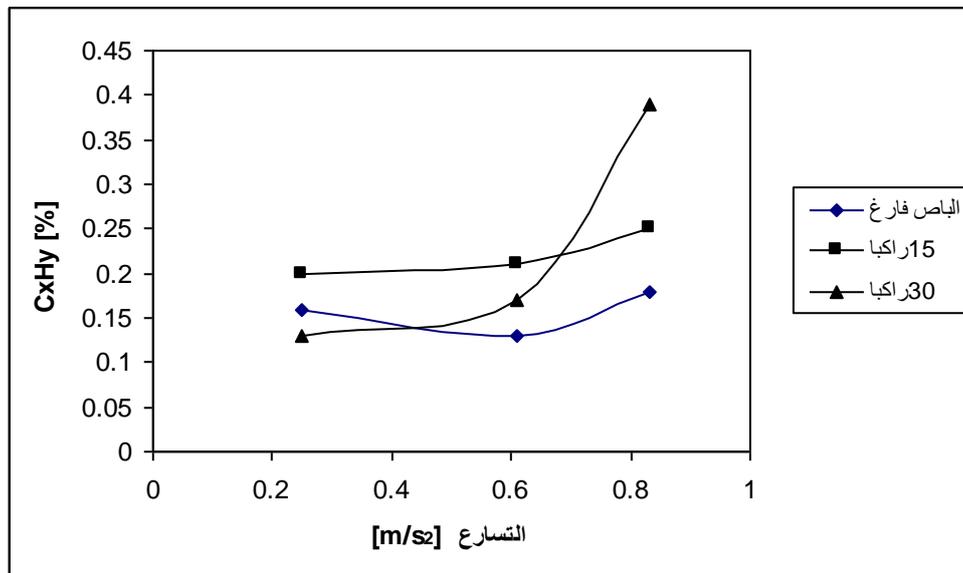
الشكل (6): تأثير السرعة في معدل انبعاث  $CO_2$  عند حمولة مختلفة.

أما فيما يتعلق بمعدل انبعاثات  $SO_2$  فيبين الشكل (7) أن نسبته تتناقص تدريجياً مع تزايد تسارع الانتقال من العادي إلى الوسطي وهذا في حالة الحمولة العالية وحالة الباص فارغاً، أما في حالة الحمولة المتوسطة فيكون التناقص شديداً، ومن ثم يأخذ معدل انبعاثه بالتزايد عند الانتقال من التسارع الوسطي إلى التسارع الشديد لحالات الحمولة الثلاث. يتحول جزء من  $SO_2$  إلى  $SO_3$ ؛ ليتحد مع الماء، ويشكل حمض الكبريت الذي يسبب تساقط الأمطار الحامضية.



الشكل (7): تأثير التسارع في معدل انبعاث SO<sub>2</sub> عند حمولة مختلفة.

ويبين الشكل (8) أن معدل انبعاث الهيدروكربونات يتغير بشكل طفيف عند التسارعات العادية والوسطية ولكن مع زيادة التسارع وفي حالة الحمولة العالية يزداد معدل انبعاثها بشكل واضح؛ وذلك لأن الشحنات الداخلة إلى حجرة الاحتراق تصبح أكبر، وكما يصبح زمن إقامتها أقل مما يزيد من نسبة الهيدروكربونات غير المحترقة والخارجة مع نواتج الاحتراق. أيضا يبين الشكل أن هذه النسبة عند الحمولة العالية والتسارع الوسطي هي نسبة قريبة جدا من نسبة الانبعاث عند التسارع نفسه وحالة الباص فارغاً.



الشكل (8): تأثير التسارع في معدل انبعاث C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> عند حمولة مختلفة.

