

# Environmental Impact Assessment of Tehran-Karaj Highway by Using Plants Indicators

Mustafa Nur Istanbuly<sup>1</sup> Bahman Jabbarian Amiri<sup>2\*</sup> Amir Hossein Hamidian<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Department of Sciences & Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*

*\*Corresponding author*

[istanbuly@ut.ac.ir](mailto:istanbuly@ut.ac.ir)

[jabbarian@ut.ac.ir](mailto:jabbarian@ut.ac.ir)

[a.hamidian@ut.ac.ir](mailto:a.hamidian@ut.ac.ir)

Submission date:- 1/4/2018	Acceptance date:- 23/4/2018	Publication date:- 16/7/2018
----------------------------	-----------------------------	------------------------------

## Abstract

Lead pollution is one of the negative impacts of roads on environment, which can be assessed using environmental impact assessment. As a study case, Tehran- Karaj highway was selected for studying environmental lead pollution in pine tree needles (plants indicators). Samples were collected from seven stations and five distances (0, 10, 20, 50, 100 meter). The results showed that transport has a direct effect on lead pollution in trees. The differences in lead concentrations were significant for both stations and distances. The average lead concentration was 11.34 mg/Kg in the station close to Tehran, and 3.8 mg/Kg in the closest station to Karaj. This is because heavier transfer and higher density of cars in Tehran compared to Karaj. The average Pb concentrations in the stations besides the highway was 8.77 mg/Kg and decreased to 6.57 mg/kg in stations located in 100 meter away from the highway. While the average Pb concentration in station E was 1.53 mg/Kg, it was decreased constantly in all distances, due to tree coverage. A conclusion, the analytical method of roads environmental impact assessment can be used effectively for monitoring Pb pollution. The pollution can be decreased by using pine trees and emphasis on using windbreakers.

**Keywords:** Environmental impact assessment, Lead pollution, Tehran- Karaj highway.

## تقييم الأثر البيئي للطريق السريع طهران - كرج باستخدام المؤشرات النباتية

مصطفى نور استانبولي<sup>1</sup> بهمن جباريان اميري<sup>2\*</sup> أمير حسين حميديان<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> قسم علوم وهندسة البيئة، كلية هندسة الموارد الطبيعية، جامعة طهران

\*الكاتب المسؤول

[a.hamidian@ut.ac.ir](mailto:a.hamidian@ut.ac.ir)

[jabbarian@ut.ac.ir](mailto:jabbarian@ut.ac.ir)

[istanbul@ut.ac.ir](mailto:istanbul@ut.ac.ir)

### الخلاصة

إن التلوث بالرصاص من الآثار السلبية للطرق على البيئة، والتي يمكن تقييمها باستخدام تقييم الأثر البيئي. كمنطقة للدراسة، تم اختيار الطريق السريع طهران كرج من أجل دراسة تلوث البيئة بالرصاص على الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر (مؤشرات نباتية). تم جمع العينات من سبع محطات وعلى خمسة مسافات (0، 10، 20، 50، 100 متر). أظهرت النتائج بأن للنقل أثر مباشر بالتلوث بالرصاص على أشجار الصنوبر. كان الاختلاف معنوياً للتلوث بالرصاص بين المحطات وبين المسافات. متوسط تركيز الرصاص لأقرب محطة من طهران 11.34 ميليغرام في الكيلوغرام وبمتوسط 3.8 ميليغرام في الكيلوغرام لأقرب محطة من كرج. هذا يعود للإزدحام الشديد وارتفاع كثافة السيارات في طهران وذلك بالمقارنة مع كرج. متوسط تركيز الرصاص جانب الطريق متوسطاً لجميع المحطات كان بمقدار 8.77 ميليغرام في الكيلوغرام وتناقص حتى 6.57 ميليغرام في الكيلوغرام على المسافة 100 متر من حافة الطريق. بينما كان تركيز الرصاص للمحطة 1.53 E ميليغرام في الكيلوغرام تناقص تركيز الرصاص بشكل ثابت على جميع المسافات وذلك بناء على التغطية الشجرية. كنتيجة، يمكن استخدام الطريقة التحليلية لتقييم الأثر البيئي للطرق بشكل فعال لمراقبة التلوث بالرصاص. يمكن التقليل من التلوث بالرصاص باستخدام أشجار الصنوبر والتأكيد على استخدام كاسرات الرياح.

**الكلمات المفتاحية:** - تقييم الأثر البيئي، التلوث بالرصاص، طريق طهران كرج.

### 1. مقدمة

ساعد تشييد وبناء الطرق الكبيرة خلال السنوات الأخيرة التنمية الصناعية والزراعية بشكل كبير، إضافة لكونه سهل بشكل كبير التعاملات التي تحتاج الانتقال من مكان لآخر، إلا أن الآثار السلبية للطرق لا يمكن غض البصر عنها أو إهمال العين عما تتركه من آثار على البيئة المحيطة بها. هذه الآثار السلبية تشمل التلوث بالمعادن الثقيلة أو بصورة أدق الملوثات السامة؛ كون اسم المعادن الثقيلة هو اسم تم استخدامه على نطاق واسع دون أي أساس علمي صحيح [1]. تنتقل هذه الملوثات عبر الهواء إلى التربة والماء والنباتات المحيطة بالطريق لتصبح جزءاً من السلسلة الغذائية، في النهاية سوف تصل هذه الملوثات إلى الإنسان والحيوان والنباتات اما مباشرة عن طريق الانتقال بالهواء أو غبار التربة، أو عن طريق غير مباشر بتلوث السلسلة الغذائية بها. من أهم هذه الملوثات التي ترد إلى البيئة الرصاص (Pb) كونه ناتج رئيسي عن عمليات حرق

الوقود الحاوي على الرصاص ضمن الآليات المنقلة على الطرقات [2] [3] في عام 1994 ميلادي تم قياس وتسجيل 28390 طن من الرصاص في الجو ضمن المناطق المحيطة بالطرقات السريعة وفي ذلك الوقت امتلك الاتحاد السوفيتي سهم 70% من هذا الملوث [4].

تركيز هذه الملوثات يكون بشكل كبير في المناطق المجاورة للطرقات بشكل مباشر ويقل هذا التركيز مع الابتعاد عن الحافة إلى الداخل بعيداً عن الطريق [5]. يرتبط تركيز الملوثات المتولدة عن الطرقات مباشرة بنوع الطريق إن كان رئيسياً أو فرعياً، كثافة الإزدحام على الطريق، عمليات تنظيم الطريق من إشارات المرور والتوقف والحركة، عمليات التخريب: لسطح الطريق وألوانه والطلاء، إطارات السيارات، الفرامل. إضافة لإحتراق واستهلاك الزيوت المستخدمة لتسهيل حركة الأجزاء المتحركة في الآليات على الطريق [6]، [7]، [8].

