**جامعة دمشق**

**كلية الصيدلة**

**قسم تأثير الأدوية والسموم**

# دراسة وجود الرصاص في التربة في أماكن مختلفة من محافظتي دمشق وريف دمشق كأحد مؤشرات التلوث البيئي

# Study the presence of lead in the soil in different parts of the Governorates of Damascus and Damascus Countryside as one of the indicators of environmental pollution

بحث علمي أعد لنيل درجة الماجستير في علم السموم

إعداد الصيدلاني

زياد جحى

إشراف الأستاذ

الدكتور محمد عامر زمريق

مشاركة الأستاذة

الدكتورة ليلى مسوح

**الفهرس**


1. المقدمة Introduction ..... 6
1.1. ما هو الرصاص ..... 6
1.1.1. فلزات الرصاص ..... 6
2.1.1. الرصاص المعدني (اللاعضوي) ..... 6
3.1.1. الرصاص العضوي ..... 6
2.1. استعمالات الرصاص ..... 7
3.1. مصادر الرصاص ..... 7
1.3.1. المصادر الطبيعية ..... 7
2.3.1. المصادر ذات المنشأ البشري ..... 8
1.2.3.1. الرصاص في الغلاف الجوي ..... 9
2.2.3.1. الرصاص في المياه ..... 9
3.2.3.1. الرصاص في التربة ..... 10
4.2.3.1. الرصاص في الغبار ..... 12
4.1. طرق التعرض ..... 13
1.4.1. الرصاص في الطلاء (الدهان) ..... 13
2.4.1. الرصاص في التربة ..... 13
3.4.1. الرصاص في الغبار ..... 14
4.4.1. الرصاص في الغذاء ..... 14
5.4.1. الرصاص في الماء ..... 14
6.4.1. الرصاص في الهواء ..... 14
7.4.1. الرصاص في أماكن العمل ..... 14
8.4.1. المصادر الرئيسية لتعرض الأطفال للرصاص ..... 15
5.1. سمية الرصاص ..... 15
1.5.1. عوامل الخطورة ..... 15
2.5.1. الحركية السمية للرصاص ..... 16
3.5.1. التوافر الحيوي للرصاص Bioavailability of lead ..... 16
4.5.1. التسمم بالرصاص ..... 17
1.4.5.1 التسمم الحاد ..... 17
2.4.5.1. التسمم المزمن ..... 17
5.5.1. التسمم عند البالغين ..... 19
1.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجملة العصبية ..... 19
2.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجملة القلبية الوعائية ..... 19
3.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجهاز التناسلي ..... 19
4.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الكلية ..... 20

.5.5.5.1 الآثار السامة النفسية والعقلية للرصاص ..... 20
.6.5.5.1 الآثار السامة للرصاص على الجهاز الهضمي ..... 20
.6.5.1 التسمم عند الأطفال ..... 21
.1.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على الدم ..... 22
.2.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على الجهاز العصبي ..... 22
.3.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على النمو ..... 23
.4.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على الإدراك ..... 24
.5.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على السلوك ..... 24
.6.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على السمع والبصر ..... 24
.7.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على العضلات ..... 24
.8.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على الجهاز الهضمي ..... 24
.9.6.5.1 الآثار السامة للرصاص على الكلية ..... 25
.6.1 التدابير العلاجية والوقائية ..... 25
.7.1 معايرة الرصاص ..... 27
.8.1 الرصاص في أتربة الشوارع والحدائق في المناطق الحضرية ..... 28
.9.1 التباين الحاصل بين دول العلم في مواجهة خطر التعرض للرصاص ..... 35
.10.1 التكاليف الاقتصادية للتسمم بالرصاص ..... 36
.2 هدف البحث Aim of study ..... 38
.3 جمع العينات ..... 40
.1.3 الإجراءات المتبعة في جمع العينات ..... 42
.4 الأجهزة والمحاليل المستخدمة ..... 44
.5 العمل المخبري ..... 46
.1.5 تحضير العياريات ..... 46
.2.5 تحضير عينات التربة ..... 48
.6 النتائج ..... 50
.1.6 قياس تركيزات الرصاص بالعينات (ppm) ..... 50
.1.1.6 العينات التي تم أخذها من شوارع رئيسية وشوارع فرعية تابعة لها ..... 50
.2.1.6 العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية ..... 52
.3.1.6 العينات التي تم أخذها من الحدائق المخصصة للعب الأطفال ..... 53
.4.1.6 العينات التي تم أخذها من بعض الشوارع الواقعة في مدينة دمشق بغرض دراسة تأثير غزارة السير على تركيز الرصاص فيها ..... 54
.5.1.6 العينات التي تم أخذها من الشوارع الريفية ..... 57
.6.1.6 العينات التي تم أخذها من مناطق بعيدة عن أي نشاط بشري يمكن أن يسبب التلوث بالرصاص ..... 57
.2.6 حساب عامل الإغناء Enrichment factor (EF) ..... 58
.1.2.6 العينات التي تم أخذها من شوارع رئيسية وشوارع فرعية تابعة لها ..... 59

2.2.6. العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية .....60
3.2.6. العينات التي تم أخذها من الحدائق المخصصة للعب الأطفال .....61
4.2.6. العينات التي تم أخذها من بعض الشوارع الواقعة في مدينة دمشق بغرض دراسة تأثير غزارة السير على عامل إغناء الرصاص فيها .....62
3.6. حساب عامل التلوث Contamination factor (CF) .....63
1.3.6. العينات التي تم أخذها من شوارع رئيسية وشوارع فرعية تابعة لها.....64
2.3.6. العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية .....65
3.3.6. العينات التي تم أخذها من الحدائق المخصصة للعب الأطفال .....66
4.3.6. العينات التي تم أخذها من بعض الشوارع الواقعة في مدينة دمشق بغرض دراسة تأثير غزارة السير على عامل تلوث الرصاص فيها .....67
6.6. حساب دالة التراكم الجيولوجي (Igeo) *Geoaccumulation index* .....68
1.4.6. العينات التي تم أخذها من شوارع رئيسية وشوارع فرعية تابعة لها.....69
2.4.6. العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية .....70
3.4.6. العينات التي تم أخذها من الحدائق المخصصة للعب الأطفال .....71
4.4.6. العينات التي تم أخذها من بعض الشوارع الواقعة في مدينة دمشق بغرض دراسة تأثير غزارة السير على دالة التراكم الجيولوجي للرصاص فيها .....72
7. مناقشة النتائج .....73
8. الاستنتاج .....90
9. التوصيات .....92
10. المراجع .....104

# الدراسة النظرية

# 1. المقدمة Introduction

## 1.1. ما هو الرصاص؟

الرصاص معدن ثقيل لونه رمادي مزرقّ، درجة انصهاره منخفضة قابل للطرق والتصفيح بسهولة يمكن أن يدمج مع معادن أخرى لتشكيل السبائك. يُستعمل الرصاص بسبب هذه الخصائص منذ آلاف السنين كما يدخل بشكل واسع الآن في كثير من المنتجات مثل البطاريات والأصبغة والدهانات وصناعة الزجاج والأوزان والذخيرة وتلبيس الكابلات والملابس الواقية من الإشعاعات.

الرمز الكيميائي للرصاص هو Pb اختصارا للاسم اللاتيني للرصاص (Plum bum). العدد الذري للرصاص 82 والوزن الذري 207,2، كثافة الرصاص 11,34، درجة انصهاره 327,46 درجة مئوية وذلك وفقاً لمنظمة الصحة العالمية[1].

يشكل الرصاص الخام 0,005% من قشرة الأرض وذلك وفقاً منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية [2].

### 1.1.1. فلزات الرصاص

من أكثر فلزات الرصاص شيوعاً:

- سلفيد الرصاص (Galena)
- كبريتات الرصاص (Anglesite)
- كربونات الرصاص (Cerussite)
- كلورو أرسينات الرصاص (Mimetite)
- كلورو فسفات الرصاص (Pyromorphite) [1]

### 2.1.1. الرصاص المعدني (اللاعضوي)

يتواجد الرصاص المعدني في الدهان والتراب والغبار. تختلف ألوان الرصاص اللاعضوي بحسب مركباته، وأكثرها شيوعاً الرصاص الأبيض (كربونات الرصاص )، والرصاص الأصفر (كرومات الرصاص وأول أكسيد الرصاص )، والرصاص الأحمر (رباعي أكسيد الرصاص) [1].

### 3.1.1. الرصاص العضوي

من أشهر مركبات الرصاص العضوي :

- ✓ خلات الرصاص لها طعم حلو.
- ✓ رباعي إيتيل الرصاص هو الشكل المضاف إلى وقود المركبات كمضاد للانفجار.

تمتص الأشكال العضوية للرصاص عن طريق الجلد مما يجعلها خطيرة جدا، كما أنها تسبب أذية عالية في الجهاز العصبي المركزي أكثر من الرصاص اللاعضوي.

إن احتراق الرصاص العضوي المضاف إلى الوقود يؤدي إلى تحرر الرصاص في الغلاف الجوي [1].

## 2.1. استعمالات الرصاص

يستعمل الرصاص في الصناعات التالية

- صناعة البطاريات بأنواعها
- إضافة رابع إيتيل الرصاص إلى وقود السيارات سابقاً
- صناعة السبائك :حيث يخلط مع القصدير والأنتموان والنحاس والزنك .
- تلبيس الكابلات
- الذخيرة.
- صناعة الأقنية والأنابيب التي تستعمل لنقل مياه الشرب
- صناعة أحرف الطباعة
- استعمال مركبات الرصاص وخلائطه في صناعة الزجاج والكريستال
- استعمال أملاح الرصاص كمواد ملونة: كبريتات الرصاص ذات لون أبيض، كبريتيت الرصاص ذو لون أسود، كرومات الرصاص ذات لون أصفر، كربونات الرصاص ذات لون أبيض.
- بعض الصناعات الصغيرة مثل تصليح الأدوات الإلكترونية باستخدام اللحام الرصاصي، وأعمال الرسم المنزلية، وتصليح السيارات [3,2].

## 3.1. مصادر الرصاص

### 1.3.1. المصادر الطبيعية

يتواجد الرصاص في الأرض منذ أقدم العصور الجيولوجية، حيث يتواجد في قشرة الأرض بشكل طبيعي بقيمة تتراوح بين 5 و50 مكغ/غ.

يتحرر الرصاص إلى سطح الأرض من خلال حوادث طبيعية متعددة تتضمن الحتّ والتعرية والنشاطات البركانية. تؤدي عوامل الحت والتعرية إلى تحرر الرصاص إلى التربة

والمسطحات المائية على سطح الأرض. تلعب هذه الحوادث الطبيعية دوراً هاماً في دورة الرصاص الطبيعية . غير أنّه من النادر أن تؤدي الحوادث الطبيعية إلى تركيزات مرتفعة من الرصاص، على سبيل المثال الأتربة المشتقة من الصخور الفحمية السوداء (السجيل الأسود) black shales يصل تركيز الرصاص فيها إلى 200 مكغ/غ [2].

يبين الجدول التالي (الجدول رقم 1 ) القيم الطبيعية لتركيز الرصاص في الماء والهواء والتربة والطعام وفق تقييم مجلس البحث القومي الأمريكي (NRC 1980) [4].

**الجدول 1. القيم الطبيعية لتركيز الرصاص في التربة والماء والهواء والطعام**

| الوسط | التركيز الطبيعي |
|---|---|
| الماء | 0.005 – 10 مكغ/ل |
| التراب | 5 – 25 مكغ/ غ |
| الهواء | 0.001 – 0.1 مكغ/ م$^3$ |
| الطعام | 0.0001 – 0.1 مكغ/غ |

### 2.3.1.المصادر ذات المنشأ البشري

تحرر الأنشطة البشرية الرصاص من قشرة الأرض ليستقر في الأوساط البيئية مما يزيد من تعرض البشر والنظم البيئية للرصاص. كما يتحرر الرصاص إلى البيئة من خلال عمليات الصهر المعدني والتعدين، ومن خلال إنتاج أو استعمال أو تكرير المركبات الحاوية على الرصاص، وكذلك طرح النفايات الحاوية على الرصاص واحتراق الوقود والخشب.

يعد الغلاف الجوي المستقبل الأول لانبعاثات الرصاص في البيئة.

أدت إضافة رابع إيتيل الرصاص إلى الوقود المستخدم للسيارات إلى زيادة تحرر الرصاص إلى الغلاف الجوي، مما دعا العديد من الدول إلى منع إضافته إلى الوقود.

زاد الاستهلاك العالمي للرصاص في الفترة الأخيرة بسبب الطلب المتزايد على مركبات النقل عالية الكفاءة. والاستخدام الأكبر للرصاص في هذه الأيام هو استخدامه في بطاريات السيارات والمركبات الأخرى، وقد تجاوز هذا الاستخدام حالياً استخدامه في الوقود في معظم الدول.

تؤدي بعض الصناعات والحرف الصغيرة إلى التعرض للرصاص. تتضمن هذه الصناعات؛ تصليح الأدوات الالكترونية باستخدام اللحام الرصاصي، وأعمال الرسم المنزلية وتصليح السيارات. حيث تشكل هذه الحرف أحياناً المصدر الوحيد لدخل كثير من الأسر الفقيرة.

تتركز المصادر الثابتة والمتحركة للرصاص في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية وقرب مصانع الصهر المعدني. تنتقل انبعاثات الرصاص في الغلاف الجوي إلى أوساط بيئية أخرى حيث يترسب الرصاص في التربة والمياه السطحية وعلى الأجزاء الهوائية للنباتات ومن ثم ينتقل إلى الحيوان والإنسان [2].

### 1.2.3.1. الرصاص في الغلاف الجوي

يتعرض البشر إلى الرصاص المنبعث في الغلاف الجوي بشكل مباشر عبر الاستنشاق. إذ تقوم الرياح بنقل الرصاص الموجود في الغلاف الجوي إلى بقية الأوساط البيئية التي يتعرض لها البشر والتي تتضمن الغبار والهواء والتراب والماء والغذاء، فينتقل الرصاص عبر الهواء باتجاه الريح محمولاً على جزيئات الغبار. ومن الملاحظ أن معظم جزيئات الرصاص الموجودة في الغلاف الجوي ذات منشأ بشري، حيث تُشكّل انبعاثات السيارات التي تستخدم الوقود الحاوي على الرصاص المصدر الأكبر للرصاص الموجود في الغلاف الجوي. كما تُعد السيارات من أهم المصادر المتحركة للرصاص وكذلك القطارات والقوارب والطائرات والمَركبات الزراعية. يكون معظم الرصاص الناتج عن البنزين الحاوي على الرصاص نتيجة احتراقه داخل المحرك، وبعض الرصاص المتحرر يأتي من أبخرة البنزين أثناء التزود بالوقود. انخفض الرصاص المنبعث من احتراق البنزين الحاوي على الرصاص نتيجة الإقلال من استخدام رابع إيتيل الرصاص في السنوات الأخيرة. يُشكل الرصاص المنبعث من مصانع المعادن المصدر الثاني للرصاص المنبعث في الغلاف الجوي بعد السيارات [2].

### 2.2.3.1. الرصاص في المياه

يتواجد الرصاص في المياه السطحية والباطنية بشكل طبيعي بنسب زهيدة جداً.

إلا أن نحو 97000 - 180000 طن من الرصاص يدخل سنوياً إلى الأنظمة المائية في كل أنحاء العالم، وهي صادرة عن المخلفات الصناعية وعمليات التعدين والصهر المعدني والتكرير وأوحال مياه المجاري، وكذلك من الرصاص المنبعث في الغلاف الجوي.

إن نصف نسبة الرصاص الموجودة في الماء آتية من الغلاف الجوي.

يكون تركيز الرصاص في الأنهار التي تجري في أرض غنية بالمعادن أكثر بعشر مرات من الأنهار التي تجري على أرض غير غنية بالمعادن [2].

### 3.2.3.1. الرصاص في التربة

يُشتق الرصاص الموجود في التربة في المناطق الريفية بشكل رئيسي من المصادر الجيولوجية الطبيعية، وتركيز الرصاص يعكس نوع الصخور التي تشتق منها هذه التربة. يصل تركيز الرصاص في بعض الصخور مثل الصخور السوداء إلى 200 مكغ /غ، والصخور الفسفاتية غنية بالرصاص يصل تركيز الرصاص فيها إلى 50 مكغ /غ. أما التربة المشتقة من الصخور المعدنية فإن التركيز الطبيعي للرصاص فيها يتراوح بين مئة وعدة ألاف مكغ /غ.

يبقى الرصاص المتراكم في التربة ثابتا لفترة طويلة حيث أنه لا يتدرك. لذلك فإن تركيز الرصاص في التربة السطحية يعكس بشكل كبير النشاطات البشرية التي تؤدي إلى زيادة تركيز الرصاص في التربة مثل النشاطات الصناعية والزراعية والحضرية.

قدرت منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية كمية الرصاص التي تتراكم في التربة سنوياً بين 808000 و1893000طن[2]. المصادر الرئيسية للرصاص في التربة هي الرصاص المترسب من الغلاف الجوي، ورمي المنتجات التجارية الحاوية على الرصاص ،وحرق الفحم والمخلفات الحضرية.

انخفض التركيز السنوي للرصاص في التربة منذ عام 1983 نتيجة تناقص الرصاص المنبعث من المركبات بسبب تناقص استخدام البنزين الحاوي على الرصاص.

يختلف تركيز الرصاص في التربة بين منطقة وأخرى اختلافاً كبيراً ويعتمد ذلك على طبيعة المواد المنبعثة، والموقع المرتبط بالرواسب الصناعية والحضرية وانبعاثات السيارات.

يتعلق تركيز الرصاص في التربة على جانبي الشوارع بكثافة السير حيث يزداد بزيادته وينقص بنقصانه، والظروف الجوية مثل اتجاه الرياح، والنباتات الموجودة على جانبي الطريق مثل وجود أشجار عالية تصطدم بها جزيئات الغبار الحاملة للرصاص، والطبوغرافيا حيث يختلف تركيز الرصاص في التربة فيما لو كان أحد جانبي الطريق سهلاً أو وادياً أو جبلاً. يتناقص تراكم الرصاص في التربة بشكل عام كلما زاد البعد عن الشارع، وكلما زاد عمق التربة. فالتركيز الأعظمي للرصاص في التربة يكون على بعد أول عشرة أمتار من الشارع وعلى عمق من 1 إلى 5 سم. كما يتأثر توزع الرصاص في التراب على جانبي الطريق بالبعد عن الطريق، ، وكثافة السير، والشروط المناخية، وحالة نمو النباتات.

بالنسبة إلى المصادر الثابتة مثل التعدين والصهر المعدني التي تسبب التلوث بالرصاص فإن تركيز الرصاص في التربة يتوقف على معدل تحرره من هذه المصادر وتوزعه، ويتوقف على معدل ترسبه. وبشكل عام يتناقص تركيز الرصاص في التربة بالابتعاد عن المصدر. حيث يكون تركيز الرصاص عادة في التربة أعلى ما يكون على بعد أول 3 كم من المصدر.

يؤدي تعدين وتخزين ونقل الخامات المعدنية المحتوية على الرصاص إلى زيادة تركيز الرصاص في البيئة المحيطة.

كمية الرصاص المتراكم في التربة الصادر عن عمليات التعدين ومخلفات الصهر المعدني تساوي تقريباً كمية الرصاص المتراكم نتيجة المصادر الاخرى مجتمعة. لقد حدثت عدة حوادث تلوث محلية وإقليمية متكررة كافية لجلب اهتمام واسع للتركيز على موضوع تلوث التربة بالرصاص.

ويؤدي استمرار تراكم أوحال الصرف الصحي في التربة إلى زيادة تركيز الرصاص فيها وهذه الزيادة تختلف باختلاف نوع النفايات التي تحويها هذه الأوحال. يساهم الدهان الحاوي على الرصاص في زيادة تركيز الرصاص في التربة. يتواجد الرصاص في التربة بأشكال متعددة إما محلولاً أو مدمصاً على سطوح الدبال الطيني أو مترسباً [2].

**الرصاص المنتقل من التربة إلى النبات**

يؤثر التركيز الكلي للرصاص في التربة على محتوى النبات من هذا المعدن. هناك إجماع بين العلماء بأن النبات يأخذ كمية قليلة من الرصاص الموجود في التربة. لا تتوقف كمية الرصاص الممتصة من قبل النبات فقط على المحتوى الكلي للرصاص في التربة بل أيضاً على شكله الكيميائي.

ينتقل الرصاص من التربة الملوثة بالرصاص من مصادر غير عضوية كالصهر المعدني والتعدين إلى النباتات المزروعة فيها بسهولة أكبر من التربة الملوثة بالرصاص من مصادر الصرف الصحي. هناك عوامل أخرى تؤثر على امتصاص النباتات للرصاص من التربة مثل خصائص التربة ونوع النبات.

وتعتبر درجة حموضة التربة pH من أهم العوامل المؤثرة على انحلالية الرصاص في التربة، وبالتالي على التوافر الحيوي للرصاص في النبات، كما تكون النباتات الورقية مثل الخس والملفوف أكثر قابلية لامتصاص الرصاص من النبات الجذرية مثل الجزر والفجل. ليست التربة المصدر الوحيد للرصاص في النباتات بل الغلاف الجوي يعد أيضا مصدراً للرصاص في النباتات حيث تترسب جزيئات الرصاص على الأجزاء الظاهرة للنباتات [2].

الجدول التالي (الجدول رقم 2) يبين كمية الرصاص التي تتراكم في التربة سنوياً ومساهمة كل مصدر في هذا التراكم[5].

**الجدول 2. كمية الرصاص المتراكمة في التربة سنوياً**

| المصدر | الكمية مقدرة ب كغ x $10^6$ في السنة |
|---|---|
| النفايات الزراعية ونفايات الطعام | 27 -1.5 |
| النفايات الحيوانية | 20 – 3.2 |
| نفايات الأخشاب | 8.2 - 6.6 |
| المخلفات الحضرية | 62 -18 |
| الصرف الصحي | 9.7 -2.8 |
| النفايات العضوية | 1.6 - 0.02 |
| جزيئات الفحم المتطايرة | 242 – 45 |
| الأسمدة | 2.3 - 0.42 |
| الخبث | 2 -0.45 |
| نفايات المنتجات التجارية | 390 – 195 |
| الرصاص المترسب من الغلاف الجوي | 263 – 202 |
| النفايات الصلبة | 11 – 4.1 |
| التعدين | 390 -130 |
| نفايات الصهر المعدني | 390 -195 |
| المجموع الكلي | 1893 -808 |

### 4.2.3.1. الرصاص في الغبار

هناك تزايد في تركيز الرصاص في العقدين الأخيرين في داخل البيوت وخارجها. يكون التعرض للرصاص الموجود في الغبار إما عن طريق الهضم، وهذا ما يحدث عند الأطفال غالباً، أو عن طريق التنفس.

إن أكبر مصادر تلوث الغبار في الخارج هي احتراق البنزين الحاوي على الرصاص، والمصادر الثابتة كالتعدين والصهر المعدني. والمصدر الأكبر لتلوث الغبار داخل البيوت هو تقشر الدهان الحاوي على الرصاص.

يتواجد الرصاص في الغبار بشكل أساسي على شكل كبريتات وكمية قليلة على شكل هاليدات.

على عكس الرصاص في التربة الرصاص في الغبار متحرك، ويتناقص تركيزه في الغبار إذا تناقص انبعاثه من المصدر، وإذا ترسب، أو أزالته الرياح، أو تم تنظيف البيوت والشوارع [2].

## 4.1. طرق التعرض

طرق تعرض البشر الأساسية للرصاص هي الهضم والاستنشاق (الماء والطعام والدهان والتراب والغبار).

تختلف أهمية أي مصدر من مصادر التعرض للرصاص باختلاف الموقع الجغرافي والمناخ والكيمياء الأرضية والنشاطات الصناعية. كما تختلف كثافة التعرض التي يواجهها الفرد باختلاف العمر والجنس والمهنة والغذاء والثقافة. كما تختلف كمية الرصاص الداخلة إلى الجسم باختلاف تركيز الرصاص وشكله الكيميائي وحجم جزيئاته [2].

### 1.4.1. الرصاص في الطلاء (الدهان)

منعت العديد من بلدان منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) أو حددت استعمال الرصاص في الدهان المستخدم لطلاء المنازل، لكن يبقى هناك المخزون الضخم للمادة الملوثة في الأبنية القائمة التي تم استخدام الدهان الحاوي على الرصاص لطلائها.

يكون الأطفال بشكل خاص معرضين للتلوث بالرصاص الموجود في الدهان حيث أنهم قد يمضغون الطلاء المتقشر أو قد يبتلعون الغبار الناتج عن الطلاء القديم المتدهور وقد يبتلعون التربة الملوثة بالدهان المتدهور والتي تكثر في الحدائق المنزلية [2].

### 2.4.1. الرصاص في التربة

يمكن أن يكون الأطفال على احتكاك مع التربة الملوثة بالرصاص عندما يلعبون خارج بيوتهم فيعلق على ألبستهم وأحذيتهم.

تحتفظ التربة بالرصاص على شكل معقدات عضوية أو على شكل أكاسيد مائية قريبة من السطح. تتوقف حركية الرصاص بالتربة على pH التربة ومحتواها العضوي. بشكل عام الرصاص ثابت نسبيا في التربة وبالتالي ينقص توافره البيولوجي في البشر وبقية الكائنات الحية المعرضة له وتزيد فترة بقائه في التربة [2].

### 3.4.1.الرصاص في الغبار

يحدث التعرض للرصاص في الغبار عن طريق ابتلاعه، خاصة عند الأطفال أو باستنشاق الغبار المعلق في الجو. يعد الابتلاع العارض للغبار والتراب بوضع اليد الملوثة بالغبار والتراب بالفم المصدر الرئيسي لتعرض الأطفال للرصاص [2].

### 4.4.1.الرصاص في الغذاء

يكون التعرض للرصاص في الغذاء عن طريق تناوله. حيث يتعرض الغذاء للرصاص بأحد الأمور التالية :

- المصادر الطبيعية للرصاص.
- ترسب جزيئات الرصاص المحمولة في الهواء على المحاصيل والعلف والتراب والماء.
- حصاد ومعالجة ونقل وتخزين الطعام [2].

### 5.4.1.الرصاص في الماء

يؤثر الشكل الكيميائي والفيزيائي للرصاص في الماء تأثيراً كبيراً على سميته. فشاردة الرصاص المنحلة تتحرك بسرعة، وتنتقل بسهولة إلى جسم الإنسان إذا ما ابتلعت، أما الجزيئات المعلقة الكبيرة من الرصاص فحركتها بطيئة و امتصاصيّتها مُنخفضة إذا ما ابتلعت [2].

### 6.4.1.الرصاص في الهواء

يمكن أن يتعرض الفرد للرصاص عن طريق الاستنشاق، ويتعلق تأثُّره بالرصاص المستنشق على حجم الجزيئة المستنشقة. فالجزيئات الصغيرة التي قطرها أصغر من 2.5 مايكرو متر تنتقل إلى الدم عبر الأسناخ الرئوية وتكون نسبة امتصاصها إلى المجرى الدموي 100%. أما الجزيئات التي قطرها يتراوح ما بين 10 – 25 مايكرو متر فتترسب في الرغامى ومنطقة الأنف والبلعوم وبالتالي يمكن أن تُبتلع لتصل إلى الجهاز الهضمي.