### الاستنتاجات والتوصيات:

تعد باصات النقل الداخلي مصدراً رئيساً من مصادر التلوث البيئي، وترتبط نسبة الملوثات المنبعثة منها بظروف عملها من سرعة وتسارع ومقدار حملتها، وقد بينت دراسة نسب الانبعاثات الصادرة عن الباصات المستوردة حديثاً للشركة العامة للنقل الداخلي أن انبعاثات كل من  $NO_x$  و  $SO_2$  تزداد مع تزايد سرعة الباص وكذلك تسارعه ويزداد  $SO_2$  مع تزايد الحمولة بينما يتناقص  $NO_x$ . أيضاً فيما يخص  $CO_2$  و  $C_xH_y$  فإن نسبتها تزداد مع تزايد السرعة والحمولة وتكون نسبة الهيدروكربونات عند الحمولة المنخفضة والمتوسطة أعلى منها لحالات الحمولة العالية. ولذلك نوصي:

بالعمل على جعل سرعة نقل الباص حوالي السرعة 30 km/h قدر الإمكان، وأن تكون الحمولة بين خمسة وعشرين راكباً وخمسين راكباً؛ لأن نسب الملوثات المنبعثة لهذه الحالة تكون أقل ما يمكن، كما أن تسارعات الانتقال من سرعة إلى أخرى يجب أن تكون متوسطة؛ لأن نسبة الانبعاثات الضارة تكون في حدودها الدنيا عند هذا التسارع. يمكن تطوير هذه الدراسة وتوسيعها مستقبلاً بحيث تأخذ بعين الاعتبار تأثير كل من حالة التوقف وميول الطريق والظروف البيئية من رطوبة ودرجة حرارة في نسبة الملوثات الصادرة من هذه الباصات.

### المراجع:

- 1- REXEIS, M.; HAUSBERGER, ST. "Heavy Duty Vehicle Emissions" ARTEMIS WP 400 Graz University of Technology final report, 2005, 176.
- 2- AHN, K.; RAKHA, H.; ASCE, M.; TRANI, A. and AERDE M. "Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Based on Instantaneous Speed and Acceleration Levels" Journal of Transportation Engineering / March/April 2002 182-190.
- 3- Environmental Protection Agency (EPA). "Transit Bus Load-Based Modal Emission Rate Model Development" EPA/600/R-07/106, 2007, 151.
- 4- Rakha, H.; ASCE, M. and YONGLIAN DING "Impact of Stops on Vehicle Fuel Consumption and Emissions" Journal of Transportation Engineering /January, February 2003, 23-31.
- 5- SCHLESINGER B.; KUNZLI N.; HIDY G. M.; GOTSCHI T.; JERRETT M. "The Health Relevance of Ambient Particulate Matter Characteristics: Coherence of Toxicological and Epidemiological Inferences" Inhalation Toxicology, Volume 18, Issue 2, February 2006, 95 – 125.
- 6- Federal Environmental Agency "Exhaust Gas Legislation for Passenger Cars Light-Duty Commercial Vehicles, and Heavy Duty Vehicles" Berlin, 2003, 4.
- 7- NAMDEO, A. and STRINGER, C. "Investigating the Relationship Between Air Pollution, Health and Social Deprivation in Leeds" UK Atmospheric Environment 34 issue 5, July 2008, 585-591
- 8- KUNZLI, N. R.; KAISER, S.; MEDINA, M.; STUDNICKA, O.; CHANEL, P.; FILLIGER, M.; HERRY, F.; HORAK, V.; PUYBONNIEUX-TEXIER, P.; QUENEL, J.; SCHNEIDER, R.; SEETHALER, J.C.; VERGNAUD and H. SOMMER, "Public-Health Impact of Outdoor and Traffic-Related Air Pollution: a European Assessment", Lancet 356, 2000, 795–801.

- 9- DOTRS, "*Regulation Impact Statement for Vehicle Emissions and Fuel Quality- Standards for the Post 2006 Period*" Department of Transport and Regional Services, 2004b, 111.
- 10- COLBERG, A. C.; TONA, B.; STAHEL, M. A.; MEIER, M.; and STAEHELIN, J. "*Comparison of A road Traffic Emission Model (HBEFA) with Emissions Derived from Measurements in the Gubrist Road Tunnel, Switzerland*" Atmospheric Environment 39 issue 26, August 2005, 4703-4714.
- 11- SAJAL, S.; POKHAREL, G.; BISHOP, A. AND DONALD H. S. "*An on-road Motor Vehicle Emissions Inventory for Denver: an Efficient Alternative to Modeling*" Atmospheric Environment 36 November 2002, 5177-5184
- 12- EL-SHAWARBY, I.; AHN K., RAKHA H., "*Comparative Field Evaluation of Vehicle Cruise Speed and Acceleration Level Impacts on Hot Stabilized Emissions*" Transportation Research Part D 10, 2005, 13–30.