تشاهد الآثار البيئية للتلوث بالرصاص بشكل ملحوظ ضمن العشرة الأمتار الأولى من حافة الطريق ولكن هذه الآثار يمكن أن تمتد حتى المئتا متر ويرتبط ذلك بشكل أساس مع سرعة وجهة الرياح السائدة في المنطقة المحيطة بالطريق وحسب كثافة الإزدحام على الطريق [9]، [10]. تؤثر الأنشطة البشرية كالصناعة، الزراعة، البناء واستخدام الوقود الأحفوري بشكل كبير على دورة العناصر المعدنية في البيئة والطبيعة؛ خاصة التي تسبب التلوث مثل الرصاص [11]. إن معدن الرصاص ينتشر بشكل رئيسي من الوقود المستخدم في الآليات التي تسير على الطريق والحوي عليه وتختلف نسب تلوث البيئة المحيطة بالطريق حسب عدة عوامل ذكرت سابقاً وأهمها البعد عن حافة الطريق والإزدحام، هذا أدى لقلق كبير منذ عام 1970 حيث تم قياس تراكيز مرتفعة من الرصاص ناتجة عن حرق الوقود [12]. من الواجب ذكره أن التلوث الناتج عن الطرق ليست الرصاص فقط بل يوجد ملوثات أخرى مرافقة ناتجة عن إحتراق الوقود والتي منها الكاديوم، الكروم، النحاس، النيكل والزنك [13]. لكن الرصاص يمكن أن يعبر عنها كمؤشر دون إجراء تحليل لبقية العناصر، أي عند دراسة الرصاص ومعرفة حالته هذا كافي للتنبؤ بحالة بقية العناصر الملوثة الأخرى [14]. بعض الدول قامت باتخاذ إجراءات مهمة للتخفيف من إنبعاث الرصاص الناتج عن حرق وقود السيارات منذ أكثر من ثمانين عاماً وذلك عن طريق تعديل مازجات الهواء ومؤكسدات الوقود ضمن المحركات للحد ومنع إنبعاث الغازات الدفينة وحماية الأوزون ومنع إنبعاث الرصاص إلى البيئة المحيطة بالطرق [15].

يستطيع الرصاص الإنتقال عن طريق السلسلة الغذائية من التربة و النباتات إلى الإنسان إما بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر [16] هذا الإنتقال يؤثر حسب المحتوى في التربة و الماء على جميع أشكال الحياة ضمن السلسلة الغذائية والتي تبدأ بالنباتات ؛ حيث يؤثر الرصاص على العمليات الحيوية فيها ويسبب تشوهات أثناء الانقسامات الخلوية ، ومدى تأثير الرصاص يرتبط بشكل كبير بتركيزه ضمن البيئة المحيطة والتي تتأثر بدورها بمحتوى هذه البيئة من الرصاص وتلوثها وخصائصها الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية ، ويختلف تلقي آثار الملوثات ورد الفعل عليها حسب النوع المستقبل ونمط ووظائفه الحيوية [17].

يعتبر تقييم الأثر البيئي أداة من أجل التنمية المستدامة لاتخاذ خطوات في سبيل معرفة الآثار الناتجة عن أي مشروع وتحديد ما إن كانت إيجابية أو سلبية وتلافي الآثار السلبية على البيئة إما عن طريق إجراء المشاريع مع تعديلات أو تغييرات في شكل المشروع أو حتى إلغاء المشروع إن كانت آثاره خطيرة وغير قابلة للسيطرة والجبران [18]، أما إن كان المشروع قد تم ووصل إلى مرحلة الإستثمار كما في حالة الطريق السريع طهران

كرج ، فدور تقييم الأثر البيئي هنا هو تحديد الآثار السلبية والتنبيه لها لإتخاذ إجراءات تخفف منها أو تحمي من التعرض لها. في الجمهورية الإسلامية الإيرانية تم التصريح بأن الوقود المستخدم في محطات الوقود هو وقود خالي من الرصاص وهذا من سنوات طويلة وطريقة تقييم الأثر البيئي وسيلة لتبيان هذا. وسائل تقييم الأثر البيئي متعددة ومتنوعة وتشمل: إستمارات الإستبيان البسيطة والمعقدة، مصفوفة ليوبولد، طريقة تطبيق الخرائط، تحليل الأنظمة البيئية، تقييم القيمة الاقتصادية والطريقة التحليلية [18]. الطريقة المستخدمة في هذا البحث هي طريقة تقييم الأثر البيئي التحليلية والتي تقوم على مبدأ أخذ عينات من البيئة المحيطة وذلك على مسافات مختلفة من الطريق وضمن محطات أخذ عينات مختلفة من مدينة طهران إلى مدينة كرج ومقارنة النتائج المستحصل عليها مع التراكيز المسموحة عالمياً لهذا الملوث في المادة النباتية. تم إختيار دراسة الأغذية النباتية كونها تتأثر بالتلوث الناتج من الطريق بشكل مباشر والمنتقل عبر الهواء والمستقر على أوراق النباتات، وتم إختيار شجر الصنوبر (*Pine*) كونه من إريبات الأوراق مستديمة الإخضرار ومتوسط عمر الأوراق سنتين تقريباً بالإضافة إلى وسعة السطح النوعي الخارجي المستقبل للملوثات المنقلة عبر الهواء، حسب بعض المراجع فإن متوسط تركيز الرصاص ضمن أوراق الصنوبر غير المعرضة للتلوث وذات العمر سنة هو 0.2 ميلليغرام في الكيلوغرام، وللأوراق التي بعمر أكبر من سنة هو 0.5 ميلليغرام في الكيلوغرام [17] [19].

## 2. الهدف من البحث

الهدف الرئيسي للبحث يكمن في تحديد مقدار التلوث بالرصاص للطريق على البيئة المحيطة؛ للطريق السريع الواصل بين العاصمة مدينة طهران ومدينة كرج وذلك بقياس التلوث بالرصاص الناتج عن استخدام أنواع الوقود المختلفة ضمن الآليات المتحركة على هذا الطريق؛ من خلال فحص أوراق أشجار الصنوبر الأبرية والمزروعة على جانبي الطريق واستخدام هذا النبات كنوع للإعتماد عليه لمراقبة تلوث الطريق بالرصاص. من الأهداف الأخرى تحديد معنوية الإختلافات في التلوث بالرصاص على طول الطريق من مدينة طهران إلى مدينة كرج وذلك ضمن محطات أخذ العينات ومعرفة الاختلاف في مقدار تركيز الرصاص على مسافات مختلفة من حافة الطريق لتحديد المنطقة المثالية الغير ملوثة.