تُقدر نسبة الامتصاص عند البالغين ب 10% وعند الأطفال بِ 50% [2].

### 7.4.1.الرصاص في أماكن العمل

لُوحِظ تعرض العمال للرصاص في صناعات مختلفة مثل صناعة الأصبغة اللاعضوية و صناعة سبائك النحاس والبرونز وصناعة البطاريات وصناعة المكثفات الإلكترونية وورش تصليح السيارات وصناعة الزجاج وصناعة الذخيرة وترميم البيوت المطلية بالدهان الحاوي على الرصاص.

يمكن أن يحدث تعرض شبه مهني للرصاص وذلك عندما يُحمل الرصاص على جزيئات الغبار، وبالتالي ينتقل بسهولة إلى خارج منطقة العمل (ملابس وأحذية العمال) إلى أماكن سكنهم مما يجعل الزوجة والأولاد معرضين للرصاص [2].

### 8.4.1.المصادر الرئيسية لتعرض الأطفال للرصاص

- الرصاص المضاف للوقود.
- الرصاص الناتج عن بعض الصناعات مثل التعدين (خاصة في التربة).
- الدهان و الأصبغة الحاوية على الرصاص.
- معلبات الطعام.
- صقل السيراميك.
- شرب المياه الجارية في أنابيب رصاصية.
- الرصاص في بعض المنتجات مثل ألعاب الأطفال.
- الرصاص المتحرر عند حرق النفايات الحاوية على الرصاص.
- الرصاص في النفايات الالكترونية.
- الرصاص في السلاسل الغذائية عن طريق التربة الملوثة بالرصاص.
- التلوث بالرصاص في المواقع التي كانت سابقاً مكاناً لصناعات تسبب انبعاثات رصاصية[1].

## 5.1. سمية الرصاص

### 1.5.1.عوامل الخطورة

العوامل التي تزيد من خطر التسمم بالرصاص :

- العمر: احتمالية التعرض للرصاص عند الرضع والأطفال الصغار أكبر من احتمالية التعرض له عند الأطفال الأكبر سناً، كما ذكر سابقاً يمكن أن يمضغ الأطفال الصغار قطع الدهان المتقشر كما يمكن أن تتلوث أيديهم بالتراب الحاوي على الرصاص. يكون امتصاص الرصاص عند الأطفال الصغار أسهل من امتصاصه عند الأطفال الأكبر سناً والبالغين.
- العيش في بيوت قديمة لأنها تحوي على بقايا الدهان الحاوي على الرصاص.
- بعض المهن مثل صناعة الزجاج الملون تتطلب استخدام اللحام الرصاصي.
- يكون خطر التسمم بالرصاص عند سُكّان البلاد النامية أعلى لأن قواعد الحماية من التعرض للرصاص عندهم أقل صرامة من البلدان المتطورة [6].

### 2.5.1.الحركية السمية للرصاص

يدخل الرصاص اللاعضوي الجسم عن طريق الفم و الاستنشاق و الجلد، ولكن طريق الجلد أقل هذه الطرق أهمية.

يمتص الأطفال 40% – 50% من الرصاص المأخوذ عن طريق الفم، بينما يمتص الكبار 3% – 10% من الرصاص المأخوذ عن طريق الفم. يحدث امتصاص الرصاص اللاعضوي بشكل أساسي في منطقة الاثني عشري .

توزع الرصاص في الجسم لا يعتمد على طريق دخوله إليه، يذهب 94%من الرصاص الممتص عند البالغين إلى العظام، أما عند الأطفال فيذهب 73% فقط من الرصاص الممتص إلى العظام. ويذهب الرصاص الموجود في الدم بشكل أساسي إلى الكريات الحمراء. يمكن للرصاص أن ينتقل من الأم إلى جنينها عبر المشيمة، كما يمكن أن ينتقل من الأم إلى رضيعها عن طريق الحليب.

يتضمن استقلاب الرصاص اللاعضوي تشكيل معقدات مع جزيئات بروتينية و جزيئات غير بروتينية. تُستقلب مركبات الرصاص العضوي في الكبد عبر تفاعل نزع الألكيل التأكسدي (Oxidative dealkylation) بواسطة أنزيم السيتوكروم أوكسيداز P450.

يُطرح الرصاص بشكل أساسي عن طريق البول والغائط بغض النظر عن طريق التعرض. يُشكّل كل من اللعاب والأظافر والشعر وحليب الثدي طرقاً ثانويةً للإطراح.

تحتاج إزالة نصف كمية الرصاص الموجودة في الدم إلى ثلاثين يوماً، أما إزالة نصف كمية الرصاص الموجدة في العظام فتحتاج إلى سبعة و عشرين سنة [7].

### 3.5.1.التوافر الحيوي للرصاص Bioavailability of lead

امتصاص الرصاص المعدني والذي يتراوح قياس جزيئاته بين 180- 250 مايكرو متر أقل من امتصاص أملاح الرصاص والتي قياس جزيئاتها حوالي 50 مايكرو متر.

تكون كربونات الرصاص أكثر امتصاصاً وذلك بسبب انحلاليتها العالية في العصارة المَعديّة.

أهم العوامل التي تلعب دوراً هاماً في انحلالية الرصاص هي pH السائل الذي يتواجد فيه، حيث تم في أحد التجارب قياس انحلالية أملاح كبريتات الرصاص والتي يبلغ قطر جزيئاتها 90 مايكرو متر في عدة محاليل (الماء واللعاب وسائل مشابه للعصارة المعدية) فكانت غير منحلة في الماء واللعاب وكانت انحلاليتها في السائل المشابه للعصارة المعدية تفوق 800 مرة انحلاليتها في الماء واللعاب [8].

### 4.5.1. التسمم بالرصاص

#### 1.4.5.1 التسمم الحاد

يعتبر التسمم الحاد بأملاح الرصاص أمراً نادراً، وكذلك استعماله بقصد الانتحار أو لأغراض إجرامية و ذلك بسبب الطعم المقيت لأملاح الرصاص . غير أن التسمم العرضي أكثر انتشارا مما يعتقد للوهلة الأولى، وتكون هذه الحالات في معظم الأحيان غير واضحة المنشأ والأسباب .

**أبرز أسباب التسمم الحاد**

استعمال أملاح الرصاص كما كان يحدث في الماضي لدى النساء بقصد الإجهاض .

ابتلاع الأطفال كميات كافية من أنواع الدهان التي تطلى بها ألعابهم.

تلوث الأغذية بشوارد الرصاص، نتيجة وضع هذه الأغذية في أوعية يدخل في تركيبها الرصاص. ومن الجدير بالذكر أن الخاصّة الهامّة التي تُميّز أملاح الرصاص هي سهولة انحلالها في الأملاح العضوية الضعيفة (كأملاح حمض الخل وأملاح حمض الليمون مثلاً)، والتي تعتبر السبب الأساسي في مُعظم أنواع التسمم الحاد بالرصاص. إذ يكفي أن تبقى الأغذية أو المياه ذات التفاعل الحمضي الضعيف فترة كافية من الزمن على تماس مع الأوعية أو أقنية تحوي الرصاص حتى تصبح هذه المواد محتوية على كميات مؤذية من الرصاص ونذكر على سبيل المثال؛ أن تناول لحوم الحيوانات التي تم اصطيادها برصاص الصيد والتي عولجت بمرق أو بسوائل ذات تفاعل حمضي يمكن أن تؤدي إلى تسمم حاد بالرصاص.

إن الجرعة المميتة للإنسان العادي هي 1غ فقط من أملاح الرصاص القابلة للانحلال (الخلّات مثلاً) [3].

#### 2.4.5.1. التسمم المزمن

إن خاصّة أخذ الرصاص من الوسط من قبل المُتعضّيات وتراكمه في نُسجها خلال فترة طويلة من الزمن تجعل من الرصاص مثالاً نموذجياً للمواد التي تسبب التسمّم المزمن.

يسبب أخذ مقدار 1ملغ فقط من الرصاص يوميّاً وخلال فترة طويلة نسبياً أضراراً في الجسم غير قابلة للعكس وبدون ظهور أية أعراض تدعو إلى القلق في معظم الحالات.

ويُعرف التسمّم المزمن بالرصاص تقليديّاً باسم الأسربيّة، ويقع في مصدرين اثنين: مهني، وغذائي عرضي.

أــ التسمم المزمن المهني: يحدث نتيجة وجود الرصاص في الوسط الذي يعمل فيه العمال في الصناعات التي تستخدم الرصاص لأغراض مختلفة.

ذلك أن الرصاص يمكن أن يصل إلى الجسم عن طريق جهاز الهضم، نتيجة وجود الرصاص في غبار المصنع كما يمكن أن يصل عن طريق الرئتين نتيجة استنشاق أبخرة الرصاص أو تنفس الهواء الملوث بجزيئات دقيقة جداً من الرصاص.

و من الصناعات التي يصادف فيها التسمم المزمن المهني: صناعة الاسفيداج، استخلاص الرصاص، صناعة المدخرات الكهربائية، الطباعة، تحضير رابع إيتيل الرصاص، وصناعة طلاء الأخشاب والجدران. كما يمكن أن يصادف التسمم المزمن المهني في صناعات أخرى مختلفة كصناعة الكاوتشوك والصناعات الخاصة باستخلاص المعادن، وحتى لدى المزارعين الذين يستعملون زرنيخات الرصاص كمبيد للطفيليات الزراعية.

ب ــ التسمم المزمن الغذائي: يرجع السبب الأساسي في التسمم المزمن الغذائي بالرصاص إلى الخاصة الهامة التي يتصف بها هذا المعدن وهي الانحلال الذي يعانيه الرصاص عندما يكون على تماس مع محاليل الحموض حتى الضعيفة منها وبخاصة الحموض العضوية التي تصادف عادة في المواد الغذائية المختلفة، هذا وتتناسب سمية أملاح الرصاص طرداً مع قابلية انحلالها في العصارة الهاضمة.

ينجم التسمم المزمن الغذائي بالرصاص عن تناول مياه الشرب ذات التفاعل الحمضي الضعيف (درجة الحموضة بحدود 6) والتي تأتي بأقنية من الرصاص من الينابيع ذات الطبيعة الغرانيتية. ويمكن تحت تأثير الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون الذي تحويه هذه المياه، أن يصبح تركيز الرصاص في مثل هذه المياه إذا ما بقيت مدة كافية في أنابيب التوزيع بضع ميلي غرامات في اللتر الواحد.

بالإضافة إلى أن استعمال الأنقاض الخشبية المطلية بدهان يدخل في تركيبه الرصاص كوقود في تصنيع الخبز قد أدى إلى حدوث عدد كبير من حالات التسمم المزمن بالرصاص. كما أن استعمال أخشاب السفن القديمة للغرض نفسه قد تسبب بالكثير من حوادث التسمم المزمن.

كما تنتج حوادث التسمم المزمن عن تناول أطعمة تحوي حموضاً عضوية كانت قد وضعت في أوعية أو غلفت بصفائح يدخل الرصاص في تركيبها [3].

### 5.5.1.التسمم عند البالغين

يحدث تأذي خطير ودائم في الصحة إذا تجاوز تركيز الرصاص في الدم 80 مكغ / 100 مل، كما يحدث تأذي خطير بالصحة ولكن دون ظهور أعراض واضحة عندما يكون تركيز الرصاص في الدم بين 40 - 80 مكغ / 100 مل [9].

#### 1.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجملة العصبية

- اعتلال دماغي Encephalopathy
- نزوف دماغية
- اعتلال نفسي حركي
- اعتلال الجملة المحيطية الوعائية
- بطء سرعة التوصيل العصبي
- رعاش
- مذل Paresthesia وهو حدوث خدر ونمل في الجلد ناتج عن حدوث اعتلال عصبي محيطي [10,11,12].

#### 2.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجملة القلبية الوعائية

- ارتفاع الضغط الشرياني
- فقر الدم وانخفاض مستوى الهيموغلوبين
- حدوث خلل في عمل الصفيحات
- تراكم البروتوبورفرين في الكريات الحمراء
- تراكم الآلانين في البول
- زيادة احتمال حدوث الوفاة بسبب نوبة قلبية [10,13]

#### 3.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجهاز التناسلي

- التأثير على عمل الخصية.
- انخفاض تعداد النطاف.
- وهن النطاف (ضعف القدرة الحركية للنطاف )
- ازدياد عدد النطاف الشاذة.
- ضعف الانتصاب.
- انخفاض التستسترون في الدم.

- العقم.
- التأثير على المبايض.
- نقص الغريزة الجنسية.
- التأثير على الغدة النخامية[10,14,15,16].

### 4.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الكلية

- اعتلال كلية رصاصي مزمن.
- التهاب الكلية الألبوميني الذي يسبب الموت.
- متلازمة فانكوني Fanconi Syndrome .
- ارتفاع حمض البول في الدم.
- ارتفاع ضغط الدم الكلوي.
- زيادة تركيز الكرياتينين في البول[10,17].

**آلية السمية الكلوية**

يتراكم الرصاص في النُبيب الداني proximal tubule مما يؤدي إلى فرط حمض اليوريك وأيضاً إنقاص التصفية الكلوية renal clearance وإعادة الامتصاص النبيبي والترشيح الكبيبي glomerular filtration [18].

عندما يكون تركيز الرصاص في الدم أكبر من 40 مكغ/100 مل تزداد خطورة الإصابة بالفشل الكلوي. وعندما يكون تركيز الرصاص في الدم أقل من 40 مكغ/100 مل تزداد خطورة حدوث خلل في وظيفة الكلية وتنخفض قدرة الكلية على القيام بوظائفها على أكمل وجه. هناك تناسب عكسي بين تركيز الدم في الرصاص ومعدل الترشيح الكبيبي [19].

### 5.5.5.1. الآثار السامة النفسية والعقلية للرصاص

- اكتئاب وقلق
- اختلال التركيز
- حدوث قصور في الذاكرة قصيرة الأمد
- قصور في وظيفة الإدراك [10]

### 6.5.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجهاز الهضمي

- فقدان الشهية
- آلام بطنية

- غثيان
- إمساك وإسهال
- فقدان وزن [10,12]

### 6.5.1. التسمم عند الأطفال

يكون خطر التعرض للرصاص عند الأطفال أكبر منه عند البالغين، وكذلك الآثار السامة عندهم أكبر.

<u>يكون خطر تعرض الأطفال للرصاص عالياً نظراً للأمور التالية:</u>

- يتعرض الأطفال للرصاص أثناء الحمل إذا ما تعرضت له الأم:

يتحرر الرصاص المتراكم في عظام المرأة الحامل ويعبر بسهولة إلى الجنين، فيكون تركيز الرصاص في الدم عند الأم والجنين متساويين، والرصاص الموجود في دم الجنين ينتقل إلى دماغه بسهولة عبر الحائل الدماغي الدموي غير الناضج.

- يأكل الأطفال طعاماً أكثر ويشربون ماء أكثر ويتنفسون هواء أكثر مما يأكله ويشربه ويتنفسه البالغون لكل واحد كيلوغرام من وزنهم.
- الأطفال عندهم حب الاستكشاف، ومن الأساليب التي يستخدمونها لاستكشاف الأشياء التذوق، حيث يضعون الشيء الغريب في فمهم دون أن يدركون خطورة ذلك، وقد يبتلعون التراب أثناء لعبهم في الحديقة.
- يمضي الأطفال وقتاً طويلاً في بيئة منفردة كالبيت مثلاً [20].
- يكون على الأرجح عند الأطفال أعواز تغذوية مثل الحديد والكالسيوم تؤدي إلى الامتصاص المتزايد للرصاص [21].
- ضعف تحكمهم بظروف بيئتهم [21].

<u>التأثير السمي للرصاص عند الأطفال أكبر من التأثير السمي للرصاص عند البالغين وذلك للأمور التالية:</u>

- تنمو الخلايا الدماغية عند الأطفال وتتطور وتتمايز بسرعة عالية، والرصاص يتداخل مع هذه العمليات المعقدة والحساسة، وبالنتيجة يتلف الدماغ. عقابيل تلف الدماغ المسببة بالتسمم المزمن بالرصاص غير قابلة للعكس ولا يمكن معالجتها. هذه الحساسية العالية للدماغ تمتد من المراحل الجنينية إلى مرحلة الرضاعة إلى الطفولة المبكرة [22,23]. التعرض المبكر للرصاص ينقص من قدرة الأفراد على تجاوز الأذيّات العصبية في فترة لاحقة من الحياة [24].

- الجهاز الهضمي عند الأطفال يمتص الرصاص المتناول بنسبة تزيد عن 50%، بينما عند البالغين تكون نسبة امتصاص الرصاص 10% [1].
- التعرض المزمن للرصاص عند البالغين قد لا يظهر أي أذية في الجهاز المناعي، لكن إذا كان التعرض للرصاص خلال تطور ونمو الجهاز المناعي وذلك في مرحلة الطفولة فإن ذلك سيؤدي إلى تعطيل المناعة في مرحلة لاحقة من الحياة وذلك لا يظهر إلا عند إجهاد الجهاز المناعي [25]، حيث أن التعرض لجرعة منخفضة من الرصاص باستمرار والذي يبدو آمناً يسبب تأثيرات ضارة لا تظهر في الفحص السريري الاعتيادي[26].

### 1.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على الدم

فقر الدم هو العرض السريري التقليدي لتوضع الرصاص على الكريات الحمراء. ترتبط شدة وانتشار فقر الدم الناتج عن تأثير الرصاص بشكل مباشر بتركيز الرصاص في الدم. عوز الحديد عند الأطفال يزيد من خطورة فقر الدم المحرض بالرصاص. يحدث فقر الدم المحرض بالرصاص بشكل أساسي بسبب حدوث اختلال في صناعة الهيم حيث يثبط الرصاص عمل الأنزيمات التي تحوي زمره السلفهيدريل (التيول) SH ، وبالتالي يثبط عمل الأنزيمات المسؤولة عن صناعة الهيم والحاوية على زمرة السلفهيدريل، على سبيل المثال حمض دلتا أمينو ليفولينك (δ-aminolevulinic acid dehydratase)
وفيروكيلاتاز (ferrochelatase) وهو المسؤول عن ارتباط بروتوبورفيرين بالحديد لتشكيل الهيم. كما يمكن أن يلاحظ زيادة في معدل الكريات الحمراء المحطمة [3,27].

### 2.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجهاز العصبي

في الجهاز العصبي المحيطي peripheral nervous system تكون محاور العصبونات المحركة هي الهدف الرئيسي لسمية الرصاص. إذ يسبب الرصاص تبدلات مرضية قي هذه الأليات والتي تتضمن اعتلال عصبي مزيل للميالين (مادة دهنية تتركب من البروتين والشحم الفوسفوري وهي تغلف المحوار في بعض الخلايا العصبية)، وتنكس محواري، وشلل العضلات الباسطة، وتحدث هذه الأذيات في حالة التسمم المزمن للرصاص.

في الجهاز العصبي المركزي central nervous system (CNS) يسبب الرصاص إعتلال دماغي حاد قاتل، والذي يتضمن ترنح وغيبوبة واختلاجات في حالة التسمم الحاد (إذا أصبح تركيز الرصاص في الدم 100 مكغ/100 مل) [28,29]. كما يسبب ضعفاً للوظائف السلوكية العصبية عند الأطفال في الجرعات المنخفضة والتي لا تسبب اعتلالاً دماغياً [30].

كما يلاحظ انخفاض معامل الذكاء عند الأطفال الذين يتعرضون للرصاص. حيث يفقد الطفل ربع إلى نصف درجة من معامل الذكاء (intelligence quotient (IQ كلما زاد تركيز الرصاص في الدم 1 مكغ /100 مل بين 10 و 20 مكغ / 100 مل [31].

عندما يكون تعرض السكان للرصاص واسع الانتشار، بحيث يسبب انخفاضاً في متوسط معامل الذكاء، يحدث زيادة كبيرة في عدد الأطفال المتأخرين عقلياً، فتكون النتائج على الشكل التالي:

أ. زيادة كبيرة في عدد الأطفال الذين يؤدون أداء سيئاً في مدارسهم، والذين يتطلبون تعليماً خاصاً وبرامج علاجية أخرى، والذين قد لا يساهمون بشكل فعال في المجتمع عندما يصبحون بالغين.

ب. انخفاض القدرة على قيادة البلاد في المستقبل.

ت. وجود فجوة اجتماعية واقتصادية واسعة بين البلدان التي تتعرض لمستويات عالية من الرصاص، والبلدان التي تتعرض لمستويات منخفضة من الرصاص [30].

**<u>آلية السمية العصبية للرصاص</u>**

إحدى آليات السمية العصبية للرصاص تكمن في قدرة الرصاص على طرد الشوارد ثنائية الشحنة الموجبة مثل الزنك والكالسيوم من مقراتها في المكائن الجزيئية للإنسان لتحل محلها [32]. في معظم الحالات، يستطيع الرصاص الارتباط بألفة عالية أكثر من الكالسيوم والزنك بمقرات البروتينات الرابطة. هذه التفاعلات تسمح للرصاص بالتأثير على عمليات حيوية هامة مختلفة تتضمن النقل العصبي واستقلاب الطاقة و الاستموات وعمليات أنزيمية متنوعة والإشارات داخل الخلايا والإشارات بين الخلايا والتعليمات الوراثية والتئام الخلية واصطناع البروتين. يبدو أن تأثير الرصاص على قنوات الغشاء الشاردية والجزيئات المسؤولة عن نقل الإشارة يساهم بشكل كبير في السمية العصبية للرصاص.

الجهاز العصبي المركزي عند الأطفال الصغار حساس جداً، حيث يكون جهازهم العصبي المركزي في حالة نمو وتمايز[33].

### 3.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على النمو

- تأخر النمو العصبي مما يؤثر على بعض الفعاليات مثل القيام والقعود والمشي والكلام.
- انخفاض معدل النمو.
- ضعف النظام الإفرازي للغدة الدرقة والغدة النخامية .
- تخلخل العظام في مرحلة لاحقة من الحياة.
- نقصان الوزن [10,34].

### 4.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على الإدراك

- انخفاض معامل الذكاء.
- عوز في وظائف الإدراك.
- صعوبة التعلم .
- نقص الأداء التربوي.
- نقص القدرة على القراءة والحساب وضعف الذاكرة القريبة حتى في مستويات أقل من 10 مكغ / 100 مل [10,35,36].

### 5.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على السلوك

يؤثر التسمم بالرصاص على سلوك الفرد ويبدو ذلك واضحاً عند الأطفال حيث:

- يصبح عدواني عنيف.
- متململ يشرد كثيراً.
- ضعف في الإدارة.
- طيش [10,37].

### 6.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على السمع والبصر

- ضعف السمع.
- تنكس الشبكية .
- انخفاض حساسية المستقبلات الضوئية الموجودة على العصي [10,38].

### 7.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على العضلات

- ضعف التنسيق بين الحركة والبصر.
- ضعف في الوظائف الحركية.
- ضعف قوة العضلات.
- شلل Paralysis .
- شكاوى جسدية (أوجاع وآلام) [10,37].

### 8.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على الجهاز الهضمي

- ضعف استقلاب فيتامين د مما يؤثر على العظام وامتصاص المعادن.
- المغص Colic .

- فقدان الشهية Loss of appetite .
- تقيؤ، إمساك، إسهال.
- تشنجات بطنية [10].

### 9.6.5.1. الآثار السامة للرصاص على الكلية

- كلاء حاد acute nephropathy.
- التهاب الكلية الألبومي nephritis [10].

## 6.1. التدابير العلاجية والوقائية

**1) معالجة التسمم**

- **إنقاص ذروة الامتصاص بعد التعرض:**

يجب إبعاد الشخص بعد التعرض الحاد عن مكان التعرض ، ويجب تنظيف الأجزاء المعرضة من الجسم فيتم غسل الجلد الملوث بالماء والصابون و يتم غسل العين الملوثة بالماء. وإذا ابتلع الشخص الرصاص فلا بد من تحريض التقيؤ ثم تناول الفحم الفعال [7].

- **إنقاص حمولة الجسم من الرصاص:**

تعتمد كل الطرق الحالية المتوفرة لإزالة التأثيرات السمية للرصاص على استعمال المواد الممخلبة التي تشكل مع الرصاص اللاعضوي معقدات قابلة للإطراح، وبالتالي تنقص حمولة الجسم من الرصاص.

المواد الممخلبة التي تستخدم حالياً هي:

- ✓ Dimercaprol ويسمى (British Anti-Lewisite, or BAL)
- ✓ $CaNa_2$-EDTA
- ✓ Penicillamine
- ✓ 2,3-dimercaptosuccinic acid ويسمى (DMSA; Succimer)

سنتكلم عنها بشكل مختصر:

**<u>ديمركابرول Dimercaprol</u>**

وهو الخيار المناسب في وجود تراجع في عمل الكلية، تشكل زمرة السلفهدريل في هذا المركب معقد ثابت مع الرصاص الداخل خلوي والخارج خلوي. يعطى حقن وريدي على شكل محلول

زيتي 10%. يبدأ تأثير هذا المركب بعد نصف ساعة من أخذه، حيث يزداد طرح الرصاص عن طريق البراز بالدرجة الأولى، بالإضافة إلى زيادة طرحه عن طريق البول.

ونستخدمه في حالة ارتفاع تركيز الرصاص في الدم بدون ظهور أعراض، أو في حالة الاعتلال الدماغي الرصاصي، أو في حالة التسمم بالرصاص العرضي symptomatic plumbism الذي يتميز بألم رأس، اعتلال كلوي، ترنح، فقدان ذاكرة، فقدان الشهية، عسر التلفظ dysarthria.

أهم مضادات الاستطباب : القصور الكبدي، وعوز glucose-6-phosphate dehydrogenase. لا يعطى الحديد أثناء المعالجة بالبال لأن الحديد يشكل مع البال معقداً ساماً .

يعد الغثيان والإقياء وارتفاع الضغط والحمى وتسرع القلب وألم البطن من أبرز الآثار الجانبية للبال. و لتخفيف الآثار الجانبية للبال نعطي diphenylhydramine قبل البدء بإعطاء البال [7].

**أديتات الكالسيوم ثنائية الصوديوم CaNa2-EDTA**

تشكل معقدات ثابتة مع الرصاص التي تطرح بشكل أساسي عن طريق الكلية، حيث تزيد طرح الرصاص عن طريق الكلية من ثلاثين إلى خمسين مرة.

من أبرز الآثار الجانبية: العطش والتعب وألم العضلات والقشعريرة وحدوث لانظميات قلبية. نعطيه مع البال (بعد أربع ساعات من الجرعة الأولى من البال) لأن الاعتلال الدماغي يمكن أن يتفاقم إذا أعطي $CaNa_2$-EDTA لوحده لأنه يسبب تحرك الرصاص من النسج الرخوة إلى الدم مما يؤدي إلى زيادة تركيز الرصاص في الدم عند البدء باستخدامه. يعطى حقناً حيث تستمر المعالجة لمدة خمسة أيام. إذا بقيت الأعراض أو بقي تركيز الرصاص في الدم مرتفع فإننا نعيد المعالجة [7].

