التجربة السادسة / مصادر الفلزات الثقيلة في التربة الحضرية:

هناك مصدران رئيسيان من الفلزات الثقيلة في التربة هما: القيم المرجعية الطبيعية والتي تمثل تركيز الفلز الثقيل المشتق من الصخرة الأم أو الصخرة الأصل، والفلزات الثقيلة الناتجة من التلوث الناجم عن المصادر الصناعية.

على الرغم من ان الفلزات تنتج بصورة طبيعية من الصخور لكن اغلب ما موجود منها في الترب الحضرية ناتج من النشاطات البشرية

ان الفلزات الثقيلة التي تشتق من مصادر صناعية وتدخل الى التربة بشكل فعال يكون خطرها السمي عالي مقارنة بالفلزات الثقيلة المشتقة من المواد الأصل التي تكونت عادة بأشكال خامدة، وفي العقود الأخيرة أدخلت العديد من الفلزات الثقيلة الى التربة بسبب زيادة النشاطات البشرية على المقياس الاقليمي والعالمي. كما ان العديد من الدراسات الحديثة أشارت بان الترب الحضرية ملوثة بالفلزات الثقيلة وان هذه الظاهرة تعود بشكل رئيسي الى الصناعات الحديثة في المناطق الحضرية.

ان نتيجة استقرار الفلزات الثقيلة في التربة لسنين جعل كمية الفلزات في الترب الحضرية تزداد بمرور الزمن لكون التربة الحضرية تتسلم كمية كبيرة من الفلزات الثقيلة من مصادر مختلفة

بعض مصادر التلوث بالفلزات الثقيلة

- ان مختلف زيوت التشحيم التي تظهر للبيئة عند الاحتراق أو الانسكاب تعد مصدرا لتلوث التربة الحضرية بالفلزات الثقيلة
- ان احتكاكات الإطارات مع الطريق تتسبب في طرح الفلزات الثقيلة
- الغبار الجوي يعد من المصادر الرئيسية للفلزات الثقيلة في التربة (بعد ان يترسب فيها) اذ ان وجود الغبار الجوي يسبب تلوث التربة الحضرية بالفلزات الثقيلة.
- ان الفضلات الصناعية تعمل على تلوث التربة الحضرية بالفلزات الثقيلة
- الدخان المنبعث من الأفران يعد احد مصادر تلوث التربة الحضرية بالفلزات الثقيلة اذ يعتبر الرماد الناتج من احتراق الفحم والنفايات العامة والمنتجات التجارية.
- التعمير والتطوير الذي لا يمكن السيطرة عليه أدى الى التعجيل بإضافة الفلزات الثقيلة في التربة الحضرية.
- مياه الصرف الصحي تؤدي الى زيادة نسبة الفلزات الثقيلة في الترب الحضرية عند عدم التخلص منها بصورة صحيحة).
- النشاطات السكنية تعمل على زيادة نسبة الفلزات الثقيلة وبصورة كبيرة في التربة الحضرية.

العوامل التي تسيطر على سلوك الفلزات الثقيلة في التربة الحضرية:

ان الفلزات تتأثر بالظروف البيئية المحيطة والتي تؤثر على سلوكها في الأنظمة البيئية وان هنالك عوامل لها دور في السيطرة على توزيع وحركية توافر الفلزات الثقيلة في التربة الحضرية:

1- خصائص الفلزات الثقيلة: **Heavy Metal Characteristics**

بغض النظر عن مصادر الفلزات الثقيلة سواء كان مصدرها طبيعيا ام صناعيا (ناتج عن النشاطات البشرية) فانه تتواجد تلك الفلزات في مجموعات ومن النادر ان نحصل على عنصر بمفرده، على سبيل المثال (الخارصين والكادميوم) عادة يتواجدان سوية في الطبيعة لكونهما يمتلكان نفس الخصائص الفيزيائية والكيميائية وقد لوحظ ان التوزيع والحركة والتوافر الحيوي وسمية الفلز لا تعتمد فقط تركيز الفلز ولكن على الشكل الذي يتواجد فيه الفلز وان الفهم والتنبؤ الكامل لسلوك الفلز في التربة يمكن معرفته عندما تعرف الأشكال التي يتواجد فيها الفلز تحت الظروف البيئية المختلفة. وان من الخصائص التي تقرر سلوك وسمية الفلز في البيئة هو النوع أو الصنف **Metal Speciation**