## 3. المواد والأساليب

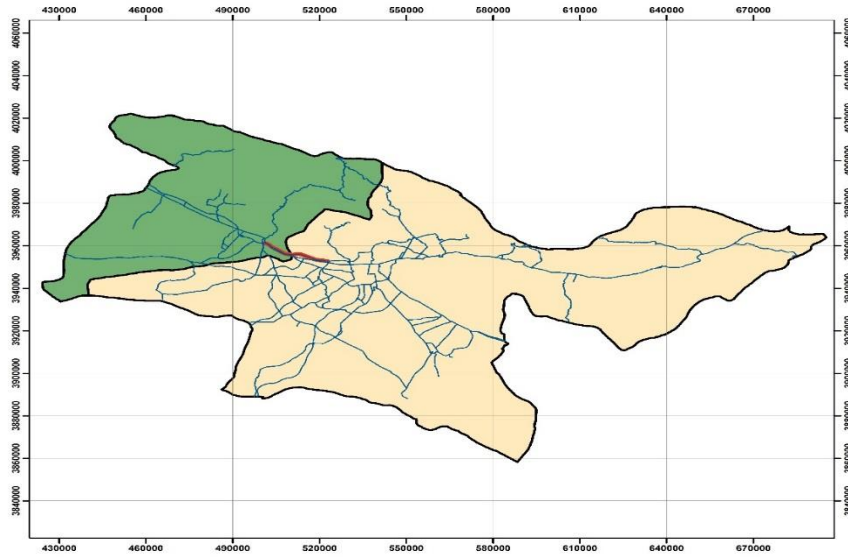
### 1.3. منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة على الطريق الرئيسي والسريع الواصل بين مدينة طهران ومدينة كرج في الجمهورية الإسلامية الإيرانية. يبلغ طول الطريق حوالي الأربعين كيلومتراً، تمتد حدود منطقة الدراسة بشكل دقيق بين محطة القطار السريع صادقية أو تهران قديماً ضمن مدينة طهران إلى جسر فرديس ضمن مدينة كرج في الغرب. وتشمل منطقة الدراسة الأغذية النباتية المتمثلة بأشجار الصنوبر المزروعة على جوانب الطريق. الشكل (1، 2، 3).

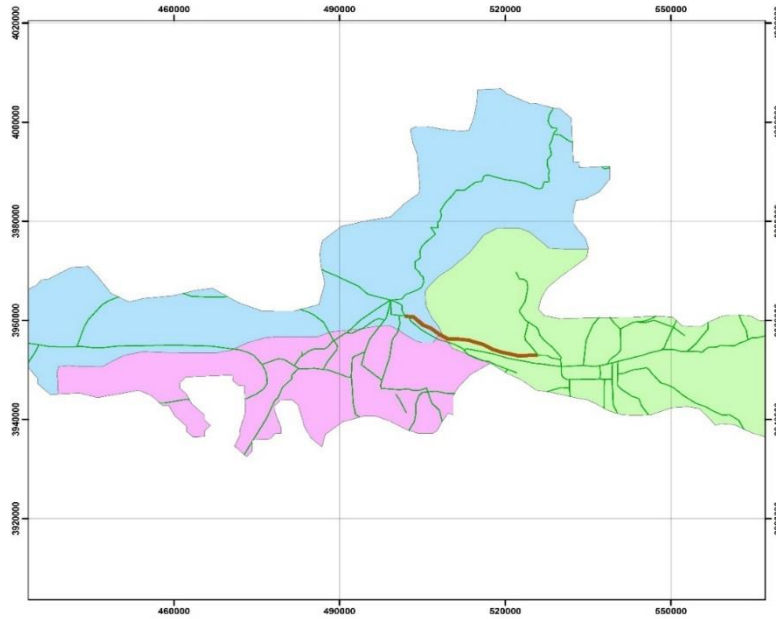


شكل (1): محطات أخذ العينات على طريق طهران كرج (طهران إلى يمين الصورة وكرج إلى يسار الصورة)

شرح الشكل: يمتد طريق طهران كرج من يمين الشكل إلى يساره بين العلامتين الموضحتين وتظهر محطات أخذ العينات والتي تم تحديدها بواسطة جهاز تحديد المواقع العالمية، من اليمين وعلى الترتيب محطات أخذ العينات (G – F – E – D – C – B) (H –). تم تهيئة الشكل لهذه الدراسة باستخدام جهاز تحديد المواقع العالمي وبرنامج Google Earth.



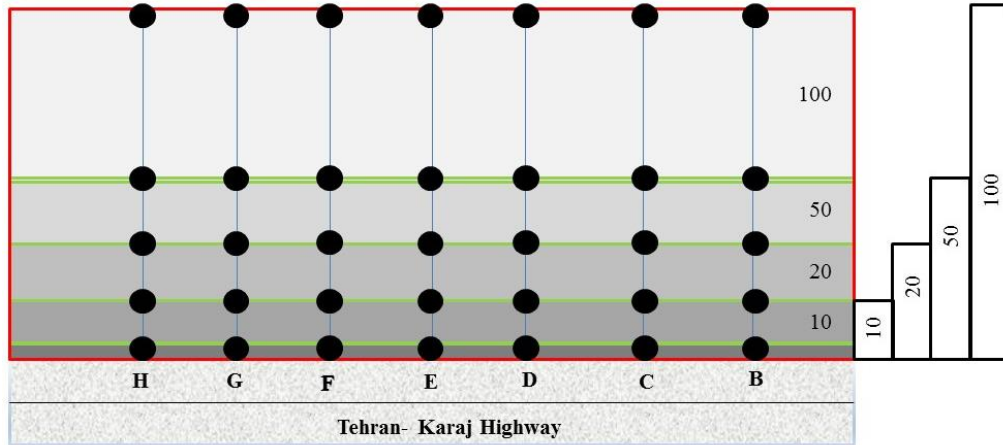
الشكل رقم (2): يبين الشكل موقع الطريق المهم بين محافظة طهران و محافظة البرز التي يصل بينها طريق طهران كرج، يظهر الطريق باللون الغامق وسط الخريطة (مقياس الخريطة 1/10000). تم تهيئة الشكل لهذه الدراسة باستخدام عدد من الخرائط المستحصل عليها من مديرية الغابات و تم تنظيمها و تعديلها بناء على احداثيات جهاز تحديد المواقع الجغرافية.



الشكل رقم (3): يظهر في الشكل مدينة طهران ومدينة كربلاء التي يصل بينها الطريق السريع، مدينة كربلاء إلى الشمال الغربي ومدينة طهران إلى الشرق وفي الجنوب الغربي مدينة شيراز. (مقياس الخريطة 1/10000). تم تهيئة الشكل لهذه الدراسة باستخدام عدد من الخرائط المستحصل عليها من مديرية الغابات وتم تنظيمها وتعديلها بناء على احداثيات جهاز تحديد المواقع الجغرافية.