**د- بنسيلامين D-Penicillamine**

يعطى فموياً على معدة فارغة، يمخلب الرصاص، ويزيد إطراحه عن طريق البول، لا يستعمل للحوامل، لا يعطى للأفراد المتحسسين من البنسلينات [7].

**حمض ديميركابتوسوكسنيك 2,3-Dimercaptosuccinic acid**

ممخلب فموي، آلية عمله تشبه البال، لكن سميته أقل بكثير من البال. يعطى للأطفال الذين ليس لديهم أعراض وتركيز الرصاص عندهم أقل من 45 مكغ/100 مل، ويمكن استخدامه عند البالغين، كما يمكن أن نتناول معه الحديد بخلاف البال، ويزيد هذا الدواء إطراح الرصاص في البول مثل EDTA [7].

**2) كيف يقلل الأشخاص المتعرضين للرصاص من تعرضهم له**

- غسل اليدين والوجه قبل الأكل أو الشرب أو التدخين.
- الأكل والشرب والتدخين فقط في بيئة خالية من الغبار الحاوي على الرصاص أو من الأدخنة الحاوية على الرصاص.
- ارتداء كمامة نظيفة ملائمة في المناطق التي يتواجد فيها غبار حاوي على الرصاص أو أدخنة حاوية على الرصاص.
- تغيير الملابس والأحذية قبل البدء بالعمل و إبقاء الملابس النظيفة في مكان نظيف حتى ينتهي من عمله.
- الاغتسال بعد العمل قبل الذهاب إلى البيت [9,12].

## 7.1. معايرة الرصاص

**أ- في الدم والبول والسائل الدماغي الشوكي**

يقاس تركيز الرصاص في هذه الأوساط لتقييم مدى تعرض الأشخاص لهذا المعدن. الدم هو أكثر وسط يتم تحري الرصاص فيه، حيث أن نصف عمر الرصاص فيه حوالي 36 يوم [39,40].

يتم تحضير العينة بهضمها باستخدام أحد الحموض القوية والحرارة، ومن ثم تذاب البقية الجافة باستخدام حمض ممدد، ومن ثم يتم قياس تركيز الرصاص في العينة باستخدام مطيافية الامتصاص الذري اللهبي flame atomic absorption spectroscopy (AAS) أو مطيافية الامتصاص الذري الغرافيتي graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS) أو الرسم الاستقطابي (البولاروغراف) القائم على قياس الفولطية بالنزع الآنودي (المصعدي) Anodic Stripping Voltammetry (ASV) أو مطيافية الإصدار الذري المقترنة بالبلازما inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP/AES) أو مطياف الكتلة المقترن بالبلازما inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP/MS) [41,42].

**ب- في النسج**

تتضمن الكبد والكلية والدماغ والقلب والرئة والخصية. تقنيات معايرة الرصاص في هذه النسج مشابهة لتقنيات معايرته في الدم والبول حيث يتم هضم العينة باستخدام أحد الحموض القوية

والحرارة، ومن ثم تذاب البقية الجافة باستخدام حمض ممدد، ومن ثم يتم قياس تركيز الرصاص في العينة باستخدام الأجهزة المذكورة سابقاً [43].

**ت- في التربة**

يجب أن تهضم عينات التربة قبل تحليلها بمزجها مع حمض قوي(على سبيل المثال الماء الملكي (الذي يتكون من حمض كلور الماء المركز وحمض الآزوت المركز بنسبة 3 إلى 1) أو حمض الآزوت المركز أو حمض الآزوت المركز مع حمض الكبريت المركز) لتحطيم المركبات العضوية الموجودة في التربة [44].

الأجهزة التي نستخدمها في التحليل بشكل أساسي هي: مطيافية الامتصاص الذري اللهبي AAS ومطيافية الامتصاص الذري الغرافيتي GFAAS مطيافية الإصدار الذري المقترنة بالبلازما ICP/AES .

إن طريقة جمع العينات وتحضيرها تؤثر بشكل قوي على موثوقية طريقة المعايرة. وتتطلب أخذ عينات غبار البيت والغبار العالق على أيدي الأطفال إجراءات خاصة [45,46] .

## 8.1. الرصاص في أتربة الشوارع والحدائق في المناطق الحضرية

يتراوح تركيز الرصاص الذي يتواجد بشكل طبيعي في سطح التربة الزراعية في الولايات المتحدة الأميركية بين 7 إلى 20 ppm والمتوسط 10 ppm ، و إذا كان تركيز الرصاص في التربة أعلى من ذلك فهذا يعني أن هناك تلوثاً بالرصاص [47].

بحسب تشريعات جمهورية سلوفينيا فإن القيمة الحدية boundary value لتركيز الرصاص في التربة هي 85 ppm والقيمة الإنذارية alerting value لتركيز الرصاص في التربة هي 100 ppm والقيمة الخطرة critical value لتركيز الرصاص في التربة هي 530 ppm [48].

اعتبرت وكالة حماية البيئة الأمريكية أن التركيز الخطر للرصاص في المنتزهات هو 400 ppm [7].

اعتبر مجلس وزراء البيئة في كندة Canadian Council of Ministers of the Environment أن أكبر قيمة مقبولة لتركيز الرصاص في التربة في المنتزهات هي 140 ppm [49].

هناك مصدران كبيران يسببان التلوث بالرصاص :

أ ـ الدهان الحاوي على الرصاص عندما تختلط قشور الدهان الآتي من الأبنية القديمة مع التربة

ب ـ الرصاص المنبعث من السيارات التي تستخدم البنزين الحاوي على الرصاص [50,51] .

بالرغم من أن الرصاص قد حد من استعماله حالياً في الدهان و البنزين في معظم الدول، و لكن نتيجة استخدامه سابقاً في الدهان ووقود السيارات ترسب وبقي في التربة، والرصاص ثابت غير متدرك يبقى فترة طويلة [50,51].

في الولايات المتحدة الأمريكية تم استخدام الوقود الحاوي على رباعي إيتيل الرصاص ورباعي ميتيل الرصاص منذ العقد الثالث من القرن العشرين حتى عام 1986.

بحلول عام 1986 (العام الذي منع فيه استخدام الوقود الحاوي على الرصاص ) أصبحت كمية الرصاص المضافة إلى البنزين حوالي 5 - 6 مليون طن و 75% من هذه الكمية تتحرر إلى الغلاف الجوي، فكمية الرصاص الناتجة عن استخدامه في الوقود والمترسبة في بيئة الولايات المتحدة الأمريكية عام 1986 حوالي 4 - 5 طن [52,53].

يتناسب تراكم الرصاص الناتج عن احتراق الوقود الحاوي على الرصاص في شارع ما مع حجم الازدحام المروري في هذا الشارع [54].

بالرغم من أن مساهمة الدهان الحاوي على الرصاص في رفع تركيز الرصاص في الحدائق ضعيف نوعا ما، لكنه يسبب انتشار جزيئات غبار غنية بالرصاص في الهواء في فصول معينة وفي مناطق معينة [55].

يلاحظ زيادة في تلوث التربة بالرصاص في مركز المدينة الغنية بالنشاطات الحضرية، كما يلاحظ تناقص في تلوث التربة بالرصاص بالاتجاه إلى خارج المدينة.

يتوضع الرصاص الناتج عن النشاطات الحضرية في التربة وفق أشكال عالية التوافر الحيوي، بينما الرصاص المتواجد في التربة بشكل طبيعي يتوضع وفق أشكال منخفضة التوافر الحيوي [56]، لذلك فالرصاص الناتج عن النشاطات البشرية أكثر سمية من الرصاص المتواجد بشكل طبيعي في التربة [57]. الرصاص المترسب في التربة على جانبي الطريق توافره الحيوي مرتفع، غير أن توافره الحيوي يتناقص إذا ما اختلط بالرصاص الذي توافره الحيوي منخفض و الموجود بشكل طبيعي في التربة [58].

يتناقص تركيز الرصاص في التربة بالابتعاد عن جانبي الطريق، كما أن تركيز الرصاص في التربة على جانبي الطريق يتناسب مع مدة و حجم الازدحام المروري في هذا الطريق[ [59].

إن معظم الرصاص المنبعث من السيارات التي تعتمد على الوقود الحاوي على الرصاص يترسب حتى بعد 50 م عن جانبي الطريق. بسبب إعادة تعليق التربة القريبة من حافة الطريق في الجو على شكل غبار ينتقل الرصاص إلى مسافات كبيرة بعيداً عن حافة الطريق [59].

إن إزالة الرصاص من الوقود يعتبر الخطوة الأولى الحاسمة لخفض تركيز الرصاص في الدم حول العالم، ويعتبر إنجازاً عالمياً كبيراً في مجال الصحة العامة [60]. لسوء الحظ تسع دول

معظمها من العالم الثالث ما زالت تستخدم الرصاص في الوقود [61]. أدى إزالة الرصاص من الوقود في الولايات المتحدة الأميركية بين عام 1976 وعام 1995 إلى انخفاض معدل تركيز الرصاص في الدم بنسبة 90% [62].

في الولايات المتحدة الأميركية نقص تركيز الرصاص عند الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين السنة والخمس سنوات، والذين لديهم مستوى الرصاص في الدم أعلى أو يساوي 10 مكغ / 100 مل من 77.8% في أواخر السبعينيات إلى 4.4% في أوائل التسعينيات [63].

أزالت معظم البلدان منذ عام 2010 الرصاص من البنزين باستثناء تسع دول، ثلاث دول منها تستخدم فقط البنزين الحاوي على الرصاص مثل أفغانستان وكوريا الشمالية، والبقية يستخدمون البنزين الحاوي على الرصاص والبنزين غير الحاوي على الرصاص مثل العراق والجزائر واليمن [61]. وكانت سورية اعتباراً من الربع الأول من عام 2005 مغطاة بالكامل بالبنزين الخالي من الرصاص، وقد تحقق ذلك عبر برنامج بدأ عام 2003 عبر توزيع تدريجي لهذه المادة الخالية من أي مركب معدني.

بالنسبة للبيوت الواقعة قرب الشوارع المزدحمة والتي قد طليت جدرانها الخارجية بالدهان الحاوي على الرصاص، فإن الرصاص الموجود في التربة المحيطة بها هو خليط من الرصاص الناتج عن السيارات التي تستخدم الوقود الحاوي على الرصاص والرصاص الناتج عن تدهور الدهان الحاوي على الرصاص [64].

قاس MIELKE تركيز الرصاص في التربة في بيتين لهما نفس العمر تابعين لإدارة نيوأورلينز السكنية، أحد البيتين داخل مركز المدينة والآخر في محيطها فوجد أن تركيز الرصاص في التربة في البيت الذي في مركز المدينة أعلى من تركيز الرصاص في التربة في البيت الذي في محيط المدينة. وفسر ذلك بأن البيت الذي في مركز المدينة لديه سنوات ازدحام مروري أكثر من البيت الذي في محيط المدينة [64].

في كوبيو، فلندا، وجد Hosiokangas أن جزيئات الغبار المرتبطة بالرصاص والتي قطرها أصغر من 2.5 مايكرو متر (PM 2,5) وجزيئات الغبار المرتبطة بالرصاص والتي قطرها أصغر من 10 مايكرو متر (PM 10) تزداد في الحوادث المسببة لتطاير الغبار مثل حركة المرور [64].

وجد Hopke وزملاؤه أن حوالي 76% من غبار الشوارع أصله من التراب، ووجد Hunt وزملاؤه أن التراب يساهم في 57% - 90% من غبار الشوارع حيث أن جزءاً من التربة يتعلق في الهواء على شكل غبار [64].

في برلين، ألمانيا، وجد Lenschow وزملاؤه أن تركيز جزيئات الغبار المرتبطة بالرصاص والتي قطرها أصغر من 10 مايكرو متر (PM 10) المتواجدة على أرصفة الشوارع الرئيسية مرتفع، نصف هذه الجزيئات ناتج عن انبعاثات عوادم السيارات وتآكل إطاراتها، ونصفها الآخر ناتج عن تعلق جزيئات التربة في الجو وترسبها على الأرصفة [64].

إن تعلق التربة في الجو تسبب جر كميات كبيرة من الرصاص إلى الهواء في المناطق الحضرية. استنتج Harris وDavidson أن تعلق التربة في الهواء مسؤول عن انتاج 45000 كغ من الرصاص في الهواء كل عام في الساحل الجنوبي لكاليفورنيا، ويبقى مصدراً كبيراً للرصاص في المستقبل. كما وجد Lnkey وزملاؤه أن انبعاثات الرصاص في السواحل الجنوبية لكاليفورنيا ناتجة عن تعلق جزيئات التراب وغبار الشوارع في الجو [64].

وجد Kurkjian و Flegal أن 75% من الرصاص الموجود في الغلاف الجوي في يريفان في أرمينيا ناتج عن تعلق التربة في الهواء .

وجد Simons وزملاؤه أن هناك فرقاً كبيراً للجزيئات المحمولة في الجو بين المناطق الحضرية والمناطق الريفية في بالتيمور، حيث أن جزيئات الغبار المرتبطة بالرصاص والتي قطرها أصغر من 10 مايكرو متر(PM 10) المحمولة في الجو الحضري بلغت 47 مكغ/ م$^3$، بينما بلغت في الجو الريفي 8.7 مكغ / م$^3$. و بلغت جزيئات الغبار المرتبطة بالرصاص والتي قطرها أصغر من 2.5 مايكرو متر المحمولة في جو المناطق الحضرية 34 مكغ / م$^3$ وفي المناطق الريفية 18 مكغ / م$^3$. بما أن نسبة كبيرة من جزيئات الغبار المرتبطة بالرصاص والتي قطرها أصغر من 10 مايكرو متر(PM 10) مصدرها جزيئات التربة فإنه حسب النتائج السابقة كمية جزيئات التربة المحمولة في الغلاف الجوي في المناطق الحضرية أكبر بكثير من كمية جزيئات التربة المحمولة في الغلاف الجوي في المناطق الريفية [64].

ينتقل الرصاص من الجو الخارجي الى داخل البيوت عبر مصادر ذات أهمية قليلة مثل الألبسة والأحذية والقطط، ومصادر ذات أهمية كبيرة تتوقف على نفاذية البيوت والأبنية .

المصادر ذات الأهمية القليلة تعتمد بشكل كبير على تصرفات الأشخاص الساكنين في هذه البيوت، كما أنه من الصعب تعميمها. أما المصادر ذات الأهمية الكبيرة فإنه من السهل تعميمها.

متوسط استبدال الهواء air exchange rate (AER) يعبر عنه بعدد المرات التي يتبدل فيها هواء داخل الغرفة بالهواء الخارجي خلال ساعة.

متوسط استبدال الهواء= حجم التيار الهوائي خلال ساعة /حجم الغرفة

استبدال الهواء هو تدفق متوازن للهواء من وإلى داخل البيت ويتضمن ثلاث عمليات :

- تسرب الهواء من خلال الفجوات والشقوق العشوائية الموجودة في جدران البناء.
- التهوية الطبيعية أي تدفق الهواء من خلال النوافذ والأبواب المفتوحة.
- التهوية الميكانيكية مثل المراوح وساحبات الهواء.

إذا كان معدل استبدال الهواء أقل من مرة في الساعة فإن ذلك سيؤدي إلى بقاء الهواء فترة أطول داخل الغرفة، وبالتالي يزيد تركيز الجزيئات في هواء الغرفة التي مصدرها داخل الغرفة مثل الرصاص.

إذا كان معدل استبدال الهواء أكثر من مرة في الساعة، فإن تركيز الجزيئات في هواء الغرفة التي مصدرها داخل الغرفة سينخفض [64].

لقد أجريت دراسة للعناصر المعدنية داخل وخارج البيوت في نيويورك، فتبين أن تركيزات معظم العناصر المعدنية في داخل بيت ما مساوية لتركيزاتها خارج هذا البيت، وذلك بسبب أن الجزيئات المرتبطة بالعناصر المعدنية التي مصدرها خارجي تدخل إلى البيوت مع الهواء. وبينت هذه الدراسة أن معدل استبدال الهواء AER يختلف من فصل لآخر حيث يكون منخفضاً في الشتاء ومرتفعاً في الصيف، وبالتالي تتأثر النسبة بين تركيز العناصر المعدنية داخل البيت وتركيز العناصر المعدنية خارج البيت [64].

كما أن أنماط فتح وإغلاق النوافذ يؤثر على معدل استبدال الهواء. لاحظ Wallace وزملاؤه أن نمط فتح النوافذ يؤثر بقوة على معدل استبدال الهواء، حيث يزداد معدل استبدال الهواء إلى حوالي مرتين في الساعة إذا فتحت النوافذ لفترة طويلة. بينما يتجاوز معدل استبدال الهواء ثلاث مرات بالساعة إذا فتحت النوافذ لفترة قصيرة ( عدة ساعات فقط ).

كما أن استخدام المراوح العلوية يزيد من معدل استبدال الهواء إلى مرة في الساعة. لاحظ Caravanos وزملاؤه أن الغبار المرتبط بالرصاص المستقر داخل الغرف الغير ملوثة بالرصاص أصلاً في نيويورك والتي نوافذها مفتوحة قليلاً لمدة ستة أسابيع تجاوز القيمة المسموح بها وفق EPA وهي 143 مكغ/متر مكعب [64].

وجد Fergusson أن مستوى الرصاص المعلق في الهواء النافذ إلى داخل الغرف يتراوح بين 45% و 95% من مستوى الرصاص في الهواء المحيط بالغرفة، واستنتج أن هذه الغرف لا تقدم حماية كبيرة من نفاذية الرصاص إلى داخلها.

وجد Paode وزملاؤه أن توزع جزيئات الغبار الحاملة للرصاص المعلقة في الغلاف الجوي يكون في ذروته عندما يكون قطر هذه الجزيئات نصف مايكرو متر [64].

وجد Adt وزملاؤه أن جزيئات الغبار المرتبطة بالرصاص والتي يتراوح قطرها ما بين 0.02 و 0.5 مايكرو متر يزداد نفاذها من خارج إلى داخل الغرف بزيادة قطر الجزيئات.

أما جزيئات الغبار المرتبطة بالرصاص والتي يتراوح قطرها ما بين 0.7 و 10 مايكرو متر يزداد نفاذها من خارج إلى داخل الغرف بنقصان قطر الجزيئات [64].

النوافذ والأبواب أكبر منفذ للغبار المرتبط بالرصاص من خارج إلى داخل البيوت.

حلل Sayre الغبار المترسب على حواف النوافذ الغير مطلية بالدهان الحاوي على الرصاص وسطح الأرض القريب من النوافذ في المناطق الحضرية في روتشستر فكانت النتائج تشير إلى وجود تركيزات عالية من الرصاص. لاحظ Tongو Lam في هونغ كونغ أن البيوت التي نوافذها مغلقة يكون تركيز الرصاص فيها منخفضاً.

إن الغبار المتجمع على أسقف البيوت في المناطق الحضرية يتكون بشكل أساسي من جزئيات التربة، أي إن جزيئات التربة تعلقت في الجو ثم نفذت إلى البيوت ثم ترسبت على أسقفها [64].

❖ **تأثير الرصاص المتواجد في التربة على النباتات**

للرصاص نتائج طويلة الأمد على خواص التربة البيولوجية و الكيميائية و الفيزيائية كما تؤثر على خصوبتها و معدل إنتاجيتها [65]. كما أنها تلعب دوراً في التبدلات الحيوية للتربة حيث تسبب اضطرابات في التفاعلات الاستقلابية التي تحدث في التربة وبالتالي تثبط نمو النباتات [66,67].

يمتص النبات الرصاص فقط إذا كان تركيزه في التراب عالياً .

بينت الدراسات أن الرصاص لا يتراكم بسهولة في الأجزاء المثمرة لمحاصيل الخضار والفواكه مثل الذرة و البندورة و الفاصولياء، بينما تتواجد التركيزات العالية للرصاص في المحاصيل الورقية مثل الخس وعلى سطح النباتات الجذرية مثل الفجل. باعتبار أن النباتات تأخذ كميات قليلة من الرصاص المتواجد في التربة فإن تركيز الرصاص في التربة الذي يعد أكثر أماناً للنباتات قد لا يعد آمناً بالنسبة للمناطق التي يلعب فيها الأطفال الذين يضعون أيديهم الملوثة بالتراب في أفواههم [50,51] .

يمتص النبات الرصاص من التراب وبالتالي ينتقل عبر السلاسل الغذائية [68]، وبالتالي 75 - 80% من الرصاص الذي يصل إلى الإنسان يأتي من الخضراوات التي حصلت عليه من التراب [69,70].في التراب المستخدم للزراعة يعد التركيز الآمن للرصاص هو أقل من 300 ppm. يرتفع خطر حدوث التلوث بالرصاص عند تناول النباتات إذا ارتفع مستوى الرصاص في التربة أكثر من هذا التركيز. حتى في التراب الذي تركيز الرصاص فيه أعلى من 300 ppm فإن الخطورة تكمن في ترسب التراب والغبار الملوثين بالرصاص على أجزاء النباتات أكثر من أخذ النبات للرصاص[71].

❖ **معايير التربة العارية المخصصة للعب الأطفال**

اعتبر مجلس ولاية مينيسوتا التشريعي أن التربة التي تركيز الرصاص فيها 100 ppm فما دون هو الحد المسموح به، وهذا المستوى أقل من المستوى الذي حددته وكالة حماية البيئة والذي هو400 ppm.

بما أن الامتصاص المعوي للرصاص عند الأطفال أعلى بخمس مرات من البالغين فإن أكل الأطفال للتراب يثير القلق.

إن نصف كمية الرصاص التي يتناولها الأطفال تمتص عبر جهازهم الهضمي، كما أن كمية الرصاص التي يمتصها الأطفال تعتمد على عدة عوامل منها الصحة والغذاء والعمر.

إن تناول ملعقتي شاي من التراب الذي تركيز الرصاص فيه 100 ppm أسبوعيا يمكن أن يسبب تركيزاً عالياً من الرصاص في الدم، وبالتالي حدوث تسمم مزمن، وهذا الحساب قائم على اعتبار أن نصف كمية الرصاص المتناولة من قبل الأطفال تدخل الدم.

أما أكل ثلاثة أرباع ملعقة شاي من التراب الذي تركيز الرصاص فيه 300 ppm يسبب التسمم المزمن للرصاص. إن التربة التي تركيز الرصاص فيها أعلى من 100 ppm لا تنقل إلى مكان آخر ما لم تحوي على قشور دهان مرئية، بل تغطى بالرمل، كما أنه يجب إجراء فحوص دورية لتركيز الرصاص في الدم عند الأطفال الذين أعمارهم ست سنوات فما دون [72].

❖ **إجراءات وقائية لترب الحدائق**

لتقليل امتصاص النبات للرصاص الموجود في التربة يجب علينا أن نقوم بعدة إجراءات :

أ ـ إبقاء pH التربة أعلى من 6.5، وبالتالي لا يمكن للرصاص أن يمتصه النبات. ولرفع درجة pH التربة نضيف أحد أملاح الكالسيوم المنحلة بالماء.

الرصاص أيضا لا يمتصه النبات إذا زاد تركيز الفسفور في التراب.

ب ـ إضافة مواد عضوية للتربة، وبالتالي يقل بشكل ملحوظ امتصاص النبات للرصاص المتواجد في التربة. المواد العضوية ترتبط مع الرصاص فلا يستطيع النبات امتصاصه.

عندما نضيف المواد العضوية يجب أن تبقى pH التربة فوق 6.5.

أهم المواد العضوية التي يمكن إضافتها: سماد مختلط بأوراق النباتات، مع الانتباه إلى أنه يجب تجنب استخدام الأوراق الموجودة في الشوارع والطرق السريعة لأنها ستحوي على مستوٍ عالٍ من الرصاص.

ج ـ يجب أن يكون مكان الحدائق بعيداً عن الشوارع المزدحمة والأبنية القديمة ما أمكن.

د ـ إذا كان تركيز الرصاص في التربة فوق 100 ppm وتحت 300 ppm يمكن استخدامها للزراعة بشكل آمن ولا يمكن استخدامها كأماكن للعب الأطفال [72].

❖ **معالجة التربة الملوثة بالرصاص**

تتم المعالجة بأحد الطرق التالية :

أ ـ يعطل الرصاص برفع pH التربة وإضافة المواد العضوية.

ب ـ خلط التراب الملوث بالرصاص مع التراب غير الملوث بالرصاص.

ج ـ إزالة الأتربة الملوثة بالرصاص ونقلها إلى مكان أخر إذا كان تركيز الرصاص قيها مرتفعاً جداً [72].

## 9.1. التباين الحاصل بين دول العالم في مواجهة خطر التعرض للرصاص

مستوى الرصاص في الدم متفاوت من بلد إلى بلد ومن منطقة إلى منطقة.

مستوى الرصاص الأعلى في الدم يلاحظ في البلدان النامية خاصة في المناطق التي لديها صناعات يستخدم فيها الرصاص مثل التعدين والصهر المعدني، والمناطق التي مازالت تضيف الرصاص إلى الوقود.

في دراسة أجريت عام 2004 تبين أن 16% من أطفال العالم لديهم مستوى الرصاص في الدم أعلى من 10 مكغ/ 100 مل. يعيش 90% منهم في البلدان النامية.

مصادر وأنماط التعرض للرصاص وانتشار التسمم بهذا المعدن وشدة الآثار الناتجة عن التعرض له تختلف اختلافاً كبيراً من بلد إلى بلد ومن مكان إلى مكان ضمن البلد الواحد. كما تختلف البلدان في تقييم هذه المشكلة، وفي شدة وفعالية التدابير المتخذة لمنع التسمم.

بعض البلدان تنفذ برامج شديدة لمراقبة مستويات الرصاص في الدم وفي البيئة، وإجراءات لمنع تسمم الأطفال بالرصاص. هذه البلدان فرضت عمليات المنع على بعض استخدامات الرصاص، وفرضت مجموعة من المعايير البيئية وبرامج فحص وتقييم.

بعض البلدان لديها مواقع غنيه بالرصاص مثل مصانع التعدين والصهر المعدني والتكرير ومواقع النفايات الخطيرة ومواقع حرق النفايات.

بعض البلدان مثل نيجيريا أدركت أن لديها مشكلة تسمم الأطفال بالرصاص المرتبط بتعرضهم لبعض المصادر، لكنها حتى الآن ليس لديها آليات للتقييم وإجراءات لمنع التعرض.

بسبب هذه التباينات الواقعة لدينا فإن الصورة الحقيقية لتسمم الأطفال العالمي والإقليمي بالرصاص لم تتضح بالكامل [73].

### 10.1. التكاليف الاقتصادية للتسمم بالرصاص

التكاليف الاقتصادية المرتبطة بتعرض الأطفال للرصاص كبيرة [74]، والمنافع الاقتصادية للمواجهة الناجحة للتسمم بالرصاص، أي منع حصوله، نتيجة التدابير الوقائية المتخذة هائلة. هذه المنافع تتجاوز تكاليف إحداث برامج وطنية لمراقبة ومنع التسمم بالرصاص.