وان **Speciation** هي عملية لتعريف وتقرير الأشكال الفيزيائية والكيميائية للعناصر الموجودة في العينة فمثلا الفلزات التي تكون موجبة الشحنة لها قدرة عالية جدا على الارتباط مع المواد الغروية الموجودة في التربة والتي تكون ذات شحنة سالبة وهذا يجعلها اقل توافر حيوي لكنها بسهولة كبيرة تتجمع في التربة على عكس الفلزات سالبة الشحنة التي تكون موجودة بصورة رئيسية في محلول التربة وأكثر توافر حيوي لكنها تترشح في التربة بسهولة أكثر.

2- مواصفات التربة الحضرية **Urban Soil Properties**

التربة هي المصدر الرئيسي الذي تتواجد فيه الفلزات الثقيلة وليست كل التربة لها خصائص متساوية في تأثيرها على حركية وتوافر الفلزات وان لكل فلز أهميته التي تساعد لمعرفة خصائص التربة التي تسيطر على سلوك تلك الفلزات في تلك التربة. ان الفلزات الموجودة في التربة أما ان تشكل معقدات مع المواد العضوية أو مع المواد الغروية أو انها تشكل معقدات لا عضوية أو تتواجد كأيونات حرة اعتمادا على تفاعلات محلول التربة. اذ وجد ان التغيرات في الأس الهيدروجيني المنخفض تسود الشحنة الموجبة وتسود قدرة تبادل الايونات السالبة بينما في ظروف الأس الهيدروجيني المرتفع تسود الشحنة السالبة وتسود قدرة تبادل الايونات الموجبة

ان المواد العضوية لديها كثافة عالية من الشحنات السطحية وهذه تكون أكثر قدرة على امتزاز الفلز بذلك تقل حركة الفلز في تلك التربة ووجد ان الشحنة السطحية تعتمد بشدة على الأس الهيدروجيني للتربة، كما وجد ان مجموعة الكاربوكسيل **(COO)** للمركبات العضوية يمكن ان تشكل معقدات مستقرة مع ايونات الفلز والتي تؤدي الى تغيرات في التوافر الفلزي للكائنات الحية.

تقييم تلوث التربة الحضرية بالفلزات الثقيلة

لتقدير درجة تلوث التربة الحضرية تم استخدام عدد مؤشرات هي:

- معامل الأثراء (EF)
- معامل حمل التلوث (PLI)
- معامل حمل التلوث المتكامل (IPLI)
- معامل التراكم الجيوكيميائي (I_{geo}).

معامل الإثراء**Enrichment Factor (EF)**

معامل إثراء الفلزات هو مؤشر يعكس حالة ودرجة التلوث البيئي ويحسب **(EF)** بمقارنة قيمة تركيز الفلز مع مستويات الخلفية سواء أكانت تلك المستويات محلية باستخدام الترب المشكلة قديما تحت نفس الظروفبدون تأثير العوامل الصناعية أو المستويات المنشئة عالمياً ويتم حساب قيمة **EF** باستخدام الطريقة المقترحة من **(Sinex &Helz, 1981)** وكما يلي: **Enrichment Factor=(cx/ cFe)sample /(cx/cFe)reference soil**

اذ ان: $(c_x/c_{Fe})_{sample}$ هي نسبة الفلز الى الحديد في العينة المدروسة

$(c_x/c_{Fe})_{reference\ soil}$ هي القيمة المرجعية الطبيعية لنسبة الفلز الى نسبة الحديد.