### 2.3. طريقة الدراسة

تم انتخاب نوع الصنوبر كونه من الأشجار إبريات الأوراق والتي تمتلك عمر طويل بالمقارنة مع الأشجار متساقطة الأوراق وبهذا نستطيع إظهار التلوث في البيئة المحيطة بالطريق بشكل أوضح. بعد عدة جولات على مدار عام 2017 ميلادي وبعد قياس جهة الرياح الغالبة في المنطقة والتي كانت بعد موسم إنتهاء الأمطار في حزيران وخلال شهر حتى تموز جنوبية غربية (من جهة الجنوب الغربي إلى جهة الشمال الشرقي)؛ تم اختيار سبع محطات لأخذ العينات والتي كانت شمال الطريق موزعة من مدينة طهران حتى مدينة كربلاء وتم ترميزها على الترتيب من اليسار (A,B,C,D,E,F,G,H). وتم إختيار خمسة مسافات بالمتري عن الطريق وهي (0-10-20-50-100). تم أخذ العينات في شهر تموز من السنة 2017 وذلك لتجنب أثر الغسيل للملوثات بواسطة مياه الأمطار ولتكون العينات قدر الإمكان جافة [20]. أماكن محطات أخذ العينات تم انتخابها لتكون معبرة عن الأثر البيئي للطريق وبعيدة قدر الامكان عن أي أثر لمنابع ملوثات أخرى كالتقاطعات مع الطرق الأخرى، المناطق الصناعية والسكنية. أخذت العينات من أوراق الصنوبر (*Pine sp.*) ومن الفصيلة (*Pinaceae*) وذلك باستخدام مقص تقليم خاص وعلى ارتفاع الصدر ومن محيط كامل الشجرة وبشكل عشوائي لكل عينة وبعدها خلطت جيداً داخل مغلفات بلاستيكية ووضع رمز عليها شامل رمز المحطة ومقدار المسافة عن الطريق، ثم نقلت إلى المختبر وتركت لمدة ثلاثة أيام حتى تجف بشكل هوائي [21].



شكل رقم (4): طريقة توزيع مناطق أخذ العينات ضمن المحطات B - C - D - E - F - G - H (الدوائر السوداء والمصفوفة بشكل عامودي على محور الطريق السريع طهران- كرج ترمز لمناطق أخذ العينات للمسافات 0، 10، 20، 50، 100متر)

تم غسل جميع الأدوات المخبرية المستخدمة في تحضير العينات بالماء المقطر و تم وضعت لمدة 24 ساعة ضمن محلول حامضي بتركيز 4 % مكون من ماء مقطر 96 جزء ماء مقطر وأربعة أجزاء حمض النتريك ( $HNO_3$ ) وبعدها تم غسلها مجددا بالماء المقطر.

لتحضير العينات تم إحضار أوعية من الخزف الصيني (بوثة) والتي وضعت بالمجففة لمدة 12 ساعة ثم وزنت بعد التجفيف وسجل وزنها وهي خالية وبعدها تم وضع مقدار 2 غرام من العينات النباتية ضمن أوعية الخزف الصيني، ثم وضعت في فرن التجفيف لمدة 12 ساعة حتى جفت تماماً وبعد إخراجها أخذ الوزن الجاف لها وذلك لحساب تركيز الرصاص بالمليغرام في الكيلوغرام من المادة النباتية الجافة. في المرحلة التالية تم وضع العينات في الفرن على حرارة 450 درجة مئوية وذلك للحصول على الرماد من المادة النباتية الجافة؛ حيث تم رفع حرارة الفرن بشكل تدريجي بمعدل 50 درجة مئوية كل نصف ساعة حتى وصلت الحرارة الجمالية لحدود 450 درجة مئوية وأقيت الحرارة على هذه الدرجة لمدة ساعتين، ذلك لمنع إحتراق العينات النباتية وتأكسدها وتحولها للون الأسود (تفحم العينات مما يسبب انخفاض في نوعية المحلول المُعد للمراحل التالية). بعد المرحلة السابقة، نُقل الرماد إلى أنابيب اختبار بلاستيكية بحجم 50 مل وتم إضافة محلول حمضي للشروع بعملية الهضم للعينات وهذا المحلول مكوّن من ثلاثة أجزاء من حمض كلور الماء المركز ( $HCl$ ) وجزء من حمض النتريك المركز ( $HNO_3$ )، يعني أن النسبة كانت (3:1) ولهذه الدراسة أُستخدم 9 ميلي ليتر من حمض كلور الماء إلى 3 ميلي ليتر من حمض النتريك (هذا المحلول يدعى بالماء الملكي لإذابة جميع المعادن *Aqua Rigea*). تالياً وُضع المحلول الأسيدي الحاوي على الرماد المعدني في حمام مائي بحرارة 80 درجة مئوية لمدة 14 ساعة حتى هُضم المحلول بشكل كامل وأصبح بشكل رائق شفاف. ثم كُنّف حجم المحلول إلى الثلث ورفُع من الحمام المائي ليتم بعدها تصفيته بواسطة ورق فلتر من النوع ( $Chm-F2040$ ) وذات الخواص (بطيئة سرعة التصفية، فتحات ذات قطر 7-9 ميكرومتر، محتوى رماد أقل من 0.007 %) [22]. بعدها باستخدام بالونات زجاجية حجمية 50 ميلي ليتر تم زيادة حجم المحلول المستخلص إلى 50 ميلي ليتر بواسطة ماء مقطر حمضي بـحمض النتريك ( $HNO_3$ ) 1%. ثم نقلت المحاليل إلى أوعية بلاستيكية نظيفة تماماً وذات حجم 50 ميلي ليتر، ثم وضعت في البراد لحين إجراء تحليل تركيز معدن الرصاص فيها.

تم قياس تركيز معدن الرصاص ضمن المحاليل باستخدام جهاز الامتصاص الذري من النوع (OSK) 6564 ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER OGAWA SEIKI co. LTD (AN 180).

### 3.3. الطرق الإحصائية المستخدمة

تم استخدام طرق الإحصاء الوصفي الشاملة على (المتوسطات، الوسيط، الوسط، الإنحراف المعياري وإختبارات التوزيع الطبيعي Shapiro-Wilk) لمعرفة طبيعة وتوزيع قاعدة البيانات المستحصل عليها. من أجل معرفة الفروق المعنوية<sup>1</sup> والإرتباطات<sup>2</sup> والروابط والنمذجة تم استخدام اختبار (Kruskal-Wallis 1-way ANOVA) لكون البيانات لا تنتمي إلى التوزيع الطبيعي<sup>3</sup>.