التكاليف الناتجة عن تعرض الأطفال للرصاص تنقسم إلى تكاليف مباشرة وغير مباشرة. التكاليف المباشرة أو الطبية تتضمن تكاليف العناية الطبية بالأطفال المصابين بالتسمم الحاد للرصاص، كما تتضمن تكاليف معالجة الإصابة القلبية الوعائية عند الأشخاص الذين أصبح عندهم ارتفاعاً في الضغط الشرياني نتيجة التعرض المزمن للرصاص. أما التكاليف غير المباشرة أو غير الطبية تتضمن الأعباء الاقتصادية التي يتحملها المجتمع.

ركزت تحليلات التكاليف غير المباشرة للتسمم بالرصاص بشكل رئيسي على النقصان في الإدراك والذكاء نتيجة التسمم بالرصاص، وانخفاض معدل الإنتاج الاقتصادي للأفراد المصابين بالتسمم بالرصاص بشكل دائم نتيجة انخفاض مستوى الإدراك والذكاء عندهم.

كلما ارتفع تركيز الرصاص في الدم عند الأطفال 1 مكغ / 100 مل نقص معامل الذكاء 0.25 درجة، وبالتالي ينقص العمر الإنتاجي 2.4% [75].

بلغت التكاليف المباشرة وغير المباشرة المرتبطة بتسمم الأطفال بالرصاص في الولايات المتحدة الأميركية 43 بليون دولار سنوياً، يمكن أن يكون هناك تكاليف اقتصادية غير مباشرة إضافية نتيجة زيادة الحاجة إلى خدمات تعليمية خاصة، وتكاليف سجن الأفراد الذين عانوا في طفولتهم من التسمم بالرصاص الذي سبب نقصاً في إدراكهم وزيادة إمكانية ارتكابهم للجرائم، وبالتالي سجنهم،. هذه التكاليف الإضافية لم تدخل في الحساب بسبب قلة البيانات[76].

إن التدخل لمنع التسمم بالرصاص يحقق منافع اقتصادية كبيرة. وجد Grosse أن زيادة معدل إدراك وذكاء الأطفال، وبالتالي زيادة العمر الإنتاجي نتيجة إزالة الرصاص من البنزين أدى إلى منافع كبيرة للولايات المتحدة الأميركية تتراوح بين 110 بليون دولار و 319 بليون دولار لكل مجموعة أطفال ولدوا بعد إزالة الرصاص من البنزين [77]. إن كل دولار واحد ينفق لمنع التسمم بالرصاص ممكن أن يعود بالفائدة على المجتمع بقيمة تتراوح بين 17 دولار و 220 دولار [75].

# الدراسة العملية

## 2. هدف البحث Aim of study

تهدف الدراسة إلى قياس مستويات الرصاص في التربة في مناطق مختلفة من محافظة دمشق وما حولها من أرياف، والتي يمكن أن تعكس مدى تلوث هذه المناطق بالرصاص.

كما يترافق رصد مستويات الرصاص في عينات التربة مع العمل على تفسير روابط هذه النتائج مع مسبباتها من نشاطات بشرية في مناطق الإعتيان والتي تشكل مصدراً للتلوث بالرصاص .

<u>سنقوم في هذه الدراسة بما يلي :</u>

- تحديد تركيزات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من مناطق مختلفة من محافظتي دمشق وريف دمشق باستخدام مطيافية الامتصاص الذري اللهبي flame atomic absorption spestro meter .
- المقارنة بين تركيزات الرصاص في عينات التربة السطحية وتحت السطحية
- المقارنة بين تركيزات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الرئيسية والمأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الفرعية
- المقارنة بين تركيزات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من المناطق الحضرية و المأخوذة من المناطق الريفية .
- دراسة تأثير كثافة السير على تركيز الرصاص في التربة .
- حساب عامل الإغناء Enrichment factor (EF) سيتم شرحه لاحقاً.
- المقارنة بين عوامل الإغناء للعينات المأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الرئيسية و عوامل الإغناء للعينات المأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الفرعية
- المقارنة بين عوامل الإغناء للعينات المأخوذة من التربة السطحية وعوامل الإغناء للعينات المأخوذة من التربة تحت السطحية .
- دراسة تأثير كثافة السير على عوامل الإغناء .
- حساب عامل التلوث Contamination factor (CF) سيتم شرحه لاحقاً.
- المقارنة بين عوامل التلوث للعينات المأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الرئيسية وعوامل التلوث للعينات المأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الفرعية.
- المقارنة بين عوامل التلوث للعينات المأخوذة من التربة السطحية وعوامل التلوث للعينات المأخوذة من التربة تحت السطحية.
- دراسة تأثير كثافة السير على عوامل التلوث.

- حساب دالة التراكم الجيولوجي (*I*geo) *Geoaccumulation index* سيتم شرحه لاحقاً.
- المقارنة بين دالة التراكم الجيولوجي للعينات المأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الرئيسية و دالة التراكم الجيولوجي للعينات المأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الفرعية .
- المقارنة بين دالة التراكم الجيولوجي للعينات المأخوذة من التربة السطحية و دالة التراكم الجيولوجي للعينات المأخوذة من التربة تحت السطحية .
- دراسة تأثير كثافة السير على دالة التراكم الجيولوجي.
- إيجاد تركيزات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من أتربة بعض الحدائق المخصصة للعب الأطفال في مدينة دمشق .
- حساب عامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من أتربة الحدائق المخصصة للعب الأطفال .
- حساب عامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من أتربة الحدائق المخصصة للعب الأطفال .
- حساب دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من أتربة الحدائق المخصصة للعب الأطفال .

<u>أجريت التجارب العملية في :</u>

مخبر الدراسات العليا قسم تأثير الأدوية والسموم في كلية الصيدلة ـ جامعة دمشق .

مخبر الدراسات العليا قسم الكيمياء الصيدلية والمراقبة الدوائية في كلية الصيدلة ـ جامعة دمشق

.

### 3. جمع العينات

- تم جمع عينات من أتربة الشوارع الرئيسية ومن أتربة الشوارع الفرعية المتفرعة عن هذه الشوارع الرئيسية (تم أخذ العينات من الطبقة السطحية) والتي تبعد عنها(أي عن الشوارع الرئيسية) خمسين متراً كما في الجدول التالي :

**الجدول 3. العينات التي تم جمعها من أتربة الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية في مدينة دمشق**

| الشارع الرئيسي | رمز عينة التربة المأخوذة من الشارع الرئيسي | الشارع الفرعي المتفرع عن الشارع الرئيسي | رمز عينة التربة المأخوذة من الشارع الفرعي |
|---|---|---|---|
| الشارع الرئيسي الأول | R1 | الشارع الفرعي الأول | $r_1$ |
| الشارع الرئيسي الثاني | R2 | الشارع الفرعي الثاني | $r_2$ |
| الشارع الرئيسي الثالث | R3 | الشارع الفرعي الثالث | $r_3$ |
| الشارع الرئيسي الرابع | R4 | الشارع الفرعي الرابع | $r_4$ |
| الشارع الرئيسي الخامس | R5 | الشارع الفرعي الخامس | $r_5$ |
| الشارع الرئيسي السادس | R6 | الشارع الفرعي السادس | $r_6$ |

- كما تم جمع عينات من سبع شوارع أخرى واقعة في دمشق حيث تم أخذ العينة من التربة السطحية والتربة تحت السطحية كما في الجدول التالي :

**الجدول 4. العينات التي تم جمعها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية للتربة**

| الشارع | رمز العينة المأخوذة من التربة السطحية | رمز العينة المأخوذة من التربة تحت السطحية |
|---|---|---|
| الشارع الأول | S1 | $s_1$ |
| الشارع الثاني | S2 | $s_2$ |
| الشارع الثالث | S3 | $s_3$ |
| الشارع الرابع | S4 | $s_4$ |
| الشارع الخامس | S5 | $s_5$ |
| الشارع السادس | S6 | $s_6$ |
| الشارع السابع | S7 | $s_7$ |

- كما تم جمع عينات من سبع حدائق مخصصة للعب الأطفال (تم أخذ العينات من الطبقة السطحية) في مدينة دمشق

**الجدول 5. العينات التي تم جمعها من بعض حدائق دمشق**

| رقم الحديقة | رمز العينة المأخوذة منها |
|---|---|
| الحديقة الأولى | Q1 |
| الحديقة الثانية | Q2 |
| الحديقة الثالثة | Q3 |
| الحديقة الرابعة | Q4 |
| الحديقة الخامسة | Q5 |
| الحديقة السادسة | Q6 |
| الحديقة السابعة | Q7 |

- كما تم أخذ عينات من أتربة أربعة عشر شارع (تم أخذ العينات من الطبقة السطحية) في مدينة دمشق تتفاوت فيما بينها في غزارة السير كما في الجدول التالي :

**الجدول 6. عينات التربة التي تم جمعها من شوارع متفاوتة الحجم المروري في مدينة دمشق**

| الشارع | رمز العينة |
|---|---|
| الشارع الاول | A1 |
| الشارع الثاني | A2 |
| الشارع الثالث | A3 |
| الشارع الرابع | A4 |
| الشارع الخامس | A5 |
| الشارع السادس | A6 |
| الشارع السابع | A7 |
| الشارع الثامن | A8 |
| الشارع التاسع | A9 |
| الشارع العاشر | A10 |
| الشارع الحادي عشر | A11 |
| الشارع الثاني عشر | A12 |
| الشارع الثالث عشر | A13 |
| الشارع الربع عشر | A14 |

- كما تم أخذ عينات من أتربة أربعة شوارع ريفية (تم أخذ العينات من الطبقة السطحية) كما في الجدول التالي:

**الجدول 7. العينات التي تم جمعها من الشوارع الريفية**

| رقم المنطقة | رمز العينة |
|---|---|
| الشارع الأول | B1 |
| الشارع الثاني | B2 |
| الشارع الثالث | B3 |
| الشارع الرابع | B4 |

- كما تم أخذ ثلاث عينات بعيدة عن أي مصدر محتمل للتلوث بالرصاص حيث تم أخذ العينات الثلاثة من منطقة ريفية تبعد 500 م عن الشارع ليتم معرفة التركيز الطبيعي للرصاص في التربة .

### 1.3. الإجراءات المتبعة في جمع العينات

أولاً عينات التربة السطحية:

- ارتداء قفازات نظيفة غير نفوذة للمساحيق .
- استخدام ملعقة نظيفة من الستانلستيل stainlees steel لأخذ عينة من التربة السطحية بعمق 1 سم وبدائرة قطرها 5 سم (تستخدم مسطرة لتحديد هذه الأبعاد).
- وضع العينة في كيس سحاب مكتوباً عليه المعلومات المميزة للعينة(اسم الشارع، رمزه).
- أخذ عينتين من موضعين آخرين ضمن دائرة نصف قطرها واحد متر مركزها موضع الإعتيان السابق ، توضع هاتان العينتان في نفس الكيس السابق ثم تخلط العينات الثلاثة داخل الكيس بشكل جيد.
- يغلق الكيس بحيث تكون كمية الهواء داخل الكيس أصغر مايمكن .
- ترمى القفازات المستخدمة في كيس مخصص لجمع الفضلات، ثم يتم ارتداء قفازات أخرى نظيفة غير نفوذة للمساحيق.
- تغسل المعلقة باستخدام الماء وخرقة نظيفة حتى زوال أثر التراب ، ثم ترمى القفازات والخرقة المستخدمة في الغسيل في الكيس المخصص لجمع القمامة .
- تكرر نفس الخطوات عند أخذ العينات الأخرى.
- بالمحصلة كل عينة رئيسية تتكون من ثلاث عينات ثانوية .

ثانياً  عينات التربة تحت السطحية:

- تستخدم مجرفة نظيفة من الستانلستيل للحفر بعمق 20 سم في الموضع المراد أخذ العينة منه، ثم تستخدم ملعقة نظيفة لأخذ العينة عند هذا العمق وتكرر نفس الخطوات المطبقة من أجل جمع عينات التربة السطحية[78].

ملاحظة:

تم أخذ ثلاث عينات رئيسية تبعد عن بعضها البعض مسافة 50 متراً على طول الشارع أو الحديقة (كل منها يتكون من ثلاث عينات فرعية) من كل شارع رئيسي أو فرعي أو حديقة ليتم حساب تركيز الرصاص في كل عينة على حدا، ثم يتم حساب المتوسط الحسابي لتركيزات الرصاص في هذه العينات الثلاثة لنحصل على التركيز الوسطي للرصاص في شارع معين أو حديقة معينة .

الشكل 1.  جمع إحدى العينات السطحية

**4. الأجهزة والمحاليل المستخدمة**

- حمض الآزوت 65% عال النقاوة خال من الرصاص من شركة ميرك .
- حمض كلور الماء 37% عال النقاوة خال من الرصاص من شركة ميرك.
- محلول عياري من الرصاص تركيزه 1000 ppm من شركة ميرك .
- ماء منزوع الشوارد.
- ورق ترشيح خال من الرصاص.
- ممصات زجاجية معايرة ومدرجة.
- بالون زجاجي معاير سعة 50 مل و 100 مل.
- بيشر زجاجي.
- قمع ترشيح زجاجي.
- فرن تجفيف.
- ميزان حساس من نوع sarttorius BL 150 S حساسيته أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- سخانة كهربائية من نوع memert .
- جهاز مقياس الامتصاص الذري FAAS Flame atomic absorptiom spectrophotometer من نوع varian.

**وصف الجهاز:**

- **يتألف الجهاز من الأقسام التالية:**

1. مصدر ضوئي ثابت ( المصباح المهبطي الأجوف hollow cathode lamp)
2. قسم الترذيذ atomizer والذي يكون بواسطة اللهب في جهاز الامتصاص الذري اللهبي Flame atomization، ومن أجل معايرة الرصاص في التربة تم استعمال اللهب الذي حصلنا عليه من مزيج غازي مؤلف من الهواء(الغاز الحارق) والأستيلين (الغاز المحترق).
3. مستفرد لوني monochromator
4. مكشاف detector والذي يقوم بتحويل الإشارة الضوئية إلى إشارة كهربائية.
5. معالج الإشارة signal processor والذي يقوم بتضخيم الاشارة الكهربائية ومعالجتها
6. نظام الحاسوب computer system

- **مبدأ الجهاز**

يعتمد مبدأ الجهاز على تحويل السوائل والمحاليل المراد تحليلها إلى ذرات غازية حرة free gaseous atoms من خلال عملية الإرذاذ atomization وتتم عملية الإرذاذ من خلال الإرذاذ باللهب Flame atomization. تقوم عملية الإرذاذ باللهب بتحويل العينات إلى ضباب أو بخار ذري للعنصر المراد معايرته، حيث يحتوي هذا ال بخار على ذرات غير متأينة للعنصر ، يمكن معايرة هذه الذرات بعد تعريضها لشعاع ذو طول موجه محدد ( أشعة الطنين) بحيث يتناسب امتصاص هذه الذرات للشعاع طرداً مع تركيزها. يتم الحصول على طول الموجة المحدد للعنصر المراد قياسه عن طريق منبع ضوئي يطلق عليه اسم المصباح المهبطي الأجوف hollow catchode lamp وهي عبارة عن إسطوانة من الزجاج مملوءة بغاز خامل وبداخلها قطبين بحيث يكون المهبط من نفس العنصر المراد تحليله والمصعد من النيكل أو التنغستين .

بعد مرور الطيف على ذرات العينة غير المتأينة يقوم المستفرد اللوني monochromator بانتقاء الطيف المنبعث من المصدر الضوئي ويحوله إلى المكشاف detector الذي يقوم بتحويل الاشارة الضوئية إلى كهربائية تتم معالجتها بواسطة معالج الاشارة signal processor الذي يقوم بتضخيمها وتحويلها إلى الحاسوب الذي يحول الإشارات إلى نتائج .

- **طريقة العمل**

بعد تشغيل الجهاز ومعايرة المصباح المهبطي الأجوف (المصباح الموافق لمعدن الرصاص) وذلك بأخذ أعلى امتصاصية له عن طريق معايرة اللولب الأوتوماتيكية الموجودة في الجهاز. يتم تمرير المحلول الشاهد والمحاليل العيارية المحضرة سابقاً على جهاز الامتصاص الذري اللهبي بواسطة الحاقن الآلي والذي يحتاج إلى 2 مل من المحلول . ثم يتم تمرير عينات التربة المحضرة حسبما يأتي، فتمر العينات بالمراحل المذكورة أعلاه وتظهر القيم الامتصاصية معطيةً التركيزات الموافقة مقدرة بال مكغ/ مل وذلك بعد المقارنة بالسلسلة العيارية . ومن ثم حساب معامل التمديد للتعبير عن التركيز في المحلول الأساسي لعينة التربة، ومن ثم حساب مقدار تركيز الرصاص في التربة [79,80].

تم القياس في موجة طولها 217 نانو ميتر، وشق عرضه 1 نانو متر، سرعة تدفق مقدارها 6-7 ميلي لتر بالدقيقة

## 5. العمل المخبري

### 1.5. تحضير العياريات

تم تحضير محاليل عيارية بتركيزات متدرجة من الرصاص . وهي خمسة محاليل عيارية من الرصاص بتركيزات 2,1 ,3 ,4 ,5 ppm كما هو موضح في الجدول رقم (9 ) . فمن أجل تحضير محلول عياري من الرصاص بتركيز 1 ppm يتم أخذ 0.1 مل من محلول الرصاص (1000 ppm ) ويضاف لها 4 مل من حمض الآزوت المركز ويكمل الحجم بالماء منزوع الشوارد حتى (100 مل) للحصول على محلول عياري للرصاص (1 ppm).

وللحصول على محلول عياري من الرصاص بتركيز 2 ppm تكرر العملية السابقة بأخذ (0.2 مل) من محلول الرصاص (1000 pm) وإضافة 4 مل من حمض الآزوت المركز ثم يكمل الحجم بالماء منزوع الشوارد حتى (100 مل) للحصول على محلول عياري للرصاص (2 ppm) . وتكرر نفس الطريقة ولكن بأخذ (0,3 مل) من محلول الرصاص (1000 pm) للحصول على محلول عياري للرصاص بتركيز (3 ppm). تكرر نفس الطريقة ولكن بأخذ (0,4 مل) من محلول الرصاص (1000 pm) للحصول على محلول عياري للرصاص بتركيز (4 ppm). وتكرر نفس الطريقة ولكن بأخذ (0,5 مل) من محلول الرصاص (1000 pm) للحصول على محلول عياري للرصاص بتركيز (5 ppm).

كما يحضر محلول شاهد blank بأخذ (4 مل) من حمض الآزوت المركز ويكمل الحجم بالماء منزوع الشوارد إلى 100 مل.

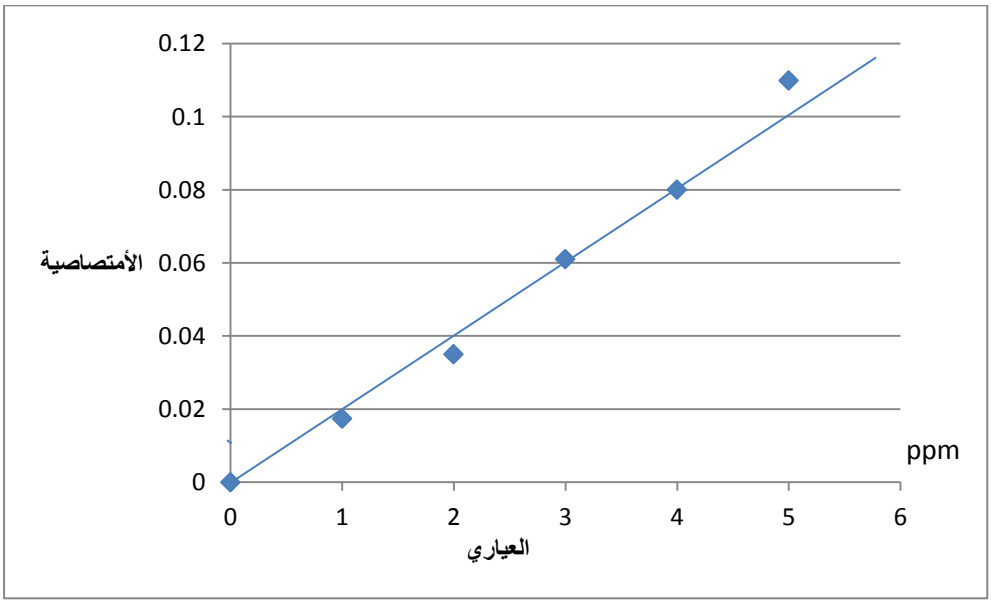
**الجدول 8. طريقة تحضير محاليل الرصاص العيارية**

| تركيز عياري الرصاص المراد الحصول عليه | عياري الرصاص (1000 ppm) | حمض الأزوت | الماء المنزوع من الشوارد |
|---|---|---|---|
| 0 ppm | - | 4 مل | نكمل الحجم حتى 100 مل |
| 1 ppm | 0.1 مل | 4 مل | نكمل الحجم حتى100 مل |
| 2 ppm | 0.2 مل | 4 مل | نكمل الحجم حتى100 مل |
| 3 ppm | 0.3 مل | 4 مل | نكمل الحجم حتى100 مل |
| 4 ppm | 0.4 مل | 4 مل | نكمل الحجم حتى100 مل |
| 5 ppm | 0.5 مل | 4 مل | نكمل الحجم حتى100 مل |

يتم تمرير عينات من المحلول الشاهد والمحاليل العيارية المحضرة آنفاً على جهاز الامتصاص الذري اللهبي، فيتم الحصول على نتائج قياسات الامتصاصية للعياريات الجدول رقم(9)، وينتج عنها الخط البياني الذي يبين العلاقة بين الامتصاصية وبين تركيزات الرصاص الشكل رقم(2)، وهو الخط البياني الذي على أساسه سيقوم الجهاز بإعطاء تركيزات الرصاص في عينات التربة .

**الجدول 9. جدول قيم الامتصاصية لمحاليل الرصاص العيارية**

| رقم العياري | التركيز مقدراً ب ppm | الامتصاصية |
|---|---|---|
| 0 (الشاهد) | 0 | 0.0000 |
| 1 | 1 | 0.0174 |
| 2 | 2 | 0.0350 |
| 3 | 3 | 0.0550 |
| 4 | 4 | 0.0765 |
| 5 | 5 | 0.1099 |




**الشكل 2 . الخط البياني لامتصاصية الرصاص**

## 2.5. تحضير عينات التربة

تم تحضير العينة حسب الطريقة (ISO standard 11466)

- تجفف العينة في فرن تجفيف بدرجة حرارة 105 درجة مئوية حتى ثبات الوزن.
- تسحق العينة باستخدام الهاون.
- يتم نخل العينة المجففة في منخل (No. 60) أبعاد فتحاته 250 مايكرو ميتر.
- يتم وزن نصف غرام من العينة المجففة.
- توضع العينة في بيشر زجاجي سعته 250 مل.
- تهضم العينة باستخدام الماء الملكي، حيث يضاف 12 مل ماء ملكي

(3:1, v/v, Hcl to $HNO_3$) محضر حديثاً إلى العينة الموضوعة في البيشر .

**الشكل 3 . هضم العينة**

- يوضع البيشر على سخانة كهربائية بدرجة حرارة 110 درجة مئوية حتى تبخر السائل والحصول على البقية الجافة.
- بعد ذلك يضاف إلى البقية الجافة 20 مل حمض آزوت 2% .
- ينقل محتوى البيشر إلى بالون معاير سعته 100 مل بعد ترشيح السائل باستخدام ورق ترشيح (Whatman no. 42 ).
- تمدد الرشاحة بالماء المنزوع الشوارد حتى 100 مل .
- يقاس تركيز الرصاص في العينة باستخدام مقياس الامتصاص الذري[81,82].

**الشكل 4 .  قياس العينة بمقياس الامتصاص الذري اللهبي**

## 6. النتائج

تم تمرير المحاليل العيارية للرصاص على جهاز الامتصاص الذري بواسطة الحاقن الآلي، وبعد ذلك تم الحصول على الخط البياني الممثل للتركيز مقابل الامتصاصية (الشكل رقم 2) والذي سيعتمد عليه الجهاز لقراءة تركيزات الرصاص في عينات التربة المراد قياسها والتي تم تحضيرها كما هو مذكور في الفقرة السابقة ، والنتيجة التي يتم الحصول عليها تضرب بمعامل التمديد بهدف الحصول على تركيز الرصاص في العينة المدروسة مقدرة ب ppm.

وتم حساب معامل التمديد للعينة المدروسة فتبين أنه يساوي 200، بينما معامل التمديد للعياريات يساوي 1000.

### 1.6. قياس تركيزات الرصاص بالعينات (ppm)

#### 1.1.6. العينات التي تم أخذها من شوارع رئيسية وشوارع فرعية تابعة لها

**الجدول 10. تركيز الرصاص في العينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية**

| رمز العينة المأخوذة من الشارع الرئيسي | تركيز الرصاص مقدراً بppm | رمز العينة المأخوذة من الشارع الفرعي | تركيز الرصاص مقدراً ب ppm |
|---|---|---|---|
| R1 | 163 | $r_1$ | 67,6 |
| R2 | 115.3 | $r_2$ | 46.3 |
| R3 | 265 | $r_3$ | 25 |
| R4 | 113.6 | $r_4$ | 28.6 |
| R5 | 260 | $r_5$ | 57 |
| R6 | 102.3 | $r_6$ | 50 |

يُلاحظ أن تركيزات الرصاص في الأتربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية أعلى من تركيزات الرصاص في الأتربة المأخوذة من الشوارع الفرعية.

على سبيل المثال نلاحظ أن تركيز الرصاص في العينة R3 المأخوذة من الشارع الرئيسي الثالث يساوي 265 ppm بينما تركيز الرصاص في العينة $r_3$ المأخوذة من الشارع الفرعي الثالث المتفرع عن الشارع الرئيسي الثالث يساوي 25 .ppm .

متوسط تركيزات الرصاص في أتربة الشوارع الرئيسية يساوي 169.9 ppm ، بينما متوسط تركيزات الرصاص في أتربة الشوارع الفرعية يساوي 45.7 ppm.

الانحراف المعياري لتركيزات الرصاص في أتربة الشوارع الرئيسية يساوي 74.7 ppm، والانحراف المعياري لتركيزات الرصاص في أتربة الشوارع الفرعية يساوي 16.4 ppm .

ولمعرفة إذا كان هذا الفارق جوهري وذو دلالة إحصائية تم إجراء الاستدلال الإحصائي للعينات الصغيرة حسب اختبار one type anova، فتبين أن الفارق بين متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من أتربة الشوارع الرئيسية وبين متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من أتربة الشوارع الفرعية هو فارق جوهري ذو دلالة إحصائية، حيث كانت قيمة p-value هي 0.003 وهي أقل من 0.05 .