ولعدم توفر قيم مرجعية لمنطقة الدراسة تم استخدام القيم من بيانات المعدلات العالمية **(bowen,1979)** وتم اختيار الحديد كعنصر مصدري لكونه عنصر من اكبر مكونات التربة وتغيير تركيزه بالمصادر الصناعية يكون امرا صعبا هنالك خمس فئات ميزت استنادا الى عامل الاثراء جدول (1) **(Sutherland, 2000)**.

عامل الاثراء جدول (1) **(Sutherland, 2000)**.

Enrichment Factor	Enrichment Factor(ef) categories
EF < 2	Deficiency to minimal enrichment
2 ≤ EF< 5	moderate enrichment
5 ≤ EF< 20	significant enrichment
20 ≤ EF< 40	Very high enrichment
EF ≥ 40	Extremely enrichment

واحيانا يتم اختيار عنصر المنغنيز **Mn** كعنصر مرجعي لأنه عنصر ثابت.

معامل حمل التلوث **Pollution Load Index (PLI)**

يعرف هذا المعامل بأنه نسبة تركيز الفلز الثقيل في التربة الى نسبة تركيزه في الخلفية **(Chen et al., 2005; Faiz et al., 2009)** ويحسب استنادا الى المعادلة التالية:

Pollution Load Index (PLI): C_n/ B_n

اذ ان C_nهو تركيز عنصر معينفي التربة.

B_n تركيز نفس العنصر في القشرة الأرضية.

ويحتوي هذا المعامل على ثلاث فئات للتلوث **(Chen et al., 2005)**

جدول (2) مستويات معامل حمل التلوث

Pollution Load Index (PLI)	Pollution Load Index (PLI) categories
PLI≤ 1.0	Low contamination
1.0 < PLI<3.0	Moderate contamination
PLI> 3.0	High contamination

وان التراكيز المرجعية المستخدمة هي من بيانات المعدلات العالمية (Bowen, 1979)

معامل حمل التلوث المتكامل (integrated Pollution Load Index (IPLI))

يعرف هذا المعامل بانه متوسط قيم كل معاملات التلوث (PLI) ولكل الفلزات المدروسة ويحسب بتطبيق المعادلة التالية:

$$\text{Integrated pollution load index (IPLI)} = (PLI_1 + PLI_2 + PLI_3 + \ldots PLI_n)/n$$

وتمثل **n** عدد الفلزات وتم استعمال تراكيز العناصر المرجعية في القشرة الارضية من بيانات المعدلات العالمية (bowen, 1979) أن (ILPI) صنف الى ثلاث فئات مبينة في جدول (3).

جدول (3) مستويات معامل حمل التلوث المتكامل

Integrated pollution load index (IPLI)	(IPLI) categories
IPLI ≤ 1.0	Low contaminated
1.0 < IPLI < 2.0	Moderate contamination
IPLI > 2.0	High contamination

معامل التراكم الجيوكيميائي (Geoaccumulation Index (I_{geo})

هو اثراء تركيز الفلز فوق تركيز خط الأساس baseline ويحسب باستعمال الطريقة المقترحة من قبل (Muller, 1969) وبتطبيق المعادلة التالية:

$$\text{Geoaccumulation Index } (I_{geo}) = \log_2 (C_n/B_n .1.5)$$

اذ ان C_n التركيز المقاس للعنصر **n** في عينة التربة

B_n هو تركيز نفس العنصر في القشرة الارضية(Bowen, 1979) والثابت 1.5 وضع لاحتواء التغيرات المحتملة لقيم الخلفية بسبب التأثيرات الطبيعية. وضع (Muller, 1981) سبع درجات أو صفوف لمعامل التراكم الجيوكيميائي وهذه الصفوف مبينة في جدول (4)

جدول(4) مستويات معامل التراكم الجيوكيميائي

I_{geo} value	Class	Soil quality
≤ 0	0	Unpolluted
0-1	1	From unpolluted to moderately pollute
1-2	2	moderately pollute
2-3	3	From moderately to strongly pollute
3-4	4	strongly pollute
4-5	5	Moderately Unpolluted to strongly pollute
> 6	6	Extremely