## 4. المناقشة والنتائج

### 1.4. تركيز الرصاص في محطات أخذ العينات على طول الطريق من طهران إلى كرج

في الجدول رقم (1) والشكل رقم (5) تظهر تراكيز الرصاص بالمليغرام في الكيلوغرام وذلك بين المحطات المختلفة لأخذ العينات. أعلى متوسط تركيز للرصاص في المحطة الأولى القريبة من طهران بمقدار 11.34 ميليغرام في الكيلوغرام والتركيز الأعلى التالي للمحطة التالية وهذا متوقع كون هذه المنطقتين الأكثر إزدحاماً لأنهما مدخل للعاصمة طهران. وعلى العكس فإن أقل قيم كانت لآخر محطتين والقريبتان من مدينة كرج وبمقدار 3.8 ميليغرام في الكيلوغرام للمحطة الأخيرة والقريبة من مدينة كرج؛ هذا يعني أن التلوث ينخفض بالانتقال من مدينة طهران إلى كرج. طبعاً التركيز في المحطة الوسطى رقم 4 كان الأقل لكن هذه القيمة كانت بسبب الكثافة الشجرية العالية في هذه المنطقة والتي قامت بتوزيع الرياح الحاملة للتلوث لمسافات أكبر.

جدول رقم (1):متوسط تركيز الرصاص على نباتات محطات أخذ العينات		
رقم المحطة	رمز المحطة	متوسط تركيز الرصاص (mg\Kg)
1	B	11.34
2	C	10.19
3	D	4.86
4	E	1.53
5	F	5.57
6	G	3.55
7	H	3.80

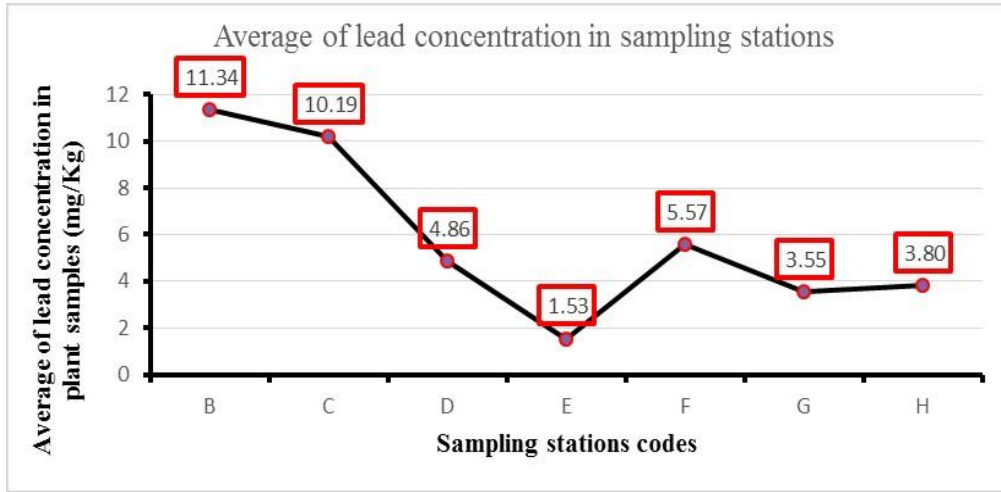
<sup>1</sup> - Difference's significant

<sup>2</sup> - Correlations

<sup>3</sup> - normal distribution, also known as the Gaussian or standard normal distribution



من الجدول رقم (2) كانت القيم بالترتيب (1.53، 3.55، 3.80، 4.86، 5.57، 10.19، 11.34) ميلليغرام في الكيلوغرام من أجل المحطات (B، C، D، E، F، G، H).



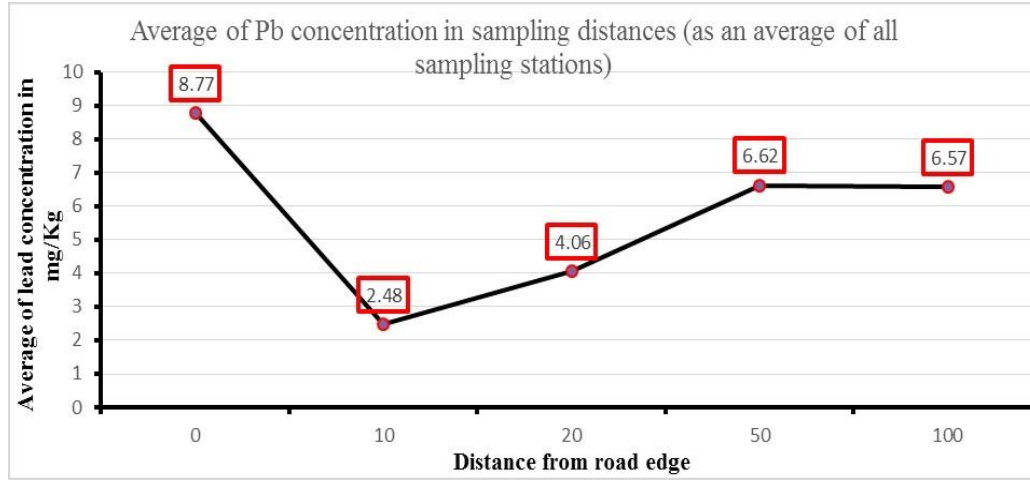
شكل (5): يُظهر المنحى في الشكل متوسط تركيز الرصاص المقاس في محطات أخذ العينات (متوسط لجميع المسافات) من اليسار جانب طهران إلى اليمين بالقرب من كرج بالميلليغرام في الكيلوغرام وذلك على أوراق الصنوبر

#### 2.4. تركيز الرصاص على مسافات مختلفة من حافة الطريق

بالنسبة للنتائج المسجلة لتركيز الرصاص على مسافات مختلفة من طرف الطريق، إن الجدول رقم (2) والشكل رقم (6) يحمل خلاصة عن ذلك ، ويظهر في هذا الجدول أنه تم تسجيل أعلى تركيز للفاصلة صفر أي للعينات المأخوذة مقابل الطريق مباشرة وينقص هذا التركيز مع زيادة المسافة وهذا دليل كافي بأن التلوث بالرصاص آتى من الطريق ولكن هذا الإنخفاض بالتركيز لم يكن بشكل خطي والسبب في ذلك مرة ثانية يعود إلى وجود جدار أو صف من أشجار الصنوبر ككاسر للرياح والتي كانت بارتفاع الثلاثة أمتار تقريباً وبناء على المتعارف عليه في كاسرات الرياح فإنها تحمي تقريباً حتى اثنا عشر ضعفاً مسافة خلفها من الرياح وذلك من طول هذه الأشجار وهنا تقريباً حتى مسافة أربعين متراً من حافة الطريق وهذا يفسر التراكيز المنخفضة للرصاص في المسافات 10 و 20 متر.