### 2.1.6.العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية

**الجدول 11.** تركيز الرصاص في العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية

| رمز العينة التي تم أخذها من الطبقة السطحية | تركيز الرصاص مقدراً بـ ppm | رمز العينة التي تم أخذها من الطبقة تحت السطحية | تركيز الرصاص مقدراً بـ ppm |
|---|---|---|---|
| S1 | 110.6 | s1 | 86.6 |
| S2 | 254 | s2 | 110 |
| S3 | 172.6 | s3 | 103.3 |
| S4 | 56 | s4 | 23 |
| S5 | 245.6 | s5 | 135 |
| S6 | 106 | s6 | 25 |
| S7 | 148.3 | s7 | 106 |

يُلاحظ أن تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من الطبقة السطحية للتربة أعلى من تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من الطبقة تحت السطحية للتربة.

على سبيل المثال تركيز الرصاص في العينة S5 المأخوذة من الطبقة السطحية يساوي 245.6 ppm، بينما تركيز الرصاص في العينة s5 المأخوذة من الطبقة تحت السطحية يساوي 135 ppm.

متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من التربة السطحية يساوي 156.2 ppm، بينما متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من التربة تحت السطحية يساوي 84.13 ppm.

الانحراف المعياري لتركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من التربة السطحية يساوي 73.6 ppm والانحراف المعياري لتركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من التربة تحت السطحية يساوي 43.5 ppm .

ولمعرفة إذا كان هذا الفارق جوهري وذو دلالة إحصائية تم إجراء الاستدلال الإحصائي للعينات الصغيرة حسب اختبار one type anova، فتبين أن الفارق بين متوسط تركيزات

الرصاص في عينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية وبين متوسط تركيزات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية هو فارق جوهري ذو دلالة إحصائية، حيث كانت قيمة p-value هي 0.046 وهي أقل من 0.05 .

### 3.1.6. العينات التي تم أخذها من الحدائق المخصصة للعب الأطفال

**الجدول 12. تركيز الرصاص في العينات التي تم أخذها من الحدائق**

| رمز العينة التي تم أخذها من الحديقة المخصصة للعب الأطفال | تركيز الرصاص مقدراً بـ ppm |
|---|---|
| Q1 | 117 |
| Q2 | 109.5 |
| Q3 | 62 |
| Q4 | 48.6 |
| Q5 | 31 |
| Q6 | 306.6 |
| Q7 | 172.6 |

متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من بعض حدائق دمشق 121 ppm.
الانحراف المعياري لتركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من بعض حدائق دمشق 94.9 ppm.

### 4.1.6.العينات التي تم أخذها من بعض الشوارع الواقعة في مدينة دمشق بغرض دراسة تأثير غزارة السير على تركيز الرصاص فيها

الجدول 13. تركيز الرصاص في شوارع متفاوتة الجم المروري

| رمز العينة | تركيز الرصاص مقدراً بـ ppm |
|---|---|
| A1 | 260 |
| A2 | 163 |
| A 3 | 115.3 |
| A4 | 102.3 |
| A5 | 61.6 |
| A6 | 51.3 |
| A7 | 25 |
| A8 | 118 |
| A9 | 80 |
| A10 | 68 |
| A11 | 89 |
| A12 | 141.5 |
| A13 | 124.5 |
| A14 | 50 |

جرت مقارنة تركيزات الرصاص التي تم قياسها في عينات التربة مع معدلات السير في مناطق الإعتيان، حيث تم الحصول من هندسة المرور والنقل في محافظة دمشق على معدلات غزارة

السير في المناطق التي تم الإعتيان منها ، وذلك من أجل دراسة وجود علاقة ارتباط بين تركيزات الرصاص في التراب وبين غزارة السير.

لقد قامت محافظة دمشق بإجراء دراستها لمعدلات غزارة السير في العام 1998 بالتعاون مع منظمة جايكا (Jaica) ، ومنذ ذلك الحين تعتمد محافظة دمشق هذه الدراسة بشكل رسمي، كما تعتمد المحافظة نسبة زيادة سنوية قدرها 4% وذلك كزيادة سنوية في معدل السير ، واعتماداً على هذه النسبة السنوية المعتمدة يتم التوصل إلى معدلات غزارة السير في عام 2012 وهو العام الذي تم فيه جمع العينات وذلك بناء على المعادلة التالية :

غزارة السير $_{2012}$ = غزارة السير $_{1998}$ * $(1+0.04)^{14}$

في الجدول رقم (14) تظهر معدلات غزارة السير في أماكن الإعتيان في العام 1998 كما تم الحصول عليها من محافظة دمشق . أما في الجدول رقم (15) تظهر معدلات السير في أماكن الإعتيان في العام 2012 مقرونة مع مستويات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من نفس الأماكن .

**الجدول 14. غزارة السير عام 1998**

| رمز العينة | غزارة السير عام 1998 |
|---|---|
| A1 | 68108 |
| A2 | 49818 |
| A3 | 21294 |
| A4 | 19470 |
| A5 | 17538 |
| A6 | 16314 |
| A7 | 3312 |
| A8 | 57954 |
| A9 | 32976 |
| A10 | 32414 |
| A11 | 32334 |
| A12 | 27091 |
| A13 | 10403 |
| A14 | 7556 |

**الجدول 15.** تركيز الرصاص في عينات التربة مرفقة مع غزارة السير الحالية الموافقة

| رمز العينة | تركيز الرصاص ppm | غزارة السير عام 2012 |
|---|---|---|
| A1 | 260 | 117941.02 |
| A2 | 163 | 86268.675 |
| A3 | 115.3 | 36873.318 |
| A4 | 102.3 | 33715.74 |
| A5 | 61.6 | 30370.142 |
| A6 | 51.3 | 28250.57 |
| A7 | 25 | 5735.312 |
| A8 | 118 | 100357.57 |
| A9 | 80 | 57103.76 |
| A10 | 68 | 56130.56 |
| A11 | 89 | 55992.02 |
| A12 | 141.5 | 46912.84 |
| A13 | 124.5 | 18014.63 |
| A14 | 50 | 13084.54 |

من أجل معرفة العلاقة بين تركيزات الرصاص في عينات التربة وبين معدلات السير في أماكن الإعتيان، تمت دراسة العلاقة بين هذين المعطيين، وقد جرى في هذه الدراسة الإحصائية الاعتماد على برنامج (SPSS 16.0) بالإضافة إلى برنامج ( Microsoft Office Excel 2007) كما يمكن من اجل معرفة علاقة الارتباط ،الاعتماد على الطريقة الحسابية العادية ،وذلك بحساب معامل الارتباط (R) بين مستويات الرصاص في عينات التربة وبين غزارة السير، وذلك حسب القانون التالي :

$$correl(x,y) = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$$

وبعد إجراء الحسابات يتبين أن :

$$R = 0.77$$

ومن هنا يتبين أنه يوجد علاقة ارتباط طردي بين تركيزات الرصاص في عينات التربة وبين غزارة السير في أماكن الإعتيان ، وهو ارتباط قوي حيث: $0.7 < R < 0.9$ .

### 5.1.6.العينات التي تم أخذها من الشوارع الريفية ومقارنتها مع العينات التي تم أخذها من الشوارع الحضرية

**الجدول 16. تركيز الرصاص في الشوارع الريفية**

| رمز العينة | تركيز الرصاص مقدراً بـ ppm |
|---|---|
| B1 | 26.6 |
| B2 | 25 |
| B3 | 26 |
| B4 | 23 |

يلاحظ من هذا الجدول ومن الجداول السابقة أن متوسط تركيز الرصاص في أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الحضرية 120 ppm، بينما متوسط تركيز الرصاص في أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الريفية 25.2 ppm.

الانحراف المعياري لتركيز الرصاص في أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الحضرية 73.2 ppm، الانحراف المعياري لتركيز الرصاص في أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الريفية 1.6 ppm.

### 6.1.6.العينات التي تم أخذها من مناطق بعيدة عن أي نشاط بشري يمكن أن يسبب التلوث بالرصاص بغرض معرفة التركيز الطبيعي للرصاص في التربة

من أجل التأكد من عدم تعرض العينة المأخوذة للتلوث تم أخذ الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية (على عمق 20 سم) فكان تركيز الرصاص في الطبقة السطحية وتركيزه في الطبقة تحت السطحية متقاربين كما يأتي:

تركيز الرصاص في العينة الأولى:

تركيز الرصاص في الطبقة السطحية 20 ppm، تركيزه في الطبقة تحت السطحية 20 ppm، متوسط التركيزين 20 ppm.

تركيز الرصاص في العينة الثانية:

تركيز الرصاص في الطبقة السطحية 22 ppm، تركيزه في الطبقة تحت السطحية 24 ppm، متوسط التركيزين 23ppm

تركيز الرصاص في العينة الثالثة 25 ppm

تركيز الرصاص في الطبقة السطحية 25.5 ppm، تركيزه في الطبقة تحت السطحية 24.5 ppm، متوسط التركيزين 25 ppm.

المتوسط الحسابي للعينات الثلاثة 22.6 ppm

الوسيط 23 ppm

### 2.6. حساب عامل الإغناء Enrichment factor (EF)

لتقييم درجة التلوث الناتج عن النشاطات البشرية نستخدم العامل ***Enrichment factor (EF)*** (Suthrland 2000)

$$\mathrm{EF} = \frac{C\mathrm{m\ Sample}}{\mathrm{Median}\ C\mathrm{m\ Background}\ + 2\ \mathrm{MAD}\ C\mathrm{m\ Background}}$$

حيث أن :

Cm Sample تركيز الرصاص في العينة

Median Cm Background الوسيط لتركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من مكان بعيد عن المؤثرات البشرية والتي نسميها العينات غير الملوثة

MAD Cm Background وسيط الانحرافات المطلقة عن وسيط تركيزات الرصاص في العينات غير الملوثة

EF < 2: Deficiently to minimal enrichment إغناء معدوم إلى منخفض

2 ≤ EF < 5: Moderate enrichment إغناء متوسط

5 ≤ EF < 20: Significant enrichment إغناء مرتفع

20 ≤ EF < 40: Very high enrichment إغناء مرتفع جداً

EF ≥ 40: Extremely high enrichment [83] إغناء شديد الارتفاع

### 1.2.6.العينات التي تم أخذها من شوارع رئيسية وشوارع فرعية تابعة لها

الجدول 17. EF للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية و الشوارع الفرعية

| رمزالعينة المأخوذة من الشارع الرئيسي | EF | رمز العينة المأخوذة من الشارع الفرعي | EF |
|---|---|---|---|
| R1 | 6 | $r_1$ | 2.5 |
| R2 | 4.3 | $r_2$ | 1.7 |
| R3 | 9.8 | $r_3$ | 0.9 |
| R4 | 4.2 | $r_4$ | 1.1 |
| R5 | 9.6 | $r_5$ | 2.1 |
| R6 | 3.8 | $r_6$ | 1.9 |

يُلاحظ أن عوامل الإغناء للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية أعلى من عوامل الإغناء للعينات المأخوذة من الشوارع الفرعية .

على سبيل المثال عامل الإغناء للعينة R5 يساوي 9.6 ، بينما عامل الإغناء للعينة $r_5$ يساوي 2.1 .

متوسط عوامل الإغناء للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية يساوي 6.3 ، بينما متوسط عوامل الإغناء للعينات المأخوذة من الشوارع الفرعية يساوي 1.7 .

الانحراف المعياري لعوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية يساوي 2.8 ، بينما الانحراف المعياري لعوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الفرعية يساوي 0.6 .

### 2.2.6.العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية

الجدول 18. EF للعينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية

| رمز العينة التي تم أخذها من الطبقة السطحية | EF | رمز العينة التي تم أخذها من الطبقة تحت السطحية | EF |
|---|---|---|---|
| S1 | 4.1 | S1 | 3.2 |
| S2 | 9.4 | S2 | 4.1 |
| S3 | 6.4 | S3 | 3.8 |
| S4 | 2.1 | S4 | 0.9 |
| S5 | 9.1 | S5 | 5 |
| S6 | 3.9 | S6 | 0.9 |
| S7 | 5.5 | S7 | 3.9 |

يُلاحظ أن عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية أعلى من عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية.

على سبيل المثال عامل الإغناء للعينة S7 يساوي 5.5 ، بينما عامل الإغناء للعينة S7 يساوي 3.9 .

متوسط عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية يساوي 5.8 ، بينما متوسط عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية يساوي 3.11 .

الانحراف المعياري لعوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية يساوي 2.7 ، بينما الانحراف المعياري لعوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية يساوي 1.6 .

### 3.2.6. العينات التي تم أخذها من الحدائق المخصصة للعب الأطفال

**الجدول 19. EF للعينات التي تم أخذها من الحدائق**

| رمز العينة التي تم أخذها من الحديقة المخصصة للعب الأطفال | EF |
|---|---|
| Q1 | 4.3 |
| Q2 | 4.1 |
| Q3 | 2.3 |
| Q4 | 1.8 |
| Q5 | 1.1 |
| Q6 | 11.4 |
| Q7 | 6.4 |

متوسط عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق دمشق يساوي 4.5 .

الانحراف المعياري لعوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق دمشق يساوي 3.5

### 4.2.6. العينات التي تم أخذها من بعض الشوارع الواقعة في مدينة دمشق بغرض دراسة تأثير غزارة السير على عامل إغناء الرصاص فيها

الجدول 20. EF للعينات المأخوذة من شوارع متفاوتة الحجم المروري

| رمز العينة | EF |
|---|---|
| A1 | 9.6 |
| A2 | 6 |
| A 3 | 4.3 |
| A4 | 3.8 |
| A5 | 2.3 |
| A6 | 1.9 |
| A7 | 0.9 |
| A8 | 4.4 |
| A9 | 3.0 |
| A10 | 2.5 |
| A11 | 3.3 |
| A12 | 5.2 |
| A13 | 4.6 |
| A14 | 1.9 |

وبحساب معامل الارتباط يتبين أن :

$$R = 0.76$$

ومن هنا يتبين أنه يوجد علاقة ارتباط طردي بين EF لعينات التربة وبين غزارة السير في أماكن الإعتيان ، وهو ارتباط قوي حيث: $0.7 < R < 0.9$ .

### 3.6. حساب عامل التلوث Contamination factor (CF)

مستوى تلوث التربة بالرصاص يعبر عنه بعامل التلوث ***Contamination factor*** **(*CF*)** (Hakanson 1980)

$$CF = \frac{Cm\ \text{Sample}}{Cm\ \text{Background}}$$

حيث أن Cm Background تركيز الرصاص في العينة غير الملوثة

CF < 1 refers to low contamination تلوث منخفض

1 ≤ CF < 3 means moderate contamination تلوث متوسط

3 ≤ CF ≤ 6 indicates considerable contamination تلوث مرتفع

CF > 6 indicates very high contamination [84] تلوث مرتفع جداً

### 1.3.6.العينات التي تم أخذها من شوارع رئيسية وشوارع فرعية تابعة لها

الجدول 21. CF للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية و الشوارع الفرعية

| رمز العينة المأخوذة من الشارع الرئيسي | CF | رمز العينة المأخوذة من الشارع الفرعي | CF |
|---|---|---|---|
| R1 | 7.2 | $r_1$ | 3 |
| R2 | 5.1 | $r_2$ | 2 |
| R3 | 11.7 | $r_3$ | 1.1 |
| R4 | 5 | $r_4$ | 1.3 |
| R5 | 11.5 | $r_5$ | 2.5 |
| R6 | 4.5 | $r_6$ | 2.2 |

يُلاحظ أن عوامل التلوث للعينات المأخوذة من أتربة الشوارع الرئيسية أعلى من عوامل التلوث للعينات المأخوذة من أتربة الشوارع الفرعية .

على سبيل المثال عامل التلوث للعينة R5 يساوي 11.5 بينما عامل التلوث للعينة $r_5$ يساوي 2 .

متوسط عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية يساوي 7.5 بينما متوسط عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الفرعية يساوي 2 .

الانحراف المعياري لعوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية يساوي 3.3، بينما الانحراف المعياري لعوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الفرعية يساوي 0.7 .

### 2.3.6.العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية

الجدول 22. CF للعينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية

| رمز العينة التي تم أخذها من الطبقة السطحية | CF | رمز العينة التي تم أخذها من الطبقة تحت السطحية | CF |
|---|---|---|---|
| S1 | 4.9 | S1 | 3.8 |
| S2 | 11.2 | S2 | 4.9 |
| S3 | 7.6 | S3 | 4.6 |
| S4 | 2.5 | S4 | 1 |
| S5 | 10.9 | S5 | 6 |
| S6 | 4.7 | S6 | 1.1 |
| S7 | 6.6 | S7 | 4.7 |

يُلاحظ أن عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية أعلى من عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية.

على سبيل المثال عامل التلوث للعينة S7 يساوي 6.6، بينما عامل التلوث للعينة S7 يساوي 4.7 .

متوسط عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية يساوي 6.9 ، بينما متوسط عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية يساوي 3.7 .

الانحراف المعياري لعوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية يساوي 3.2، بينما الانحراف المعياري لعوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية يساوي 1.9.

### 3.3.6.العينات التي تم أخذها من الحدائق المخصصة للعب الأطفال

الجدول 23. CF للعينات التي تم أخذها من الحدائق

| رمز العينة التي تم أخذها من الحديقة المخصصة للعب الأطفال | CF |
|---|---|
| Q1 | 5.2 |
| Q2 | 4.8 |
| Q3 | 2.7 |
| Q4 | 2.2 |
| Q5 | 1.4 |
| Q6 | 13.6 |
| Q7 | 7.6 |

متوسط عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق دمشق يساوي 5.4 .
الانحراف المعياري لعوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق دمشق يساوي 4.2.

### 4.3.6.العينات التي تم أخذها من بعض الشوارع الواقعة في مدينة دمشق بغرض دراسة تأثير غزارة السير على عامل تلوث الرصاص فيها

**الجدول 24. CF للعينات المأخوذة من شوارع متفاوتة الجم المروري**

| رمز العينة | CF |
|---|---|
| A1 | 11.5 |
| A2 | 7.2 |
| A 3 | 5.1 |
| A4 | 4.5 |
| A5 | 2.7 |
| A6 | 2.3 |
| A7 | 1.1 |
| A8 | 5.2 |
| A9 | 3.5 |
| A10 | 3.0 |
| A11 | 3.9 |
| A12 | 6.3 |
| A13 | 5.5 |
| A14 | 2.2 |

وبحساب معامل الارتباط يتبين أن :

$$R = 0.77$$

ومن هنا يتبين أنه يوجد علاقة ارتباط طردي بين CF لعينات التربة وبين غزارة السير في أماكن الإعتيان ، وهو ارتباط قوي حيث: $0.7 < R < 0.9$ .

### 6.6. حساب دالة التراكم الجيولوجي (Igeo) *Geoaccumulation index*

إن مدى تراكم الرصاص فوق المستوى الطبيعي يتم حسابه باستخدام دالة التراكم الجيولوجي (Igeo) *Geoaccumulation index* (Muller 1969)

$$Igeo = \log_2 \left[\frac{Cm\ Sample}{1.5 * Cm\ Background}\right]$$

حيث أن: Cm Background تركيز الرصاص في العينة غير الملوثة

Cm Sample تركيز الرصاص في العينة

الثابت (1.5) يقلل من تأثير الاختلافات المحتملة في قيم تركيزات الرصاص في العينات النظيفة

هذه الدالة تمكننا من تقييم التلوث بالرصاص ضمن سبعة مستويات [85]

**الجدول 25. تصنيف دالة التراكم الجيولوجي**

| Igeo value | Igeo class | Designation of soil quality<br>تصنيف جودة التربة |
|---|---|---|
| > 5 | 6 | Extremely contaminated<br>ملوثة بإفراط |
| 5 – 4 | 5 | Strongly to extremely contaminated<br>ملوثة بين الشدة والإفراط |
| 4 – 3 | 4 | Strongly contaminated<br>ملوثة بشدة |
| 3 –2 | 3 | Moderately to strongly contaminated<br>ملوثة بين الشدة والاعتدال |
| 2 –1 | 2 | Moderately contaminated<br>ملوثة باعتدال |
| 1 – 0 | 1 | Uncontaminated to moderately contaminated<br>بين الملوثة باعتدال والغير ملوثة |
| < 0 | 0 | Uncontaminated<br>غير ملوثة |

### 1.4.6.العينات التي تم أخذها من شوارع رئيسية وشوارع فرعية تابعة لها

الجدول 26. Igeo للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية و الشوارع الفرعية

| رمز العينة المأخوذة من الشارع الرئيسي | Igeo | رمز العينة المأخوذة من الشارع الفرعي | Igeo |
|---|---|---|---|
| R1 | 2.3 | $r_1$ | 1 |
| R2 | 1.8 | $r_2$ | 0.4 |
| R3 | 3 | $r_3$ | -0.4 |
| R4 | 1.7 | $r_4$ | -0.2 |
| R5 | 2.9 | $r_5$ | 0.7 |
| R6 | 1.6 | $r_6$ | 0.6 |

يُلاحظ أن دالة التراكم الجيولوجي للعينات المأخوذة من أتربة الشوارع الرئيسية أعلى من دالة التراكم الجيولوجي للعينات المأخوذة من أتربة الشوارع الفرعية .

على سبيل المثال دالة التراكم الجيولوجي للعينة R5 تساوي 2.9 بينما دالة التراكم الجيولوجي للعينة $r_5$ تساوي 0.7.

متوسط دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية يساوي 2.22، بينما متوسط دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الفرعية يساوي 0.35 .

الانحراف المعياري لدالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية يساوي 0.62، بينما الانحراف المعياري لدالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الفرعية يساوي 0.54.

### 2.4.6.العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية

الجدول 27. Igeo للعينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية

| رمز العينة التي تم أخذها من الطبقة السطحية | Igeo | رمز العينة التي تم أخذها من الطبقة تحت السطحية | Igeo |
|---|---|---|---|
| S1 | 1.7 | S1 | 1.4 |
| S2 | 2.9 | S2 | 1.7 |
| S3 | 2.3 | S3 | 1.6 |
| S4 | 0.7 | S4 | -0.6 |
| S5 | 2.9 | S5 | 2 |
| S6 | 1.6 | S6 | -0.4 |
| S7 | 2.1 | S7 | 1.6 |

يُلاحظ أن دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية أعلى من دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية.

على سبيل المثال دالة التراكم الجيولوجي للعينة S7 تساوي 2.1 بينما دالة التراكم الجيولوجي للعينة S7 تساوي 1.6.

متوسط دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية يساوي 2.03، بينما متوسط دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية يساوي 1.04.

الانحراف المعياري لدالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية يساوي 0.78، بينما الانحراف المعياري لدالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية يساوي 1.07 .

### 3.4.6.العينات التي تم أخذها من الحدائق المخصصة للعب الأطفال كانت النتائج على الشكل التالي

**الجدول 28. Igeo للعينات التي تم أخذها من الحدائق**

| رمز العينة التي تم أخذها من الحديقة المخصصة للعب الأطفال | Igeo |
|---|---|
| Q1 | 1.8 |
| Q2 | 1.7 |
| Q3 | 0.9 |
| Q4 | 0.5 |
| Q5 | -0.1 |
| Q6 | 3.2 |
| Q7 | 2.3 |

متوسط دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق دمشق يساوي 1.47.
الانحراف المعياري لدالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق دمشق يساوي 1.12.

### 4.4.6. العينات التي تم أخذها من بعض الشوارع الواقعة في مدينة دمشق بغرض دراسة تأثير غزارة السير على دالة التراكم الجيولوجي للرصاص فيها

الجدول 29. Igeo للعينات المأخوذة من شوارع متفاوتة الجم المروري

| رمز العينة | Igeo |
|---|---|
| A1 | 2.9 |
| A2 | 2.3 |
| A3 | 1.8 |
| A4 | 1.6 |
| A5 | 0.9 |
| A6 | 0.6 |
| A7 | -0.4 |
| A8 | 1.8 |
| A9 | 1.2 |
| A10 | 1.0 |
| A11 | 1.4 |
| A12 | 2.1 |
| A13 | 1.9 |
| A14 | 0.6 |

وبحساب معامل الارتباط يتبين أن :

$$R = 0.73$$

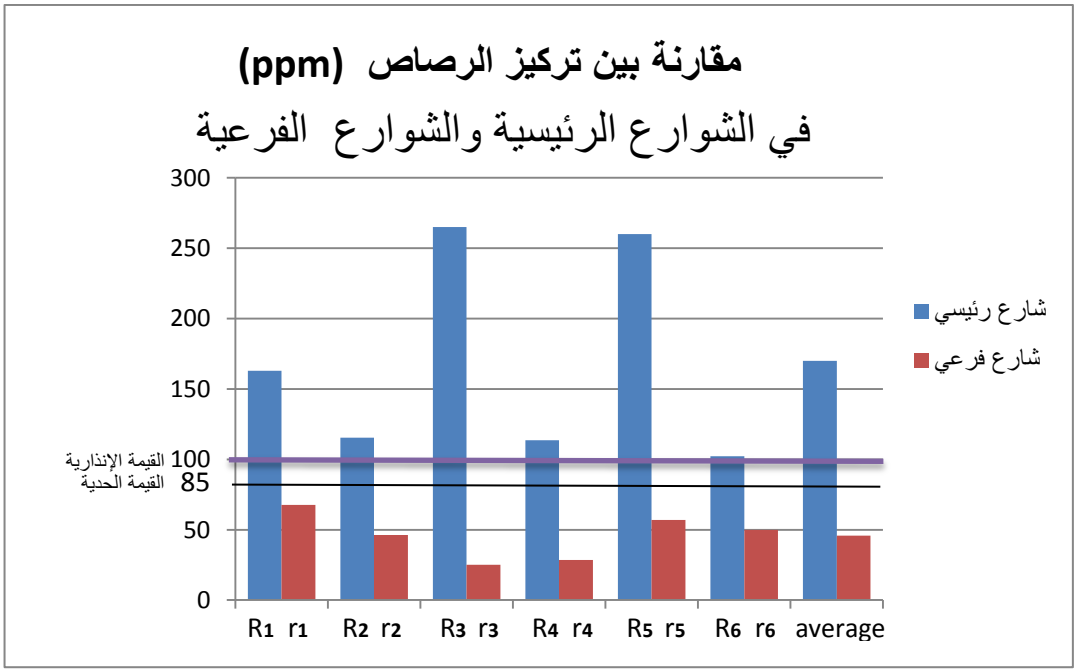
ومن هنا يتبين أنه يوجد علاقة ارتباط طردي بين Igeo لعينات التربة وبين غزارة السير في أماكن الإعتيان ، وهو ارتباط قوي حيث: $0.7 < R < 0.9$ .

## 7. مناقشة النتائج

تبلغ القيمة الحدية boundary لتركيز الرصاص في التربة 85 ppm ، كما تبلغ القيمة الإنذارية alerting لتركيز الرصاص في التربة 100 ppm , وتبلغ القيمة الخطرة لتركيز critical الرصاص في التربة 530 ppm و ذلك حسب تشريعات جمهورية سلوفينيا [48].

تبلغ القيمة المنصوح بها لتركيز الرصاص في التربة حسب Shellshear وزملائه 100 ppm ، أما حسب Mielke وزملائه فتبلغ 150 ppm [86].