جدول رقم (2): متوسط تركيز الرصاص (كمتوسط لجميع المحطات) وذلك ضمن مسافات مختلفة عن الطريق		
رقم	مقدار المسافة بالمتر	تركيز الرصاص (mg\Kg)
1	0	8.77
2	10	2.48
3	20	4.06
4	50	6.62
5	100	6.57

من الجدول رقم (3) تراكيز الرصاص على الترتيب (8.77، 6.62، 6.57، 4.06، 2.48) ميليغرام في الكيلوغرام من أجل المسافات (0، 50، 100، 20، 10) متر.



شكل رقم (6): متوسطات تركيز الرصاص بالميلغرام في الكيلوغرام والمسجلة من عينات شجر صنوبر لمسافات مختلفة عن الطريق (0 - 10 - 20 - 50 - 100 متر)

إن النتائج السابقة تحتاج للمقارنة مع مراجع عالمية وذلك لمعرفة إن كان أثر الطريق ضمن الحدود المقبولة أو تجاوزها، وعند تجاوز الحدود المقبولة يجب إتخاذ اجراءات سريعة للحد من الأثار السلبية، الجدول رقم (3) يحتوي على قيم التراكيز المسموحة لتواجد الرصاص في النباتات بناء على بعض التقارير العالمية.

جدول رقم (3) - التراكيز المسموحة لتواجد الرصاص في النباتات بناء على بعض التقارير العالمية	
المؤسسة صاحبة التقرير	الحد الأعلى المجاز لتركيز الرصاص في النباتات (mg/Kg) في النباتات
[23] EU <sup>4</sup> 2005	10
[24] SEPA <sup>5</sup> 2005	9
[25] PFA 2014 <sup>6</sup>	2.5
[26] CODEX <sup>7</sup> 2014	0.3-1
Kabata-Pendias & Pendias [19] 2010	20-100

### 3.4. نتائج التحليل الإحصائي

في البداية تم تحليل البيانات لمعرفة نوع التوزيع الإحصائي لها هل هو تابع للتوزيع الطبيعي او غير الطبيعي بإستخدام اختبار (Shapiro-Wilk)، كانت النتيجة أن البيانات لا تتبع للتوزيع الطبيعي و كانت معنوية<sup>8</sup> الاختبار ( $P \leq 0.05$ ) و بناء على ذلك من أجل معرفة معنوية الفروقات بين المتوسطات تم استخدام

<sup>4</sup> - European Commission (EU)

<sup>5</sup> - State Environmental Protection Administration of China (SEPA)

<sup>6</sup> - Prevention of food Adulteration Act Indian (PFA)

<sup>7</sup> - CODEX Commission Alimentraius FAO

<sup>8</sup> - P value of Significant

إختبار (Kruskal-Walis) للبيانات غير البارامترية (التي لا تتبع التوزيع الطبيعي) و النتائج كما تظهر في الجدول رقم (4) لتحديد نوعية الإختلاف في قيم متوسطات تراكيز الرصاص بين المحطات من طهران إلى كرج ؛ هل هو معنوي إحصائياً و إن المحطات تختلف عن بعضها من حيث قيم التلوث ، او أن الإختلاف غي معنوي والتلوث على طول الطرق من طهران إلى مدينة كرج هو واحد. بينت النتائج أن النصف الأول للطريق والقريب من طهران يختلف معنوياً عن النصف الثاني للطريق والقريب من كرج، وأن المحطات القريبة من طهران (B و C) تختلف بشكل معنوي عن المحطة G والقريبة من كرج. يمكن الاستعاضة عن المحطات بعدد أقل من المحطات لمراقبة مستويات التلوث على الطريق وذلك لتقليل التكلفة والجهد، مثل الاستفادة من المحطتين الأولى B وما قبل الأخيرة G بدلاً من دراسة جميع المحطات.

جدول رقم (4): الفروق المعنوية بين متوسطات تركيز الرصاص المسجلة في محطات الدراسة				
Sig=P	الاختلاف من أجل ( $P \leq 0.05$ )	رمز المحطة	رقم المحطة	ترتيب الاختلافات المعنوية بناء على نتائج التحليل
0.000	معنوي	E-B	4-1	1
0.002	معنوي	E-C	4-2	2
0.002	معنوي	G-B	6-1	3
0.038	معنوي	G-C	6-2	4
0.038	معنوي	F-E	5-4	5
0.038	معنوي	H-B	7-1	6
0.05<	غير معنوي	-	بقية المحطات	7

أما بالنسبة لتغييرات المسافة عن حافة الطريق فأظهرت التحاليل الإحصائية أنه إحصائياً لا يوجد فرق معنوي بين المسافة صفر متر والمسافة 100 متر، والمسافة صفر متر كانت تمتلك فروق معنوية مع المسافات 10 و 20 متر، أما بين المسافتين 10 و 20 لا يوجد فرق معنوي فيمكن الاستعاضة عن إحدهما لتوفير الجهد والمال وينصح باستعمال المسافة 10 لأنها تمتلك فرقا معنوياً مع المسافة 50 متر، ومن الناحية الإحصائية يكفي الإستفادة من المسافة 10 و 50 متر لإجراء قياسات التلوث بالرصاص على هذا الطريق. من المهم متابعة دراسة المسافات الأخرى حتى مسافة 200 متر و 300 متر لمعرفة المدى الذي يصل إليه الأثر البيئي بالتلوث بالرصاص.

جدول رقم (5): الفروق المعنوية بين تراكيز الرصاص المسجلة ضمن مسافات مختلفة عن حافة الطريق			
Sig=P	الاختلاف من أجل (P≤0.05)	مقدار المسافة بالمتر	ترتيب الاختلافات المعنوية بناء على نتائج التحليل
0.000	معنوي	10-0	1
0.001	معنوي	20-0	2
0.001	معنوي	50-10	3
0.05<	غير معنوي	البقية	4

#### 4.4. تحليل الإرتباط بين تركيز الرصاص للمحطات المختلفة وبعُد المسافة عن الطريق

تم إعتداد تحليل معامل الإرتباط<sup>9</sup> (Kendall's Tau-b) كون البيانات لا تتبع للتوزيع الطبيعي. أظهرت النتائج أنه مع الإنتقال على المحطات من طهران إلى كرج هناك تغيير في تركيز التلوث بالرصاص (أي ان الاختلاف على طول الطريق ليس واحد وهناك رابطة خطية لهذا الاختلاف) وكانت قيمة معنوية الاختبار (P=0.01) أي ان الرابطة معنوية والتغيير في قيمة التلوث بالرصاص على طول الطريق ليس واحداً، ومقدار الارتباط لتغير التلوث مع الانتقال من طهران إلى كرج (\*\* -0.524)؛ إشارة السالب يعني أن متوسط تركيز الرصاص يقل بشكل معنوي من طهران إلى كرج وبمعامل إرتباط 0.524. أما بالنسبة للرابطة بين التغير في تركيز الرصاص على طول الطريق مع التغير في مقدار المسافة عن حافة الطريق فلم تكن هناك أي رابطة لهذا التغير وكل محطة تمتلك رابطة مختلفة عن الأخرى.

#### 5. الاستنتاجات

يلاحظ من النتائج أن النصف الأول من الطريق يحتوي على أكبر تركيز للرصاص بمتوسط مقداره 11.34 ميليغرام في الكيلوغرام و10.19 ميليغرام في الكيلوغرام، وذلك في المحطات (B,C)، أما في النصف الثاني للطريق أي باتجاه كرج فإن متوسط تركيز الرصاص هو أقل من النصف الأول. يمكن الإعتماد بناء على نتائج التحليل الإحصائي للإختلاف بين المحطات من حيث المعنوية على المحطتين C و G لمراقبة التلوث بالرصاص على الطريق وذلك لتوفير الجهد والمال الذي قد يكون كبيراً عند إجراء مراقبة لمستويات التلوث بالرصاص الناتج عن الطريق وتكرار العملية لسبعة محطات وخمسة مسافات؛ وهذا هو الهدف والنتيجة الأساسية من هذه الدراسات ألا وهو تعيين نقاط لمراقبة التلوث الناتج عن الطريق والتي يجب أن تكون معبّرة عن مقدار التلوث الفعلي وتوفر الجهد والمال وبهذا يمكن الاستغناء عن النقاط الأخرى والإكتفاء بعدد أقل من محطات أخذ العينات.

أقل تركيز للرصاص كان في المحطة (E) والتي إحتوت على أقل كثافة للغطاء العشبي العلفي وأكثر كثافة للغطاء الشجري، الذي يشكل تحته ظل يمنع نمو الأعشاب المرافقة والنباتات بشكل عام والتي تستطيع جذب الرصاص بواسطة جذورها والذي يبقى ضمن جذورها وأيضاً تستطيع إمتصاص الرصاص المنقلق بواسطة الهواء والترربة وهذا مشابه لنتيجة إحدى الدراسات [19] إلا أنه لم تكن الدراسة عن الطرق والبيئة المحيطة بها وكانت تشير فقط لاحتمال وجود رابطة بين عاملي الاختلاف في التغطية الشجرية ومتوسط تركيز

<sup>9</sup> - Correlation factor

الرصاص على الأشجار، أما في هذه الدراسة قد ثبت أن هناك رابطة بين هذين العاملين وكلما زادت التغطية الشجرية قل متوسط تركيز الرصاص على الشجرة الواحدة والسبب في ذلك توزيع الرياح المحملة بالملوثات على أشجار أكثر ومسافات أكبر، بالإضافة لما تم ذكره فإن جدار من الأشجار يستطيع كسر الرياح وحماية 10 إلى 15 ضعف مقدار ارتفاعه لمسافة خلفه من الأرض وإن كان هذا الجدار مشكل من صفين فإن هذه المسافة تصبح الضعف [27]؛ الرياح بشكل بديهي تكون محملة بالملوثات المنبعثة عن الطريق، وهذا يعني أن الكثافة الشجرية ساعدت على توزيع ونشر التلوث بالرصاص الناتج عن الطريق لمسافات أكبر مما جعل متوسط تركيز الرصاص منخفض في نقاط الدراسة وفي المناطق التي امتلكت صف من الأشجار مما ساعد على حماية المناطق التي تقع خلفها من التلوث ( المسافة 10 و20 متر عن حافة الطريق).

بالنسبة لمتوسط تركيز الرصاص للمحطات وعلاقته بتغير المسافة عن حافة الطريق؛ امتلكت المسافة صفر أو المنطقة المواجهة للطريق بشكل مباشر على أعلى تركيز للرصاص 8.77 ميليغرام في الكيلوغرام، ومع زيادة المسافة فإن تركيز الرصاص ينقص بالابتعاد عن منبع الملوث ويعني هذا أن أثر التلوث ناتج عن الطريق وبشكل أدق يمتلك الطريق أثر بيئي بالتلوث بالرصاص وهذه النتيجة؛ أي أنه للطريق أثر على البيئة المحيطة عندما يقل التلوث الناتج عنه مع الابتعاد عن مركز التلوث مشابهة من حيث المبدأ لعدد من الدراسات التي أجريت على عدة أنواع من الملوثات وفي أماكن أخرى [7] [14] [28] [29]، لكنهم لم يذكرو وجود عوامل أخرى تؤثر على أختلاف متوسط تركيز الملوثات مع التغير في المسافة؛ كالكثافة الشجرية مثلاً.

تفسير ودراسة نتائج التحليل الإحصائي أظهرت أن متوسط تركيز الرصاص بين المسافتين 0-10 امتلاك أعلى قيمة اختلاف معنوي ويأتي بعده الأختلاف في متوسط الرصاص للمسافات 0-20، 10-50 متر، أما الفرق بين المسافتين 10 و20 غير معنوي أي لا يوجد اختلاف من الناحية الإحصائية بين المتوسطين ونستطيع استبدال المسافة 20 بالمسافة 10 وبهذا تصبح الدراسة فقط للمسافات 10 و50 متر وبهذا يقل عدد النقاط المخصصة للمراقبة التالية لمستويات التلوث الناتجة عن الطريق، مع هذه النتيجة هناك توفير للجهد والتكلفة كون المراقبة سوف تنحصر في عدد أقل من المسافات الواجب إجراء تحليل لها.

كخلاصة تقييم الأثر البيئي للطريق السريع طهران كرج على البيئة المحيطة به؛ يمتلك الطريق تأثير سلبي على البيئة المحيطة به، ذلك بالتلوث بمعدن الرصاص الناتج عن حرق الوقود المستخدم في الآليات المنقلة على الطريق. إن أعلى متوسط تركيز للرصاص قد تم قياسه للفاصلة الأولى عن الطريق وبمقدار 8.77 ميليغرام في الكيلوغرام وأعلى قيمة تركيز رصاص لعينة قد تم تسجيلها كانت 18.75 ميليغرام في الكيلوغرام؛ بالمقارنة مع المسموح عالمياً، إن هذه القيم قد تجاوزت الحدود المسموحة (جدول رقم 3). وبناء على عينات نباتية فإن هذه النسبة قد تجاوزت بشكل كبير الحد الطبيعي بناء على الدراسات المذكورة لكاباتا بندياز [19]، هذا يعكس أن الوقود المستخدم يحتوي بشكل مؤكد على الرصاص رغم التأكيد على أن الوقود الموجود حالياً خالي تماماً من الرصاص. بناء على هذه الدراسة يمكن القول إنه للطرق آثار سلبية على البيئة المحيطة بها وقد تؤثر هذه الآثار على الإنسان الذي هو محور الإهتمام الأساسي أولاً وأخيراً سواء بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر ويجب مراقبة مستويات التلوث الناجمة عن هذه الطرق لحماية البشر المجاورين لها أو حتى منع تواجدهم بالقرب منها والتنبيه إلى أن الوقود المستخدم حتى هذه اللحظة يمتلك الرصاص الذي يشكل تهديداً حقيقياً على صحة البيئة المجاورة للطرق خاصة الكبيرة والسريعة منها.