- **تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من أتربة الشوارع الرئيسية وتركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من أتربة الشوارع الفرعية**



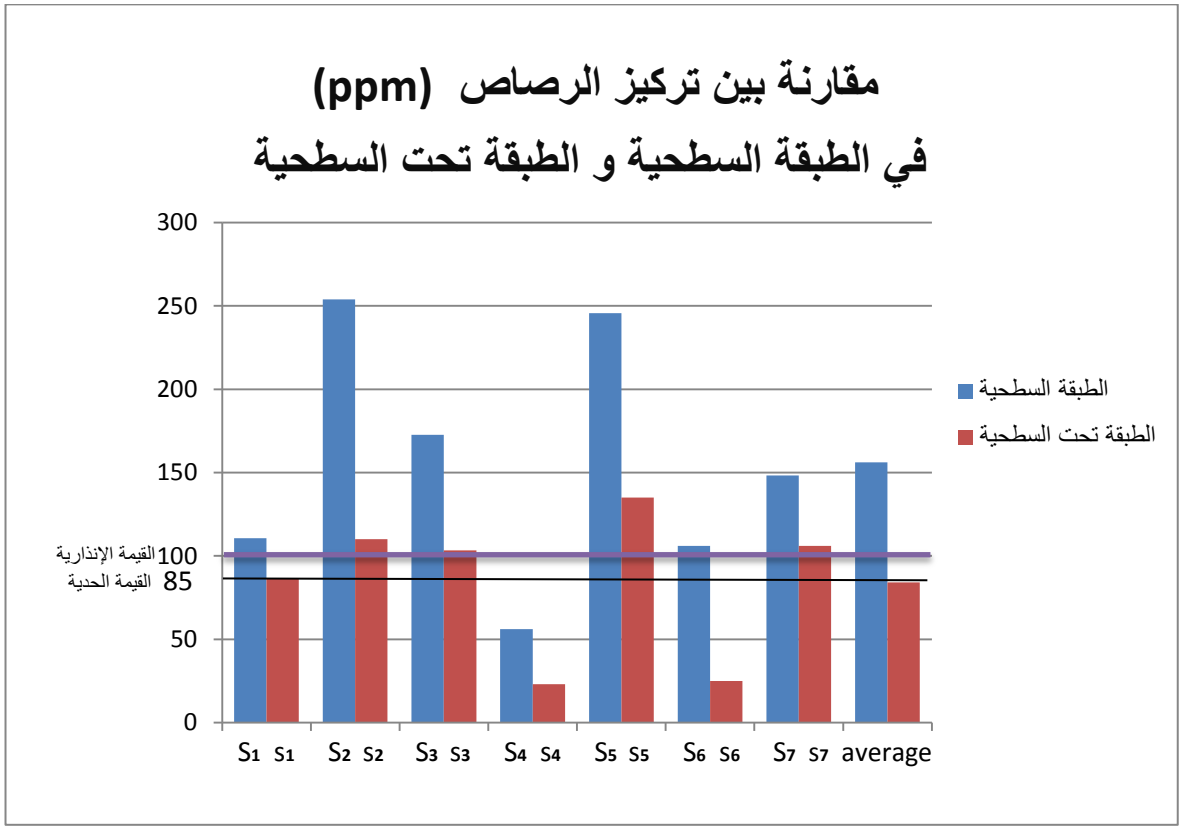

**الشكل 5 . مقارنة بين تركيزات الرصاص في الأتربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية و الأتربة المأخوذة من الشوارع الفرعية**

يُلاحظ أن تركيزات الرصاص تجاوزت القيمة الإنذارية في كل الشوارع الرئيسية التي تم الإعتيان منها بينما لم تبلغ تركيزات الرصاص القيمة الحدية في أي شارع فرعي وذلك حسب تشريعات جمهورية سلوفينيا .

كما يُلاحظ أن تركيزات الرصاص في التربة تجاوزت القيمة المنصوح بها حسب Shellshear وزملائه في كل الشوارع الرئيسية التي تم الإعتيان منها، بينما لم تتجاوز تركيزات الرصاص القيمة المنصوح بها حسب Shellshear وزملائه في أي شارع فرعي.

كما يُلاحظ أن تركيزات الرصاص في التربة تجاوزت القيمة المنصوح بها حسب Mielke وزملائه في ثلاثة شوارع رئيسية تم الإعتيان منها، بينما لم تتجاوز تركيزات الرصاص القيمة المنصوح بها حسب Mielke وزملائه في أي شارع فرعي.

- **تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من الطبقة السطحية للتربة و تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من الطبقة تحت السطحية للتربة**




**الشكل 6. مقارنة بين تركيزات الرصاص في الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية للتربة**

يُلاحظ تجاوز تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من التربة السطحية القيمة الإنذارية ما عدا العينة S4، كما تجاوزت تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من التربة تحت السطحية القيمة الإنذارية في S2, S3, S5, S7 .

أما S1 فقد تجاوزت القيمة الحدية و S4, S6 لم تتجاوز القيمة الحدية وذلك حسب تشريعات جمهورية سلوفينيا.

كما يُلاحظ تجاوز تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من الطبقة السطحية للتربة ما عدا العينة S4 القيمة المنصوح بها حسب Shellshear وزملائه، كما تجاوزت تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من الطبقة تحت السطحية للتربة القيمة المنصوح بها حسب Shellshear وزملائه في S2, S3, S5, S7.

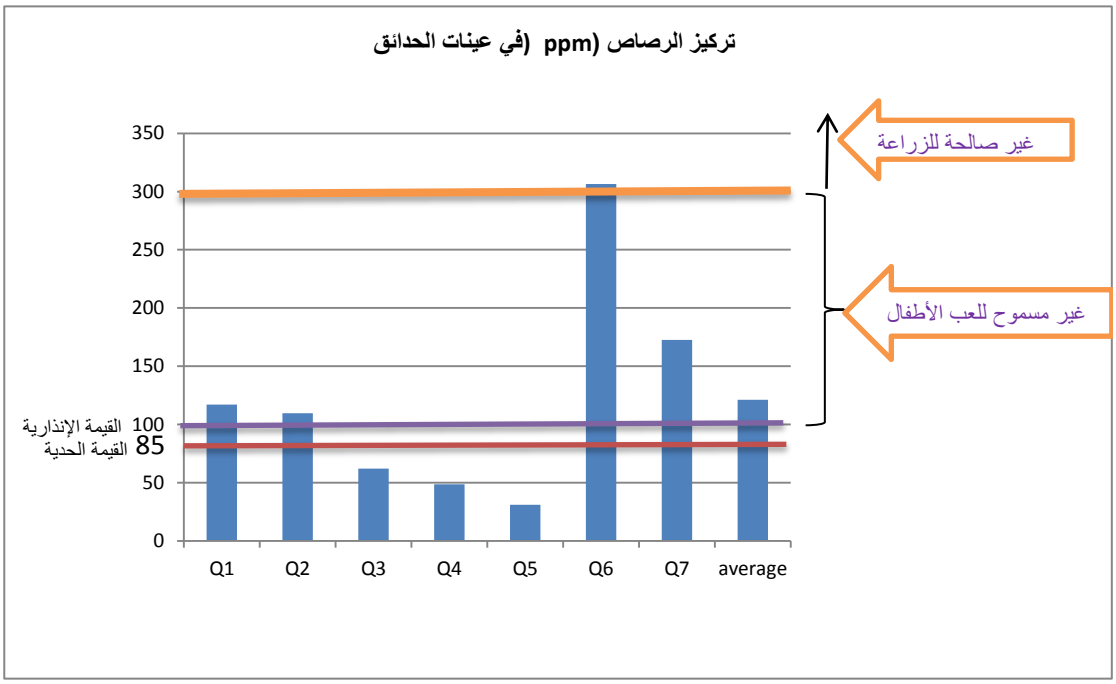
كما يُلاحظ أن تركيزات الرصاص في التربة تجاوزت القيمة المنصوح بها حسب Mielke وزملائه في ثلاث عينات مأخوذة من الطبقة السطحية للتربة.

- **تركيزات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق**

اعتبر مجلس ولاية مينيسوتا التشريعي أن التربة التي تركيز الرصاص فيها 100 ppm فما دون آمنة للعب الأطفال وصالحة للزراعة، كما اعتبر أن التربة التي تركيز الرصاص فيها فوق 100 ppm وتحت 300 ppm غير آمنة للعب الأطفال و صالحة للزراعة، وأن التربة التي تركيز الرصاص فيها 300 ppm فما فوق غير آمنة للعب الأطفال وغير صالحة للزراعة [72].

اعتبرت وكالة حماية البيئة أن التركيز الخطر للرصاص في المنتزهات هو 400 ppm [7].

اعتبر مجلس وزراء البيئة في كندة Canadian Council of Ministers of the Environment أن أكبر قيمة مقبولة لتركيز الرصاص في التربة في المنتزهات هي 140 ppm [49].




**الشكل 7 . تركيز الرصاص في عينات التربة المأخوذة من الحدائق**

يُلاحظ أن تركيز الرصاص تجاوز القيمة الإنذارية في أربع حدائق وهي Q1,Q2.Q6.Q7 وذلك حسب تشريعات جمهورية سلوفينيا..

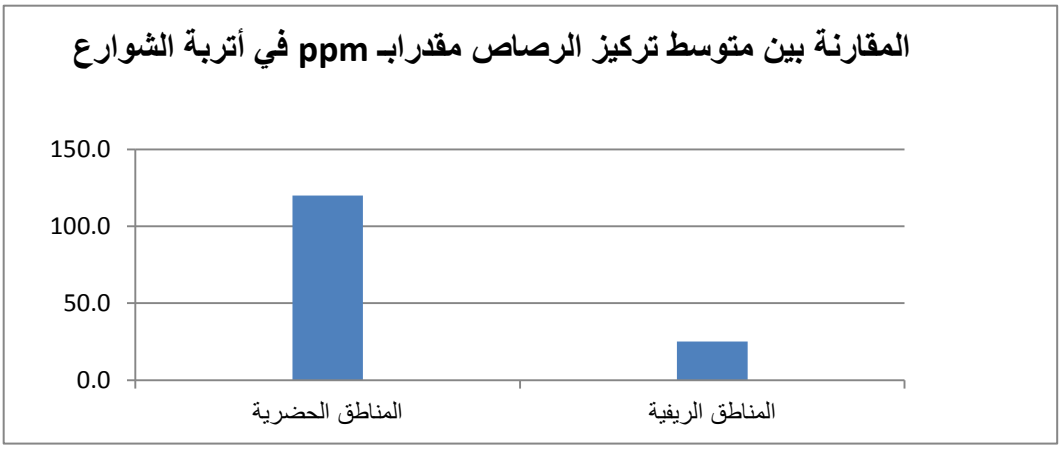
الحديقة Q6 لا تصلح للزراعة ولا تصلح للعب الأطفال.

الحدائق Q1,Q2,Q7 لا تصلح للعب الأطفال ولكنها تصلح للزراعة وذلك حسب مجلس ولاية مينيسوتا التشريعي.

يُلاحظ أن تركيز الرصاص في التربة في كل الحدائق المدروسة لم يتجاوز القيمة المنصوح بها من قبل وكالة حماية البيئة.

يُلاحظ أن تركيز الرصاص في التربة في الحديقتان Q7،Q6 تجاوز القيمة المنصوح بها من قبل مجلس وزراء البيئة في كندة.

- **تركيز الرصاص في المناطق الحضرية والمنطق الريفية**

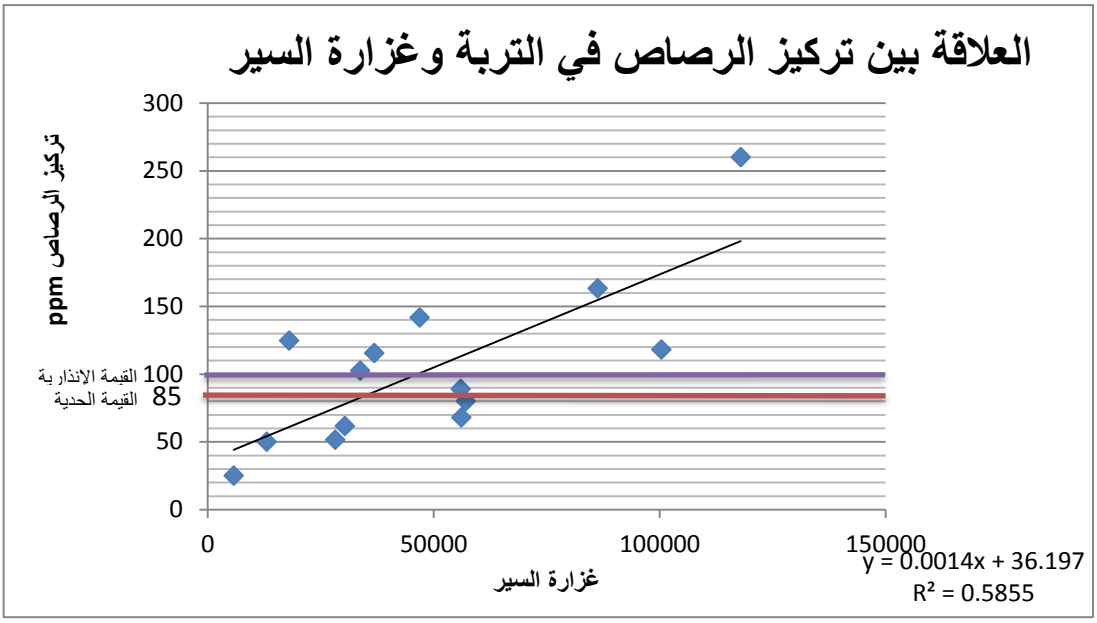



**الشكل 8 . متوسط تركيز الرصاص في المناطق الحضرية والمناطق الريفية**

يُلاحظ أن متوسط تركيز الرصاص في أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الحضرية تجاوز القيمة الإنذارية، بينما متوسط تركيز الرصاص في أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الريفية لم يتجاوز القيمة الحدية وذلك حسب تشريعات جمهورية سلوفينيا.

كما يُلاحظ أن متوسط تركيز الرصاص في أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الحضرية تجاوز القيمة المنصوح بها حسب Shellshear، ولم يتجاوز القيمة المنصوح بها حسب Mielke.

- **دراسة تأثير الحجم المروري على تركيز الرصاص في عينات التربة**

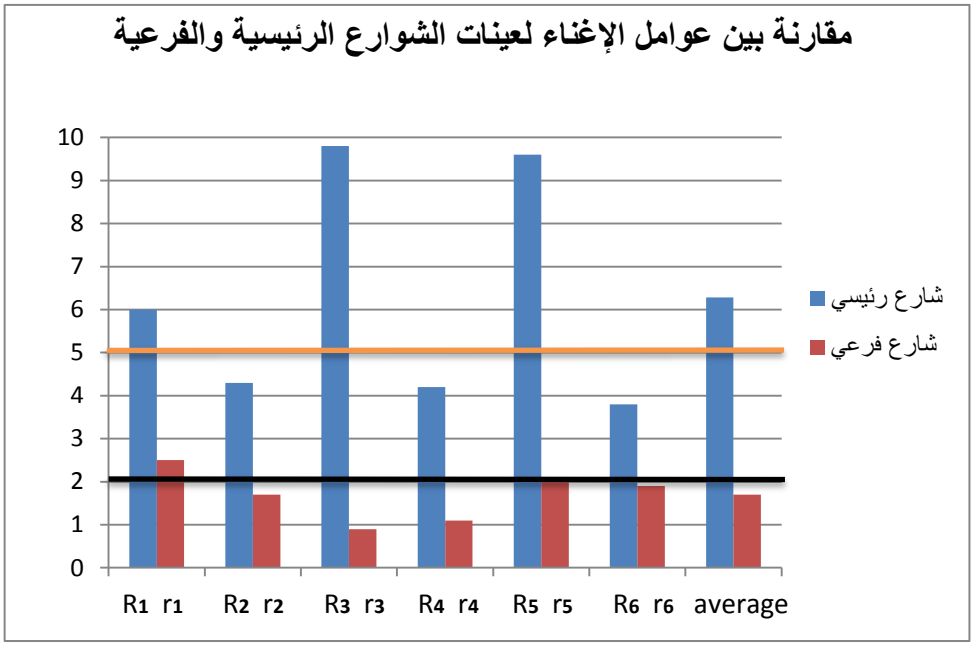



**الشكل 9 . الخط البياني لمعادلة الارتباط بين تركيزات الرصاص في التربة وبين غزارة السير في مناطق الإعتيان**

يُلاحظ أن سبع عينات تجاوز تركيز الرصاص فيها القيمة الإنذارية، وعينتين بلغتا القيمة الحدية وبقية العينات لم تبلغ القيمة الحدية وذلك حسب تشريعات جمهورية سلوفينيا.

كما يُلاحظ أن سبع عينات تجاوز تركيز الرصاص فيها القيمة المنصوح بها حسب Shellshear وعينتان تجاوز تركيز الرصاص فيهما القيمة المنصوح بها حسب Mielke.

- **عامل الإغناء Enrichment factor (EF) لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية**




**الشكل 10 . عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من التربة المجاورة للشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية**

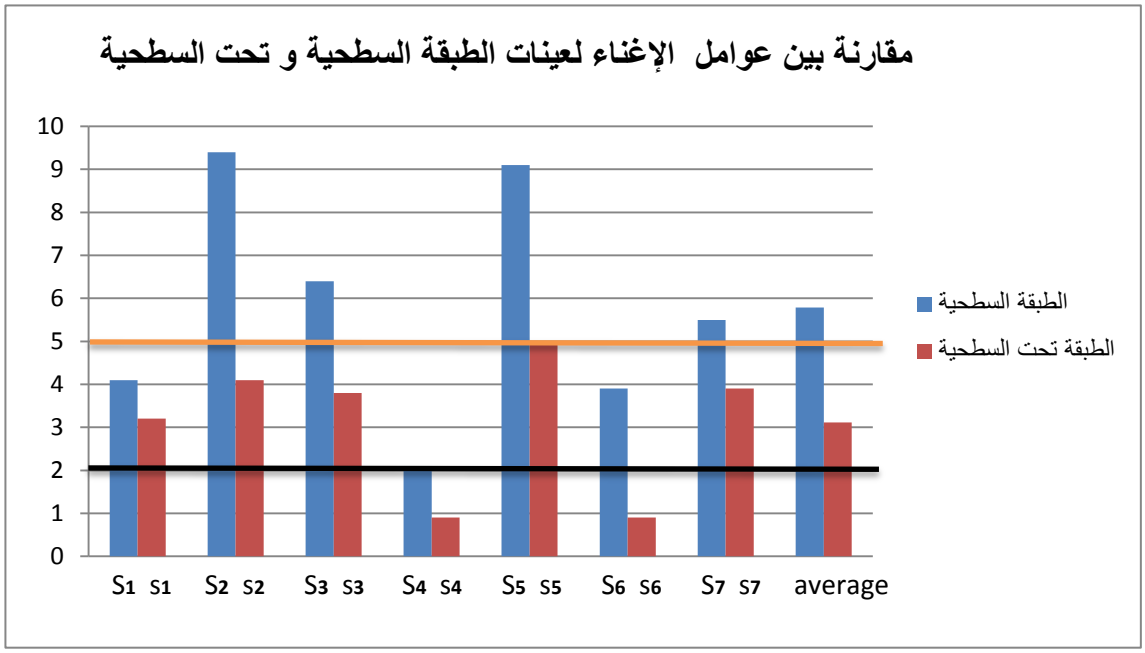
يُلاحظ أن العينات R1,R3,R5 تصنف على أنها ذات عامل إغناء مرتفع Significant enrichment.

و العينات R2,R4,R6 تصنف على أنها ذات عامل إغناء معتدل Moderate enrichment.

و العينات $r_1,r_5$ تصنف على أنها ذات عامل إغناء معتدل Moderate enrichment.

و العينات $r_2,r_3,r_4,r_6$ تصنف على أنها ذات عامل إغناء منخفض إلى معدوم Deficiently to minimal enrichment.

- **عامل الإغناء Enrichment factor (EF) لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية في بعض مناطق**




**الشكل 11 . عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية**

يُلاحظ أن العينات S2,S3,S5,S7 تصنف على أنها ذات عامل إغناء مرتفع Significant enrichment.

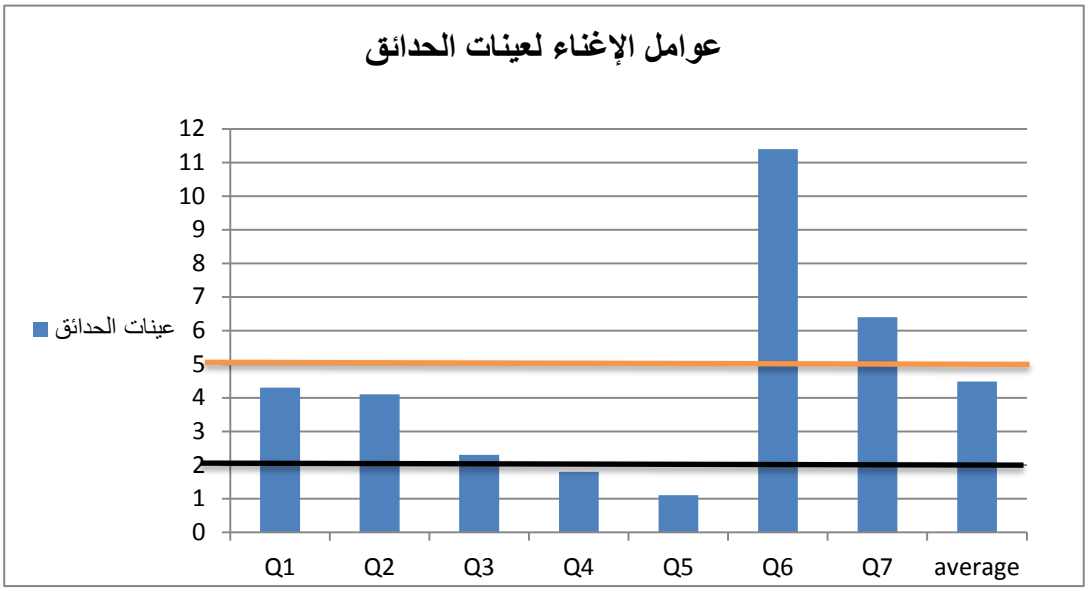
و العينات S1,S4,S6 تصنف على أنها ذات عامل إغناء معتدل Moderate enrichment.

و العينة S5 تصنف على أنها ذات عامل إغناء مرتفع Significant enrichment.

و العينات S1,S2,S3,S7 تصنف على أنها ذات عامل إغناء معتدل Moderate enrichment.

والعينات S4,S6 تصنف على أنها ذات عامل إغناء منخفض إلى معدوم Deficiently to minimal enrichment.

- **عامل الإغناء Enrichment factor (EF) لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق**



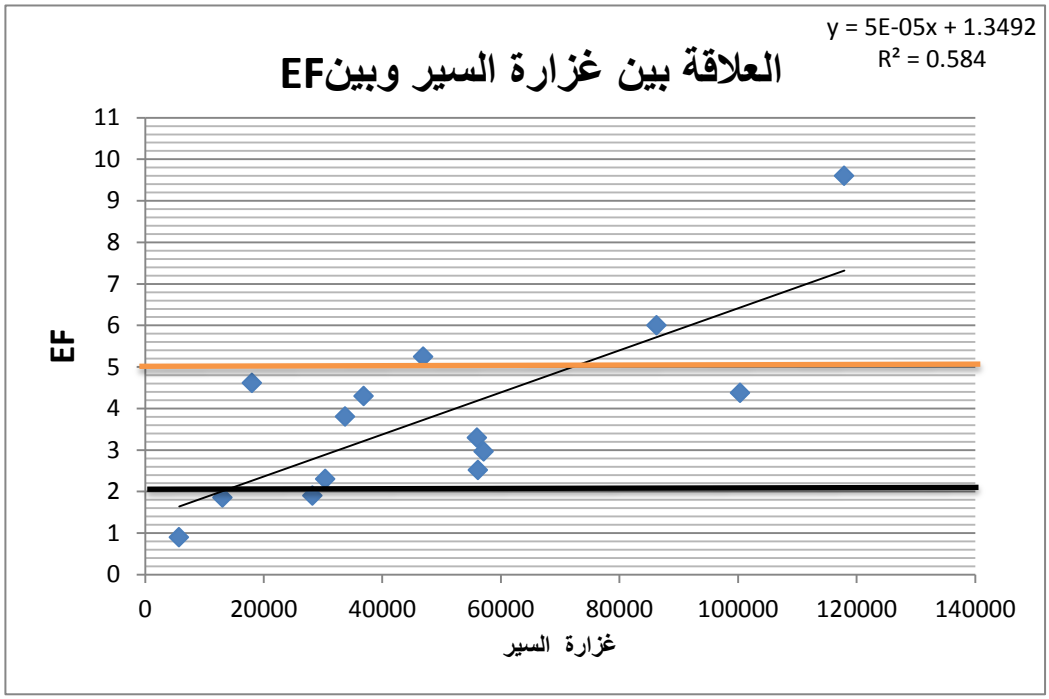

**الشكل 12 . عامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق**

يُلاحظ أن العينات Q6,Q7 تصنف على أنها ذات عامل إغناء مرتفع Significant enrichment.

والعينات Q1,Q2,Q3 تصنف على أنها ذات عامل إغناء معتدل Moderate enrichment.

والعينات Q4,Q5 تصنف على أنها ذات عامل إغناء منخفض إلى معدوم Deficiently to minimal enrichment.

- **دراسة تأثير غزارة السير على عوامل الإغناء**



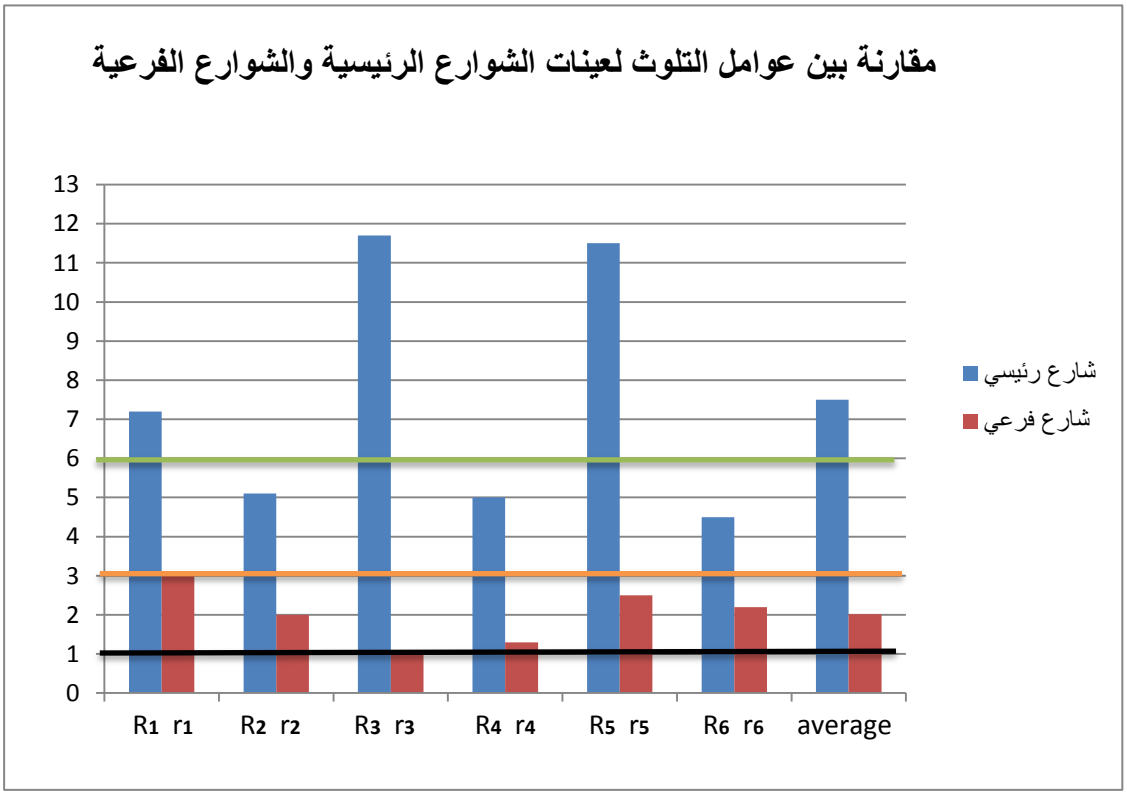

**الشكل 13 . الخط البياني لمعادلة الارتباط بين EF وبين غزارة السير في مناطق الإعتيان**

يُلاحظ أن ثلاث عينات تصنف على أنها ذات عامل إغناء مرتفع Significant enrichment.

كما يُلاحظ أن ثمان عينات تصنف على أنها ذات عامل إغناء معتدل Moderate enrichment.

كما يُلاحظ أن ثلاث عينات تصنف على أنها ذات عامل إغناء منخفض إلى معدوم Deficiently to minimal enrichment.

- **عوامل التلوث *Contamination factor (CF)* لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية**




**الشكل 14 . عوامل التلوث المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية**

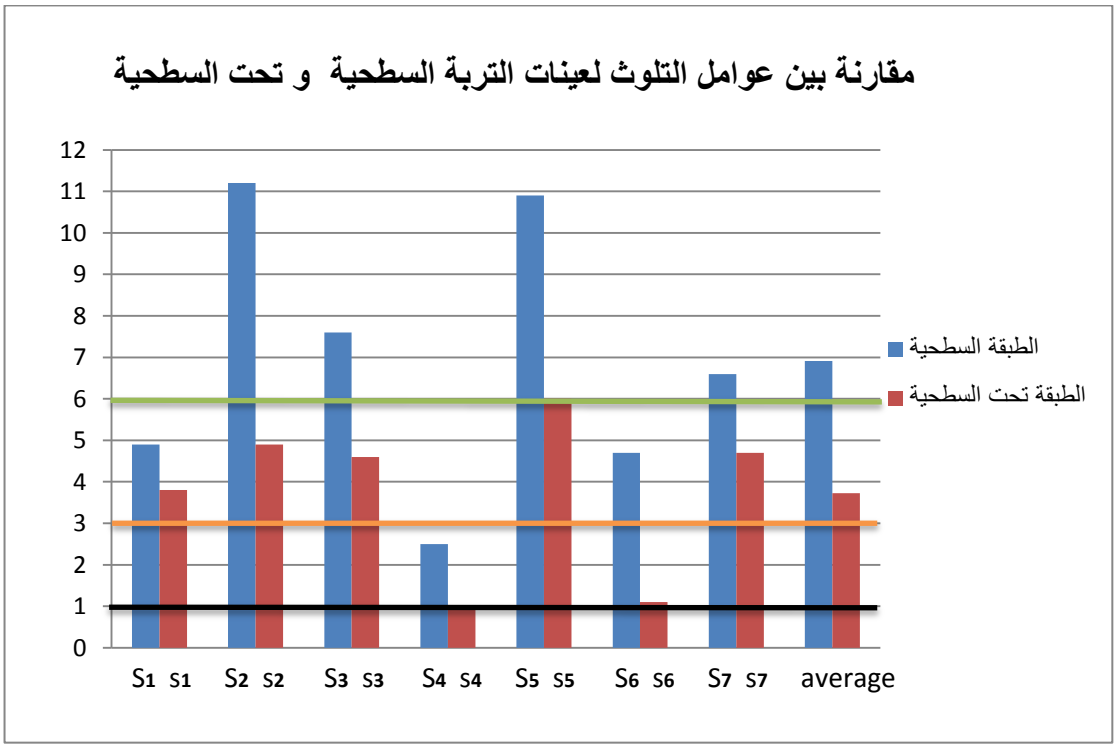
يُلاحظ أن العينات R1,R3,R5 تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع جدا very high contamination.

و العينات R2,R4,R6 تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع considerable contamination.

و العينة $r_1$ تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع considerable contamination.

و العينات $r_2,r_3,r_4,r_5,r_6$ تصنف على أنها ذات عامل تلوث معتدل moderate contamination.

- **عوامل التلوث *Contamination factor (CF)* لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية في بعض مناطق دمشق**




**الشكل 15 . عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية في بعض مناطق دمشق**

يُلاحظ أن العينات S2,S3,S5,S7 تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع جداً very high contamination.

و العينات S1,S6 تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع considerable contamination.

والعينة S4 تصنف على أنها ذات عامل تلوث معتدل moderate contamination.

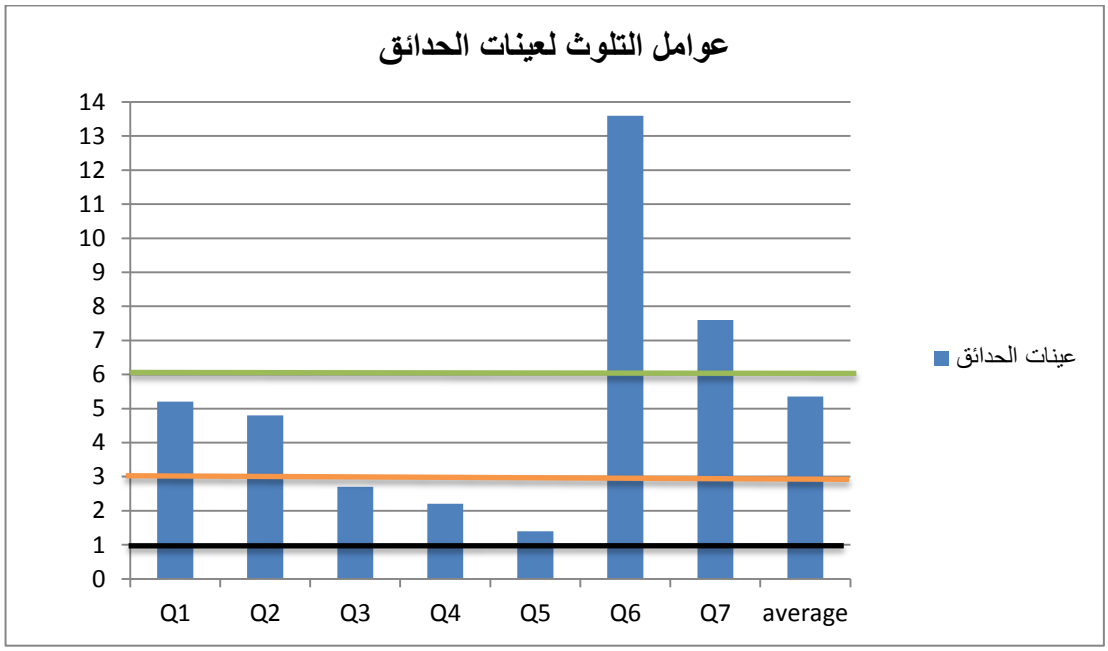
و العينات S5 تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع جداًvery high contamination.

و العينات S1,S2,S3,S7 تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع considerable contamination.

والعينة S6 تصنف على أنها ذات عامل تلوث معتدل moderate contamination.

والعينة S4 تصنف على أنها ذات عامل تلوث منخفض low contamination.

- عوامل التلوث ***Contamination factor (CF)*** لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق



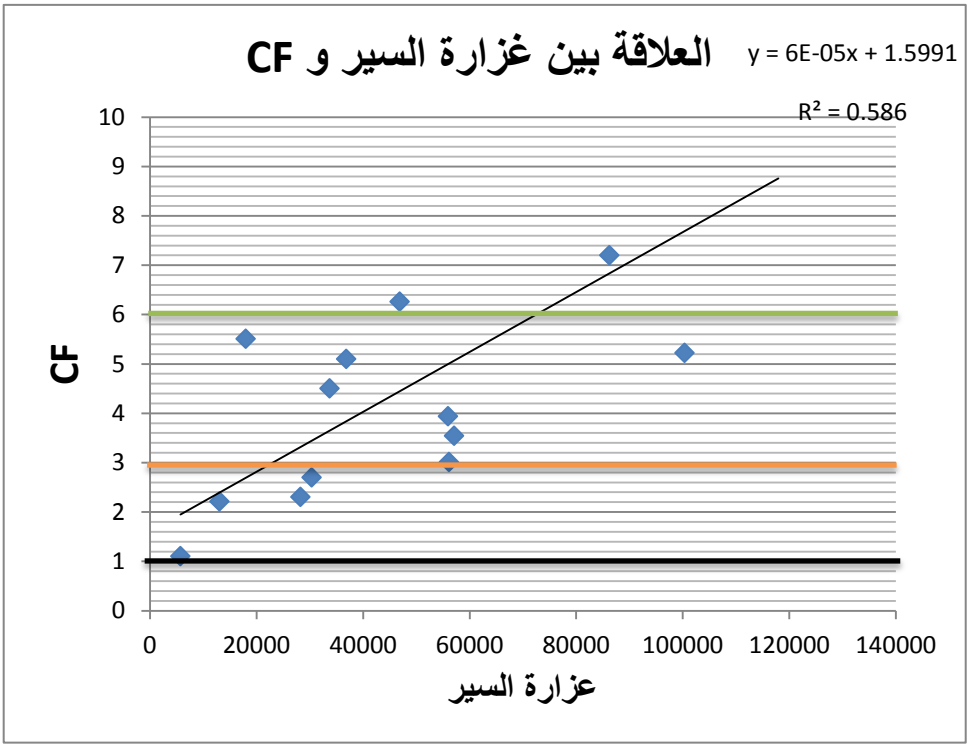

**الشكل 16 . عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق**

يُلاحظ أن العينات Q6,Q7 تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع جداً very high contamination.

والعينات Q1,Q2 تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع considerable contamination.

والعينات Q3,Q4,Q5 تصنف على أنها ذات عامل تلوث منخفض low contamination.

- **دراسة تأثير غزارة السير على عامل التلوث**



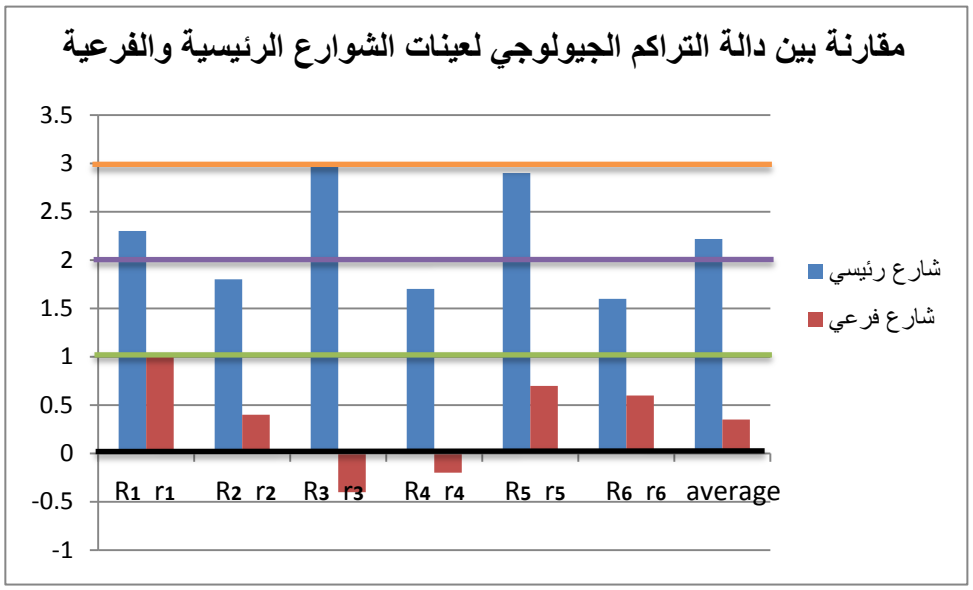

**الشكل 17 . الخط البياني لمعادلة الارتباط بين CF وبين غزارة السير في مناطق الإعتيان**

يُلاحظ أن ثلاث عينات تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع جدا very high contamination.

كما يُلاحظ أن سبع عينات تصنف على أنها ذات عامل تلوث مرتفع considerable contamination.

كما يُلاحظ أن أربع عينات تصنف على أنها ذات عامل تلوث معتدل moderate contamination.

- **دالة التراكم الجيولوجي (Igeo) *Geoaccumulation index* لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية**




**الشكل 18 . دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية**

يُلاحظ أن العينة R3 تصنف على أنها ملوثة بشدة Strongly contaminated.

والعينات R1,R5 تصنف على أنها بين الملوثة بشدة والملوثة باعتدال Moderately to strongly contaminated.

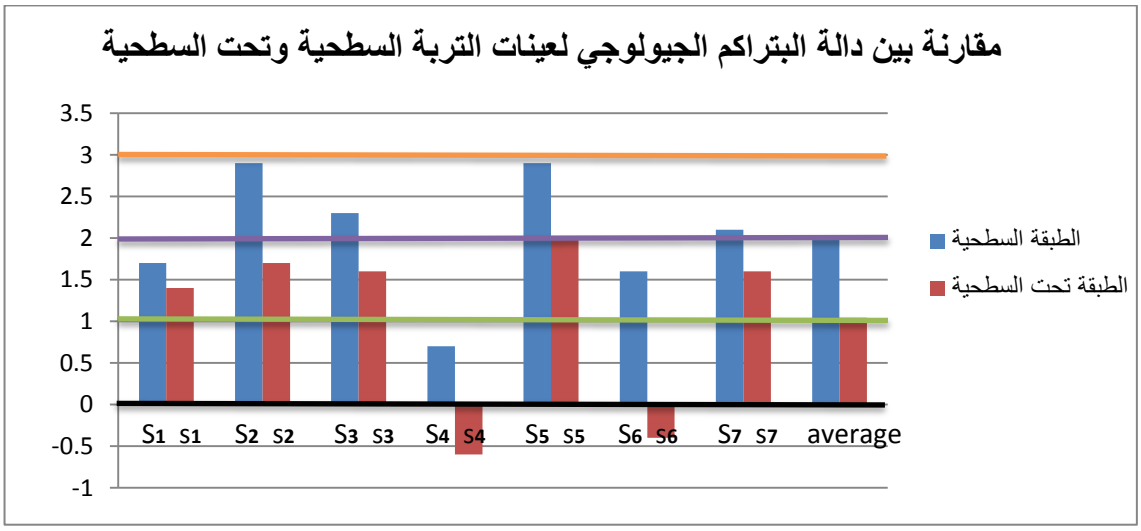
والعينات R2,R4,R6 تصنف على أنها ملوثة باعتدال Moderately contaminated.

والعينة $r_1$ تصنف على أنها ملوثة باعتدال Moderately contaminated.

و العينات $r_2,r_5,r_6$ تصنف على أنها بين الملوثة باعتدال وغير الملوثة Uncontaminated to moderately contaminated.

والعينات $r_3,r_4$ تصنف على أنها غير ملوثة Uncontaminated.

- **دالة التراكم الجيولوجي (Igeo) *Geoaccumulation index* لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية في بعض مناطق دمشق**




**الشكل 19 . دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية في بعض مناطق دمشق**

يُلاحظ أن العينات S2,S3,S5,S7 تصنف على أنها بين الملوثة بشدة والملوثة باعتدال Moderately to .strongly contaminated

و العينات S1,S6 تصنف على أنها ملوثة باعتدال Moderately contaminated.

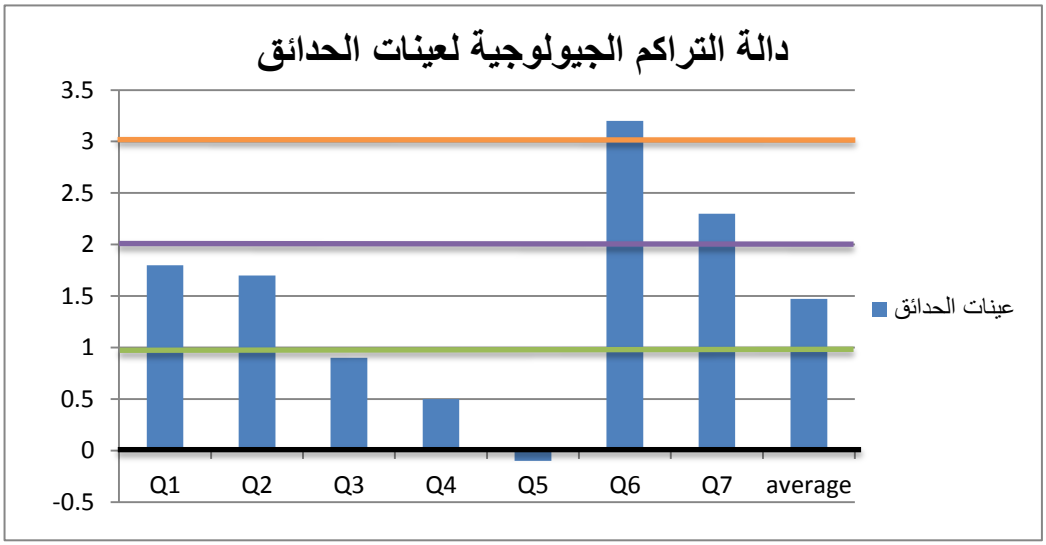
والعينة S4 تصنف على أنها بين الملوثة باعتدال وغير الملوثة Uncontaminated to moderately contaminated.

و العينات S5 تصنف على أنها بين الملوثة بشدة والملوثة باعتدال Moderately to strongly contaminated.

و العينات S1,S2,S3,S7 تصنف على أنها ملوثة باعتدال Moderately contaminated.

والعينة S4,S6 تصنف على أنها غير ملوثة Uncontaminated.

- **دالة التراكم الجيولوجي (Igeo) *Geoaccumulation index* لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق**




**الشكل 20 . دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق**

يُلاحظ أن العينة Q6 تصنف على أنها ملوثة بشدة Strongly contaminated.

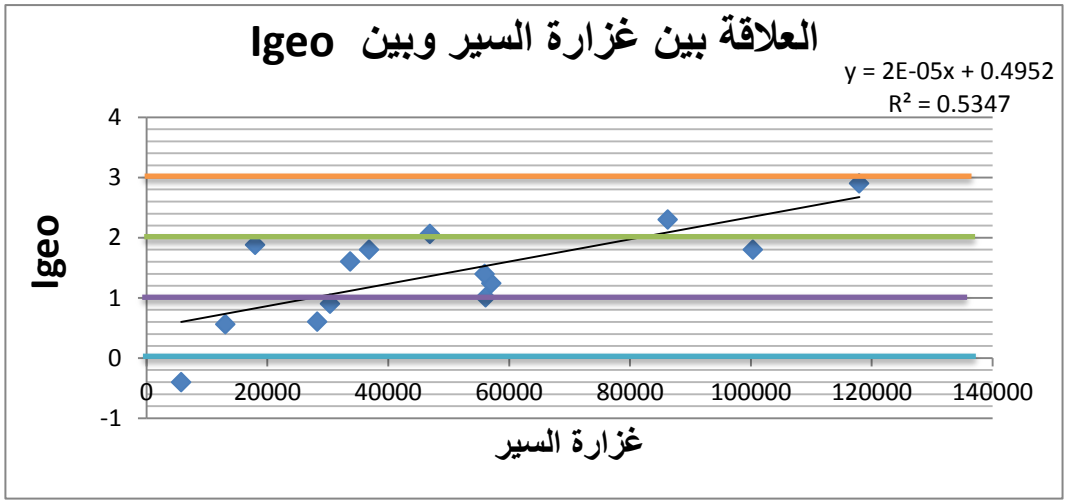
والعينات Q7 تصنف على أنها بين الملوثة بشدة والملوثة باعتدال Moderately to strongly contaminated.

والعينات Q1,Q2 تصنف على أنها ملوثة باعتدال Moderately contaminated.

والعينات Q3,Q4 تصنف على أنها بين الملوثة باعتدال وغير ملوثة Uncontaminated to moderately contaminated .

والعينة Q5 تصنف على أنها غير ملوثة Uncontaminated.

- **دراسة تأثير غزارة السير على دالة التراكم الجيولوجي**




**الشكل 21 . الخط البياني لمعادلة الارتباط بين Igeo وبين غزارة السير في مناطق الإعتيان**

يُلاحظ أن ثلاث عينات تصنف على أنها بين الملوثة بشدة والملوثة باعتدال Moderately to strongly contaminated.

كما يُلاحظ أن سبع عينات تصنف على أنها ملوثة باعتدال Moderately contaminated.

كما يُلاحظ أن ثلاث عينات تصنف على أنها بين الملوثة باعتدال وغير ملوثة Uncontaminated to moderately contaminated.

كما يُلاحظ أن عينة واحدة تصنف على أنها غير ملوثة Uncontaminated.

## 8. الاستنتاج

بعد استعراض النتائج يُلاحظ أن متوسط تركيز الرصاص في العينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية أعلى من متوسط تركيز الرصاص في العينات المأخوذة من الشوارع الفرعية التابعة لها، وكان الفارق بينهما جوهرياً وذا دلالة إحصائية ، كما أن متوسط عامل الإغناء وعامل التلوث ودالة التراكم الجيولوجية للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية أعلى من متوسط عامل الإغناء وعامل التلوث ودالة التراكم الجيولوجية للعينات المأخوذة من الشوارع الفرعية التابعة لها. وفي ذلك دليل على زيادة تلوث التربة بالرصاص في الشوارع الرئيسية عنها في الشوارع الفرعية، وفي أغلب الحالات يعود هذا الفرق بالتلوث إلى غزارة السير، حيث أن غزارة السير في الشوارع الرئيسية أكثر من غزارة السير في الشوارع الفرعية.

إن متوسط تركيز الرصاص في العينات المأخوذة من الطبقة السطحية للتربة أعلى من متوسط تركيز الرصاص في العينات المأخوذة من الطبقة تحت السطحية للتربة، وكان الفارق بينهما جوهرياً وذا دلالة إحصائية. وفي دراسة مشابهة أجريت في نيجيريا عام 2003 كان متوسط تركيز الرصاص في الطبقة السطحية للتربة أعلى من متوسط تركيز الرصاص في الطبقة تحت السطحية للتربة وكان الفارق بينهما جوهرياً[87].

كما أن متوسط عامل الإغناء وعامل التلوث ودالة التراكم الجيولوجية للعينات المأخوذة من الطبقة السطحية للتربة أعلى من متوسط عامل الإغناء وعامل التلوث ودالة التراكم الجيولوجية للعينات المأخوذة من الطبقة تحت السطحية للتربة. إن ارتفاع تركيز الرصاص في الطبقة السطحية من التربة أكثر من الطبقة تحت السطحية يدل على حدوث التلوث بالرصاص.

يُلاحظ وجود تركيز مرتفع للرصاص في عدد من العينات المأخوذة من الطبقة تحت السطحية للتربة وذلك يرجع إلى سببين :

أ- تقليب التربة

ب- عدم تدرك الرصاص

يُلاحظ وجود علاقة ارتباط قوية بين تركيز الرصاص في التربة وعامل الإغناء وعامل التلوث ودالة التراكم الجيولوجية من جهة وغزارة السير من جهة أخرى وهو ارتباط طردي.

وفي دراسة مشابهة أجريت في نيجيريا عام 2010 تبين وجود علاقة ارتبط إيجابية ذو دلالة إحصائية بين تركيز الرصاص في التربة المجاورة للشوارع وبين غزارة السير[88].

يُلاحظ أن تركيز الرصاص في عينات التربة المأخوذة من الشوارع الواقعة في المناطق الحضرية أعلى من تركيز الرصاص في عينات التربة المأخوذة من الشوارع الواقعة في المناطق الريفية، وذلك يشير إلى مدى مساهمة النشاطات البشرية في حدوث التلوث

بالرصاص، ونذكر من هذه النشاطات صناعة البطاريات و ورشات تصليع السيارات واستخدام البنزين الحاوي على الرصاص كوقود للسيارات في السنوات السابقة حيث أن الرصاص يبقى ثابتاً في التربة لسنوات طويلة.

يُلاحظ أن أكثر العينات التي أخذت من مدينة دمشق تجاوزت القيمة الإنذارية وفقاً لتشريعات جمهورية سلوفينيا وفي ذلك دليل على وجود تلوث بالرصاص في مدينة دمشق.

بالنسبة للحدائق المخصصة للعب الأطفال يُلاحظ أن أربع حدائق من أصل سبع حدائق تم جمع العينات منها غير ملائمة للعب الأطفال حسب مجلس ولاية مينيسوتا التشريعي، وبالتالي فإن الأطفال الذين يلعبون في الحدائق معرضون للتلوث بالرصاص وبالتالي حدوث تلوث مزمن بالرصاص، والخطورة تكمن في أن التسمم المزمن بالرصاص عند الأطفال ليس له أعراض سريرية واضحة في أغلب الأحيان، ومع ذلك يحدث تدميراً تدريجياً للجهاز العصبي ، وانخفاضاً في معامل الذكاء ، ولا يظهر أثر ذلك إلا بعد عدة سنوات.

## 9. التوصيات

- القيام بفحوص دورية لمستوى الرصاص في الدم للأطفال الذين يرتادون الحدائق العامة بشكل دائم.
- القيام بدراسة محتوى الرصاص في التربة في بقية المحافظات السورية.
- السعي في أن تكون الحدائق المخصصة للعب الأطفال بعيدة عن الشوارع المزدحمة والأبنية القديمة .
- القيام بتغطية أتربة الحدائق العامة القريبة من الشوارع بالرمال حتى لا يصل الرصاص الموجود في التربة إلى أيدي الأطفال الذين يرتادونها.
- القيام بدراسة محتوى التربة من المعادن الثقيلة الأخرى والتي لها آثار ضارة على البيئة والإنسان .
- القيام بدراسة محتوى الرصاص في الغبار الذي داخل البيوت المجاورة للشوارع المزدحمة.
- عدم زراعة المحاصيل الزراعية وخاصة الورقية في المناطق القريبة من الشوارع المزدحمة.
- إبعاد مصادر التعرض للرصاص عن الأماكن السكنية قدر الإمكان.

الملخص

هدف البحث Aim of study

إن دراسة الرصاص في التربة في مناطق مختلفة من دمشق وما حولها يمكن أن يعكس مدى تلوث هذه المناطق بالرصاص .