## شكر وتقدير

الشكر الجزيل للأساتذة الذين أشرفوا على سير هذا البحث. أشكر أيضاً جميع الباحثين الذي ذكرتهم في المصادر والذين أخذت ملاحظاتي منهم وأخص بالإمتنان والتقدير لجنة التحكيم التي قيمت هذا العمل ورفعت من شأنه وأغننتني بالملاحظات القيّمة.

## References

- [1] Duffus J. H., "Heavy metals—A Meaningless Term", *pure and applied chemistry*, vol. 74, no. 5, p. 793–807, 2002.
- [2] Nabulo G., Oryem-Origa H. and Diamond M., "Assessment of lead, cadmium and zink contamination of roadside films and vegetables in kampala city, uganda," *Environmental Research*, vol. 101, no. 1, pp. 42-52, 2006.
- [3] Preciado H. F., Li L. Y. and Weis D., "Investigation of past and present multi-metal input along two highways of British Columbia, Canada, using lead isotopic signatures.," *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 184, no. 1-4, p. 127–139, September 2007.
- [4] Gromov S. and Emelina E., "Lead emission evaluation over the European part of the former Soviet Union," *Science of The Total Environment*, vol. 158, p. 135–137, 18, December 1994.
- [5] Sezgin N., Ozcan H. K., Demir G., Nemlioglu S. and Bayat C., "Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul, E-5 highway," *Environment International*, vol. 29, no. 7, p. 979–985, January 2004.
- [6] Sutherland R. and Tolosa C., "Multi-element analysis of road-deposited sediment in an urban drainage basin, Honolulu, Hawaii," *Environmental Pollution*, vol. 110, no. 3, p. 483–495, December 2000.
- [7] Werkenthin M., Kluge B. and Wessolek G., "Metals in European roadside soils and soil solution – A review," *Environmental Pollution*, vol. 189, pp. 98-110, June 2014.
- [8] Thorpe A. and Harrison R. M., "Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: A review," *Science of The Total Environment*, vol. 400, no. 1-3, p. 270–282, August 2008.
- [9] Bignal K. L., Ashmore M. R., Headley A. D., Stewart K. and Weigert K., "Ecological impacts of air pollution from road transport on local vegetation," *Applied Geochemistry*, vol. 22, no. 6, p. 1265–1271, June 2007.
- [10] Bernhardt-Römermann M., Kirchner M., Kudernatsch T., Jakobi G. and Fischer A., "Changed vegetation composition in coniferous forests near to motorways in Southern Germany: The effects of traffic-born pollution," *Environmental Pollution*, vol. 143, no. 3, p. 572–581, October 2006.
- [11] Bashkin V., Biogeochemical cycling of trace elements, Dordrecht ed., Moscow State University Russia: Springer, Dordrecht, p. 161–197, 2002.

- [12] Van Bohemen H. and Van De Laak W., "The influence of road infrastructure and traffic on soil, water, and air quality," *Environmental management*, vol. 31, no. 1, p. 0050–0068, Jan 2003.
- [13] Münch D., "Content profiles of arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, zinc, vanadium and polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) in forest soil beside an urban road," *Science of The Total Environment*, vol. 138, no. 1-3, p. 47–55, 30 September 1993.
- [14] Zhang H., Wang Z., Zhang Y., Ding M. and Li L., "Identification of traffic-related metals and the effects of different environments on their enrichment in roadside soils along the Qinghai–Tibet highway," *Science of the Total Environment*, vol. 521–522, p. 160–172, July 2015.
- [15] Courtney W., Rheingrover S., Pilotte J., Kaufmann H., Cahill T. and Nelson J., "Continuous observation of particulates during the general motors sulfate dispersion experiment," *J. Air Pollut. Control Assoc.*, vol. 28, no. 3, p. 225–228, 1/3/ 1978.
- [16] Adelasoye K. and Alamu L., "Accumulation of heavy metal pollutants in soil and vegetation and their effects on soil microbial population on roadsides in Ogbomoso, Nigeria," *Journal of Environmental Science and Water Resources*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [17] Kabata-Pendias A. and Pendias H., *Trace Elements in Soils and Plants*, Boca Raton London New York Washington, D.C: CRC Press, 2001.
- [18] Jabbarian Amiri B., *Environmental Impact Assessment*, Tehran: Tehran Press. 3469, 2014.
- [19] Kabata-Pendias A., *Trace elements in soils and plants*, Fourth Edition, Boca Raton United States of America: CRC Press, 2011.
- [20] Tamuly P. and Devi A., "Heavy metal contamination of roadside topsoil in some areas of Golaghat and Jorhat district along national highway-37, Upper Assam, India," *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES*, vol. 5, no. 2, pp. 472-481, 2014.
- [21] Swaileh K., Hussein R. and Abu-Elhaj S., "Assessment of heavy metal pollution in roadside surface soil and vegetation from the West Bank," *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 47, no. 1, pp. 23-30, Jul 2004.
- [22] Chmlab Group, *Filtration & microfiltration new possibilities in filtration*, Barcelona-spain: Chmlab Group, 2017.
- [23] Anonymous, "Reportes 87/EC of 5 December. European Commission Directive," European Union, Commission of the European Communitie, 2005a.
- [24] Anonymous, "The Limits of Pollutants in Food," State Environmental Protection Administration of China, Beijing, China, 2005c.

- [25] Anonymous, "The Prevention of Food Adulteration Act & Rules," Prevention of Food Adulteration Act Indian, india, 2014.
- [26] Anonymous, "Contaminants. CODEX Alimentarius Commission," Joint FAO/WHO Food Standards Program, Rome, Italy, 2014.
- [27] Wilson J. S. and Josiah J., "Windbreak Design," *NebGuide, University of Nebraska-Lincoln Extension- Institute of Agriculture and Natural Resources*, vol. G1304, p. G1304, march 2004.
- [28] Yan X., Gao D., Zhang F., Zeng C., Xiang W. and Zhang M., "Relationships between Heavy Metal Concentrations in Roadside Topsoil and Distance to Road Edge Based on Field Observations in the Qinghai-Tibet Plateau, China," *Environmental Research and Public Health*, vol. 10, no. 3, pp. 762-775, Mar 2013.
- [29] Guo G., L. M, C. T, S. B and L. X, "Effect of road traffic on heavy metals in road dusts and roadside soils," *Huanjing Kexue Xuebao / Acta Scientiae Circumstantiae*, vol. 28, no. 10, pp. 1937-1945, October 2008.