كما يترافق رصد مستويات الرصاص في عينات التربة مع العمل على تفسير روابط هذه النتائج مع مسبباتها من نشاطات بشرية في مناطق الإعتيان والتي تشكل مصدراً لتلوث الرصاص .

الطرق

تم قياس تركيز الرصاص في ست عينات من التربة مأخوذة من ست شوارع رئيسية و ست عينات مأخوذة من ست شوارع فرعية للمقارنة فيما بينها ، وتم قياس تركيز الرصاص في سبع عينات مأخوذة من الطبقة السطحية للتربة و سبع عينات مأخوذة من الطبقة تحت السطحية للتربة للمقارنة فيما بينها، وتم قياس تركيز الرصاص في أربع عشرة عينة مأخوذة من أربعة عشر شارع متفاوتةً فيما بينها بالحجم المروري، وتم قياس تركيز الرصاص فيه أربع عينات من التربة مأخوذة من أربعة شوارع واقعة في أربع مناطق ريفية ، وتم قياس تركيز الرصاص في سبع عينات من التربة مأخوذة من سبع حدائق . حيث أجريت القياسات بواسطة جهاز الامتصاص الذري، ولتحضير العينات من أجل قياسها في الجهاز المذكور تم هضم العينات بالماء الملكي وبعد ذلك تم ترشيحها ، و مددت الرشاحة بالماء منزوع الشوارد لتصبح جاهزة لقياس تركيز الرصاص فيها بجهاز الامتصاص الذري.

النتائج

- متوسط تركيزات الرصاص في أتربة الشوارع الرئيسية يساوي 169.9 ppm ، بينما متوسط تركيزات الرصاص في أتربة الشوارع الفرعية يساوي 45.7 ppm.
- متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من التربة السطحية يساوي 156.2 ppm ، بينما متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من التربة تحت السطحية يساوي 84.13 ppm .
- متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من بعض حدائق دمشق 121 ppm.
- متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الحضرية 120 ppm.

- متوسط تركيز الرصاص في العينات المأخوذة من أتربة الشوارع الواقعة في المناطق الريفية 25.2 ppm.

الاستنتاج

- تبين أن الفارق بين متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من أتربة الشوارع الرئيسية وبين متوسط تركيزات الرصاص في العينات المأخوذة من أتربة الشوارع الفرعية هو فارق جوهري ذو دلالة إحصائية، حيث كانت قيمة p-value هي 0.003 وهي أقل من 0.05 .
- تبين أن الفارق بين متوسط تركيزات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية وبين متوسط تركيزات الرصاص في عينات التربة المأخوذة من الطبقة تحت السطحية هو فارق جوهري ذو دلالة إحصائية، حيث كانت قيمة p-value هي 0.046 وهي أقل من 0.05 .
- نلاحظ أن متوسط تركيزات الرصاص في التربة في المناطق الحضرية تجاوز القيمة الإنذارية، بينما متوسط تركيزات الرصاص في التربة في المناطق الريفية لم يتجاوز القيمة الحدية.
- تبين أنه يوجد علاقة ارتباط طردي بين تركيزات الرصاص في عينات التربة وبين غزارة السير في أماكن الإعتيان ، وهو ارتباط قوي حيث: R = 77

Research Summarization.

Aim of this research:

The study of lead in the soil in different parts of Damascus and Damascus countryside reflects the extent of lead contamination of these regions.

That soil lead contamination, we can make a quantitative measurement of lead, and then take the advantages of the results of this measurement to know the extent of lead contamination of the surrounding environment in the studied areas.

Also accompanied by monitoring lead levels in soil samples with work on the interpretation of these results with links causes of human activities in the areas of sampling and which are a source of lead contamination.

Methods:

Lead concentrations were measured in 6 samples taken from the soil adjacent to 6 main streets and 6 samples taken from the soil adjacent to 6 side streets for comparison with each other, and measured the concentration of lead in 7 samples taken from the surface layer of the soil and 7 samples taken from the subsurface soil for comparison with each other, and measured the concentration of lead in the 14 samples taken from the soil adjacent to 14 Streets varying among other with the traffic volumes., and measured the concentration of lead in 4 soil samples taken from the rural areas, and measured the concentration of lead in 7 soil samples taken from 7 gardens. To

prepare the samples to be measured by atomic absorption spectrometry, soil samples were digested with aqua regia then was filtered, and diluted with deionized water to get ready for the measurement of the concentration of lead by atomic absorption spectrometry.

Results

• The average concentrations of lead in the soil of the main streets equals 169.9 ppm, while the average concentrations of lead in soil the side streets equals 45.7 ppm.

• The average concentrations of lead in soil samples taken from the surface equals 156.2 ppm, while the average concentrations of lead in soil samples taken from under the surface equals 84.13 ppm

• Average lead concentrations in samples that were taken from some Damascus gardens equals 121 ppm

• The average concentration of lead In soil in urban areas equals 120 ppm

• The average concentration of lead in soil in rural areas equals 25.2 ppm

Conclusion

• Show that the difference between the average concentrations of lead in samples taken from the soil adjacent to the main streets and the average concentrations of lead in samples taken from the soil adjacent to the side streets is the statistically significant difference, where p-value is 0.003 which is less than 0.05.

• Show that the difference between the average concentrations of lead in soil samples taken from the surface layer and the average concentrations of lead in soil samples taken from the subsurface layer is the statistically significant difference, where p-value is 0.046 which is less than 0.05.

• Note that the average concentration of lead in the soil in urban areas exceeded the alerting value , while the average concentration of lead in soil in rural areas did not exceed the boundary value.

• show that there is a Positive correlation between concentrations of lead in soil samples and traffic volumes , which is a strong correlation where: R = 77.

## فهرس الجداول

الجدول رقم (1) القيم الطبيعية لتركيز الرصاص في التربة
الجدول رقم (2) كمية الرصاص التي تتراكم في التربة سنوياً ومساهمة كل مصدر في هذا التراكم
الجدول رقم (3) العينات التي تم جمعها من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية
الجدول رقم (4) العينات التي تم جمعها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية للتربة
الجدول رقم (5) العينات التي تم جمعها من بعض حدائق دمشق
الجدول رقم (6)عينات التربة التي تم جمعها من شوارع متفاوتة الحجم المروري
الجدول رقم (7) العينات التي تم جمعها من المناطق الريفية
الجدول رقم (8) طريقة تحضير محاليل الرصاص العيارية
الجدول رقم (9) جدول قيم الامتصاصية لمحاليل الرصاص العيارية
الجدول رقم (10) تركيز الرصاص في العينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية
الجدول رقم (11)تركيز الرصاص في العينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية
الجدول رقم (12) تركيز الرصاص في العينات التي تم أخذها من الحدائق
الجدول رقم (13) تركيز الرصاص في شوارع متفاوتة الجم المروري
الجدول رقم (14) غزارة السير عام 1998
الجدول رقم (15) تركيز الرصاص في عينات التربة مرفقة مع غزارة السير الحالية الموافقة
الجدول رقم (16) تركيز الرصاص في الشوارع الريفية
الجدول رقم (17) EF للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية و الشوارع الفرعية
الجدول رقم (18) EF للعينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية
الجدول رقم (19) EF للعينات التي تم أخذها من الحدائق

**الجدول رقم (20) EF للعينات المأخوذة من شوارع متفاوتة الجم المروري**
**الجدول رقم (21) CF للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية و الشوارع الفرعية**
**الجدول رقم (22) CF للعينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية**
**الجدول رقم (23) CF للعينات التي تم أخذها من الحدائق**
**الجدول رقم (24) CF للعينات المأخوذة من شوارع متفاوتة الجم المروري**
**الجدول رقم (25) تصنيف دالة التراكم الجيولوجي**
**الجدول رقم (26) geo/ للعينات المأخوذة من الشوارع الرئيسية و الشوارع الفرعية**
**الجدول رقم (27) geo/ للعينات التي تم أخذها من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية**
**الجدول رقم (28) geo/ للعينات التي تم أخذها من الحدائق**
**الجدول رقم (29) geo/ للعينات المأخوذة من شوارع متفاوتة الجم المروري**

## فهرس الاشكال

الشكل رقم (1) جمع إحدى العينات السطحية
الشكل رقم (2) الخط البياني لامتصاصية الرصاص
الشكل رقم (3)هضم العينة
الشكل رقم (4) قياس العينة بمقياس الامتصاص الذري اللهبي
الشكل رقم (5) مقارنة بين تركيزات الرصاص في أتربة الشوارع رئيسية وأتربة الشوارع فرعية
الشكل رقم (6) مقارنة بين تركيزات الرصاص في الطبقة السطحية و الطبقة تحت السطحية للتربة
الشكل رقم (7) تركيز الرصاص في عينات التربة المأخوذة من الحدائق
الشكل رقم (8) متوسط تركيز الرصاص في الناطق الحضرية والمناطق الريفية
الشكل رقم (9) الخط البياني لمعادلة الارتباط بين تركيزات الرصاص في التربة وبين غزارة السير في مناطق الإعتيان
الشكل رقم (10) عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية
الشكل رقم (11) عوامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية
الشكل رقم (12) عامل الإغناء لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق
الشكل رقم (13) الخط البياني لمعادلة الارتباط بين EF وبين غزارة السير في مناطق الإعتيان
الشكل رقم (14) عوامل التلوث المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية
الشكل رقم (15) عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية في بعض مناطق دمشق
الشكل رقم (16)عوامل التلوث لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق

**الشكل رقم (17)الخط البياني لمعادلة الارتباط بين CF وبين غزارة السير في مناطق الإعتيان**

**الشكل رقم (18) دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الشوارع الرئيسية والشوارع الفرعية**

**الشكل رقم (19) دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية في بعض مناطق دمشق**

**الشكل رقم (20) دالة التراكم الجيولوجي لعينات التربة المأخوذة من بعض حدائق مدينة دمشق**

**الشكل رقم (21) الخط البياني لمعادلة الارتباط بين Igeo وبين غزارة السير في مناطق الإعتيان**

الاختصارات

ASTM American Society for Testing and Materials

الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد

CDC United States Centers for Disease Control and Prevention

مراكز المتحدة الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها

CPSC United States Consumer Product Safety Commission

الولايات المتحدة لجنة سلامة المنتجات الاستهلاكية

EPA United States Environmental Protection Agency

الوكالة الأمريكية لحماية البيئة

HUD United States Department of Housing and Urban Development

وزارة الإسكان والتنمية الحضرية الأمريكية

JECFA United Nations Food and Agriculture Organization and World Health Organization Joint Expert Committee on Food Additives

منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية لجنة الخبراء المشتركة المعنية بالمواد المضافة إلى الأغذية

OECD Organisation for Economic Co-operation and Development

منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية

UNEP United Nations Environment Programme

برنامج الأمم المتحدة للبيئة

USPSTF United States Preventive Services Task Force

فرقة العمل المعنية بالخدمات الوقائية في الولايات المتحدة

WHO World Health Organization

منظمة الصحة العالمية

BLL blood lead level

مستوى الرصاص في الدم

IQ intelligence quotient

عامل الذكاء

PM10 particulate matter less than 10 μm in diameter

الجسيمات التي قطرها أقل من 10مكغ

PM2.5 particulate matter less than 2.5 μm in diameter

الجسيمات التي قطرها أقل من 2.5 مكغ

NRC US National Research Council

مجلس البحوث القومي الأمريكي

AAS atomic absorption spectroscopy

مطيافية الامتصاص الذري

GFAAS graphite furnace atomic absorption spectrometry

مطيافية الامتصاص الذري الغرافيتي

ICP/AES inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy

مطيافية الانبعاث الذري بالحث المقترن بالبلازما

XRF X-ray fluorescence

فلورة الأشعة السينية

AER air exchange rate

مطيافية الانبعاث الذري

ASV Anodic Stripping Voltammetry

(الرسم الاستقطابي (البولاروغراف) القائم على قياس الفولطية بالنزع الآنودي (المصعدي

OSHA Occupational Safety and Health Administration

إدارة السلامة والصحة المهنية

EDTA Ethylenediamine tetra-acetic acid

ثنائي أمين الإيثيلين رباعي حمض الخل

## 10. المراجع


1. World Health Organization publication (2010) “Childhood lead poisoning” Geneva, Switzerland.
2. OECD regulation (1993), “RISK REDUCTION MONOGRAPHS” Paris, France.
3. مسوح ل،الدقاق م. علم السموم ،كتاب علم السموم كلية الصيدلة، منشورات جامعة دمشق الطبعة السادسة، 443- 455 (1999).
4. National Research Council (1980), United States of America.
5. Nriagu, J. and Pacyna, J. (1988). "Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals." *Nature*, 333:134-139.
6. Bhowmik Debjit, Kumar K. P. Sampath and Umadevi M. Lead Poisoning the Future of Lead’s Impact Alarming on Our Society. THE PHARMA INNOVATION, Vol. 1, No. 6 2012.
7. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (2007) “TOXICOLOGICAL PROFILE FOR LEAD” Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry Atlanta, Georgia.
8. Healy M, et al. (1982). Lead sulfide and traditional preparations: Routes for ingestion and solubility and reactions in gastric fluid. J Clin Hosp Pharm 7:169-73.
9. Hipkins KL, Materna BL, Kosnett MJ, Rogge JW, Cone JE. Medical Surveillance of the Lead Exposed Worker. AAOHN Journal 46(7): 330-339, 1998.
10. Vella Vance , O’Brien Elizabeth, Idris Elisa, et al. Health Impacts of Lead Poisoning "A preliminary listing of the health effects and symptoms of lead poisoning". The LEAD Group Inc. Update 23rd March 2011.

11. Louis, ED, EC Jurewicz, LK Applegate, P Factor-Litvak, M Parides, L Andrews, V Slavkovich, JH Graziano, S Carroll and A Todd. (2003). "Association Between Essential Tremor and Blood Lead Concentration Environmental Health Perspectives", No:3 july 2003
12. Rempel, D. MD (1989). The Lead-Exposed Worker California occupational health program JAMA Vol 262 No 4 Jul.
13. Royce, S. E. (1992). Lead toxicity. US Dept of Health and Human Services Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Sept.
14. Fischbein, A. (1992). Occupational and environmental lead exposure. In Environmental andOccupational Medicine, 2nd edn. Ed W.N. Rom. Little, Brown & Co.
15. National Research Council (US). (1993). Measuring lead exposure in infants children and othersensitive populations. National Academy Press, Washington DC.
16. Alperstein, G., Reznik, R. & Duggin, G. (1991). Lead: Subtle forms and new modes of poisoning. The Medical Journal of Australia Vol 155 Sept 16.
17. Rokho Kim, MD, DrPH; Andrea Rotnitzky, PhD; David Sparrow, DSc; Scott T. Weiss, MD, MSc; Carrie Wager, BSc; Howard Hu, MD, ScD . (1996). A Longitudinal Study of Low level lead exposure and impairment of renal function. JAMA Vol 275 No 15 April 1996. p. *1177-1181*.
18. Gonick HC (2008). Nephrotoxicity of cadmium & lead. *Indian Journal of Medical Research*, 128:335–352.
19. Akesson A et al. (2005). Tubular and glomerular kidney effects in Swedish women with low environmental cadmium

exposure. *Environmental Health Perspectives*, 113:1627–1631.

20. American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health (2003). *Pediatric environmental health*, 2nd ed. Elk Grove Village, IL, American Academy of Pediatrics.
21. Mahaffey KR (1995). Nutrition and lead: strategies for public health. *Environmental Health Perspectives*, 103(Suppl. 6):191–196
22. Needleman HL et al. (1990). The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood. An 11-year follow-up report. *New England Journal of Medicine*, 322(2):83–88.
23. Pilsner JR et al. (2009). Influence of prenatal lead exposure on genomic methylation of cord blood DNA. *Environmental* Health Perspectives, 117:1466–1471.
24. Schneider JS, DeCamp E (2007). Postnatal lead poisoning impairs behavioral recovery following brain damage. Neurotoxicology, 28(6):1153–1157.
25. Dietert RR, Piepenbrink MS (2006). Perinatal immunotoxicity: why adult exposure assessment fails to predict risk. *Environmental Health Perspectives*, 114:477–483.
26. Landrigan PJ (1989). Toxicity of lead at low dose. *British Journal of Industrial Medicine*, 46(9):593–596.
27. Schwartz J et al. (1990). Lead-induced anemia: dose-response relationships and evidence for a threshold. *American Journal of Public Health*, 80(2):165–168.

28. Byers RK, Lord EE (1943). Late effects of lead poisoning on mental development. American Journal of Diseases of Children, 66:471–494.
29. Bellinger DC, Bellinger AM (2006). Childhood lead poisoning: the torturous path from science to policy. Journal of Clinical Investigation, 116(4):853–857.
30. Needleman HL et al. (1979). Deficits in psychologic and classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *New England Journal of Medicine*, 300(13):689–695.
31. Schwartz J (1994). Low-level lead exposure and children's IQ: a meta-analysis and search for a threshold. *Environmental Research*, 65(1):42–55.
32. Godwin HA (2001). The biological chemistry of lead. *Current Opinion in Chemical Biology*, 5(2):223–227.
33. Markowitz M (2000). Lead poisoning. *Pediatrics in Review*, 21(10):327–335.
34. Smith, M. A., Grant, L. D. & Sors, A. (1989). Lead exposure and child development: an international assessment. Kleeven Academic Publishers.
35. Berry, M., Garrard, J. & Greene, D. (1994). Reducing Lead Exposure in Australia. Commonwealth Department of Human Services and Health, Canberra.
36. Bellinger, D. & Needleman, H. L. (1992). Neurodevelopmental effects of low-level lead exposure in children. In Human Lead Exposure, ed H. L. Needleman, CRC Press.

37. Needleman, H. L., Riess, J. A., Tobin, M., Biesecker, G. & Greenhouse, J.B. (1996). Bone Lead Levels and Delinquent Behavior. vol 275 No 5 JAMA. February 7. pp 363-369.
38. Fox, D. A. (1992). Visual and Auditory System Alterations following Developmental or Adult Lead Exposure: a critical review. In Human Lead Exposure, ed H. L. Needleman, CRC Press.
39. Moore PV. 1995. Lead toxicity-by the Agency for Toxic Substances and Disease Registry. AAOHN J 43(8):428-438.
40. Todd AC, Wetmur JG, Moline JM, et al. 1996. Unraveling the chronic toxicity of lead: An essential priority for environmental health. Environ Health Perspect 104(1):141-146.
41. Flegal AR, Smith DR. 1995. Measurements of environmental lead contamination and human exposure. Rev Environ Contam Toxicol 143:1-45.
42. Goyer RA. 2001. Lead. In: Bingham E, Cohrssen B, Powell CH, eds. Patty's toxicology. 5th edition. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc., 611-675.
43. Blakley BR, Archer DL. 1982. Mitogen stimulation of lymphocytes exposed to lead. Toxicol Appl Pharmacol 62:183-189.
44. Bloom NS, Crecelius EA, 1987. Distribution of silver, mercury, lead, copper, and cadmium in Central Puget Sound sediments. Mar Chem 21:377-390.
45. Beyer WN, Cromartie EJ. 1987. A survey of Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, As, and Se in earthworms and soil from diverse sites. Environ Monit Assess 8:27-36.

46. EPA. 1986c. Test methods for evaluating solid waste SW-846: Physical/chemical methods. Method Nos. 7420 and 7421. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response.
47. Holmgren, G.G., M.W. Meyer, R.L. Chaney, and R.B. Daniels. 1993. *Cadmium, lead, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America.* Journal of Environmental Quality 22:335-348.
48. Plesnicar Ales and zupancic Nina. Heavy metal contamination of roadside soil along Ljubljana – Obrezje highway. RMZ – Materials and Geoenvironment, Vol. 52, No. 2, 403 – 418, 2005.
49. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. “Recommended Canadian Soil Quality Guidelines" (Canadian Council of Ministers of the Environment, March 1997, Winnipeg).
50. Rolfe, G.L., A. Haney, and K.A. Reinbold. 1977. Environmental contamination by lead and other heavy metals. Vol.2. Ecosystem Analysis. Institute for Environmental Studies. University of Illinois, Urbana-Champaign. 112pp.
51. Singer, M.J. and L. Hanson. 1969. Lead accumulation in soils near highways in the Twin Cities metropolitan area. Soil Science Society of America Proceedings 33:152-153.
52. Chaney, R.L., Mielke, H.W., 1986. Standards for soil Lead limitations in the United States. In: Heamphill, D.D. (Ed.), Trace Substances in Environmental Health, vol. XX. University of Missouri, Columbia, pp. 357–377.

53. Mielke, H.W., 1994. Lead in New Orleans soils: new images of an urban environment. Environ. Geochem. Health 16, 123–128.
54. Mielke, H.W., Dugas, D., Mielke Jr., P.W., Smith, K.S., Smith, S.L., Gonzales, C.R., 1997. Associations between soil lead and children's blood lead in urban New Orleans and rural Lafourche Parish of Louisiana. Environ. Health Perspectiv. 105, 950–954.
55. CDC, 2007. Blood Lead Levels Among Children in High-Risk Areas – California, 1987–1990. MMWR Weekly. May 01, 1992. 41(17); 291– 294.
56. Chlopecka, A., Bacon, J.R., Wilson, M.J., Kay, J., 1996. Forms of cadmium, lead, and zinc in contaminated soils from southwest Poland. J. Environ. Qual. 25, 69–79.
57. Dong, A., Chesters, G., Simsiman, G.V., 1984. Metal composition of soil, sediments, and urban dust and dirt samples from the Menomonee River Watershed, Wisconsin, USA. Water Air Soil Pollut. 22, 257–275.
58. Lejano, R.P., Ericsson, J.E., 2005. Tragedy of the temporal commons: soil bound lead and the anachronicity of risk. J. Environ. Plan. Manage. 48, 299–318.
59. Filippelli, G.M., Laidlaw, M., Latimer, J., Raftis, R., 2005. Urban lead poisoning and medical geology: an unfinished story. GSA Today 15, 4– 11.
60. Falk H (2003). International environmental health for the pediatrician: case study of lead poisoning. *Pediatrics*, 112(1 Pt 2):259–264.

61. UNEP (2009b). Partnership for clean fuels and vehicles [web site]. Nairobi, United Nations Environment Programme (http://www.unep.org/pcfv, accessed 1 December 2010).
62. CDC (1997b). Update: blood lead levels – United States, 1991–1994. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 46:141–145.
63. CDC (2005a). Blood lead levels – United States, 1999–2002. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 54(20):513–516.
64. Laidlaw Mark A.S. and Filippelli Gabriel M. Resuspension of urban soils as a persistent source of lead poisoningin children: A review and new directions. Elsevier, 2008.
65. Nicholson F.A., Smith S.R., Alloway B.J., Carlton- Smith C., Chambers B.J. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. The Science of the Total Environment. 311, (1-3), 205, 2003.
66. Adomaitis T., Mazvila J., Eitminaviciuc L. A comparative study of heavy metals in the soils of cities and arable lands. Ekologija, Vilnius, 3, 12, 2003.
67. Jaakkola A., Importance of Various Trace Elements in Crop Growth and Crop quality. In: Trace Elements in Soils and Plants Research Methodology, Agriculture Research Centre of Finland, Jokioionen, pp 1-6, 1994.
68. Bogaert N., Du Laing G., Tack F., Verloo M.G., Hendrickx F., Maelfait J.P., Mertens J. Heavy metal transfer in terrestrial ecosystems. Nriagu, Jerome. 11 th Annual International Conference on Heavy Metals in the Environment. Contribution 1392. Ann Arbor, MI, University of Michigan, School of Public Health, 2000.

69. Willaert G., Verloo M., Cottenie A. Effect of soil characteristics and the chemical form of heavy metals on their uptake by plants. SCOPE Belgium – Proceedings " Metal cycling in the environment ", Brussels, pp 229-244, 1985.
70. Nauciene Z., Mildaziene V., Baniene R. Interaction of cadmium and copper ions with Complex I of the respiratory chain in rat liver mitochondria. Ekologija, Vilnius, 2, 18, 2002
71. Minnesota Department of Health. 1993. Minnesota Rules Chapter 4761.0300. Residential Lead Abatement. Standards.
72. Carrington, C.D. and P.M. Bolger. 1992. An assessment of the hazards of lead in food. Regulatory Toxicology and Pharmacology 16:265-272.
73. WHO (2009). *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. Geneva, World Health Organization.
74. Landrigan PJ et al. (2002). Environmental pollutants and disease in American children: estimates of morbidity, mortality, andcosts for lead poisoning, asthma, cancer, and developmental disabilities. *Environmental Health Perspectives*, 110(7):721 –728.
75. Gould E (2009). Childhood lead poisoning: conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control. *Environmental Health Perspectives*, 117:1162–1167.
76. Salkever DS (1995). Updated estimates of earnings benefits from reduced exposure of children to environmental lead. *Environmental Research*, 70(1):1–6.

77. Grosse SD et al. (2002). Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 110(6):563–569.
78. Environmental Protection Agency ,Office of Pollution Prevention and Toxics(7404)(march 1995),Residential sampling for lead "Protocols for dust and soil sampling", EPA-747-R-95-001, United States of America.
79. Nordberg G, Fowler B, Nordberg M, Friberg L, Handbook on the toxicology of metals 3rd edition(2005).
80. Monica C, Federica B, Antonella P, Roberta M and Annarosa V, Measurement of Nickel, Cobalt and Chromium in Toy Make-up by Atomic Absorption Spectroscopy. *Acta Derm Venereol*, 2009; 89: 130–133.
81. Chen Ming and Ma Lena Q. Comparison of Three Aqua Regia Digestion Methods for Twenty Florida Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:491–499 (2001).
82. Nieuwenhuize, J., C.H. Poley-Vos, A.H. van den Akker, and W. van Delft. 1991. Comparison of microwave and conventional extraction techniques for the determination of metals in soils, sediment and sludge samples by atomic spectrometry. Analyst 116:347–351.
83. Sutherland RA, Tolosa CA, Tack FMG, Verloo MG (2000).Characterization of selected element concentration and e nrichment ratios in background and anthropogenically impacted roadside areas.Arch. Environ. Contam. Toxicol. 38: 428–438.
84. Hakanson L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Res., 14 (8), 975- 1001 (27 pages).

85. Muller G (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine river. Geol. J. 2(3): 108–118.
86. Reagan PL and Silbergeld EK. (1989). Establishing a health based standard for lead in residential soils. In: Hemphill and Cothern, eds. Trace substances in environmental health, Supplement to Volume 12,(1990) of Environmental Geochemistry and Health.
87. Amusan A. A., Bada S. B., and Salami A. T. Effect of traffic density on heavy metal content of soil and vegetation along roadsides in Osun state, Nigeria. *West African journal of applied ecology, vol. 4, 2003.*
88. Abechi E. S., Okunola O. J., Zubairu S. M. J., Usman A. A., and Apene E. Evaluation of heavy metals in roadside streets in Jos metropolis, *Nigeria. Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology Vol. 2(6), pp. 98-102, August 2010.*

# الملحق