

# تطبيق مؤشرات التلوث الفردية والمتكاملة لتقييم مستويات التلوث بالمعادن الثقيلة (Cu, Zn, Pb, Cd) خلال جائحة كورونا في ترب مدينة جبلة

كامل خليل\* (1) و ماهر دعيس (2) و أحمد سليمان (1)

(1). قسم الوقاية البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين. اللاذقية، سورية.

(2). الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، اللاذقية، سورية.

(\*المراسلة الباحث: كامل خليل، البريد الإلكتروني: [d.kamelkhalil@tishreen.edu.sy](mailto:d.kamelkhalil@tishreen.edu.sy))

تاريخ القبول: 2023/05/24

تاريخ الاستلام: 2023/04/18

## الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم مستويات تلوث التربة باستخدام بعض مؤشرات التلوث الفردية (مؤشر التراكم الجيولوجي  $I_{geo}$ ، مؤشر التلوث  $PI_i$ ) وبعض مؤشرات التلوث المتكاملة (مؤشر التلوث المتوسط  $Pl_{ave}$  ومؤشر التلوث الرقمي  $INPI$ ) في ترب مدينة جبلة في عمقين (0-20 cm) و (20-40 cm) لخمس مواقع (S1 إلى S5) خلال فصل الربيع (فترة الحظر الخاصة بكورونا) وفصل الخريف عام 2020. قُدرت تراكيز المعادن: الرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) والنحاس (Cu) والزنك (Zn). أظهرت النتائج أن ترتيب تراكيز المعادن (متوسط عام) مقدرة بـ ppm كانت على النحو الآتي:  $[Zn(71.16) > Pb(38.28) > Cu(25.13) > Cd(1.81)]$  لكلا الفصلين (الربيع والخريف). وبشكل عام كانت قيم المعادن أعلى في فصل الخريف مقارنة مع قيم فصل الربيع (فترة الحظر الخاصة بجائحة كورونا) وخاصة في الأعماق السطحية. أظهرت النتائج من خلال حساب المتوسط العام لقيم مؤشر التلوث الفردي  $PI_i$  لكل عنصر وتحديد صف التلوث: النحاس (0.42) غير ملوث، الزنك (1.02) خفيف التلوث، الرصاص (2.73) متوسط التلوث، الكاديوم (12.08) شديد التلوث. وبالنسبة لقيم  $I_{geo}$  لكل عنصر وتحديد صف التلوث: النحاس (-) (1.86) غير ملوث، الزنك (-0.060) غير ملوث، الرصاص (0.82) غير ملوث إلى متوسط التلوث، الكاديوم (2.85) معتدل إلى شديد التلوث، وبالنسبة لقيم  $Pl_{ave}$  (4.06) أي ترب المدينة عالية التلوث وقيمة  $INPI$  كانت (9.014) أي أن ترب مدينة جبلة ذات تلوث شديد. بالخلاصة، نستنتج أن ترب مدينة جبلة متوسطة التلوث بعنصر الرصاص وشديدة التلوث بالكاديوم وتُصنف الترب بشكل عام شديدة التلوث.

**الكلمات المفتاحية:** المعادن الثقيلة – مؤشرات تلوث التربة – مدينة جبلة (سورية)

## المقدمة

يعد التلوث البيئي Environmental pollution أحد أبرز المشكلات التي يواجهها الإنسان في العصر الحديث، وقد نال البحث في تلوث التربة Soil pollution والنبات والمياه والغذاء بالمعادن الثقيلة Heavy metals (HMs) اهتماماً عالمياً واسعاً نظراً لنتائجها الكارثية على الإنسان، وفي السنوات الأخيرة ازداد التلوث بالمعادن الثقيلة بسبب زيادة النشاطات البشرية human activities المتمثلة بالنمو السريع للصناعات Industries والاستخدام المتزايد لوسائل النقل transport حول العالم (Ammar *et al.*, 2022; Papadimou *et al.*, 2023). بعض المعادن الثقيلة مثل الحديد (Fe) والنحاس (Cu) والزنك (Zn) والمنغنيز (Mn)، ولها دور مهم في النظام الحيوي، بينما بعضها الآخر خطر Hazardous على الصحة مثل: الزئبق (Hg) والرصاص

(Pb) والزرنيخ (As) والكاديوم (Cd) ومن هنا تبرز أهمية دراسة تركيز المعادن الثقيلة في الوسط الحيوي وبشكل خاص في ترب المدن urban soil التي تمثل مؤشراً indicator هاماً على مقدار التلوث الناجم عن الأنشطة البشرية ( Barbieri, 2016; ) قلق كبير بسبب مصادرها الواسعة width sources والسمية toxicity، وكونها غير قابلة للتحلل non-biodegradable بالإضافة لخصائصها التراكمية accumulation (Abdulrashid et al., 2017; Husein et al., 2019) وما تسببه من تأثير كبير على الصحة العامة تزامناً مع التحذيرات التي تؤكد على ضرورة مراقبة جميع أنواع التلوث البيئي ( Leblebici and Aksoy, 2011; Li et al., 2023). من هنا جاءت أهمية وأهداف البحث في دراسة وتقييم جودة التربة من خلال تطبيق بعض مؤشرات التلوث: مؤشر التراكم الجيولوجي (Igeo)، مؤشر التلوث الفردي (P<sub>li</sub>)، مؤشر التلوث المتوسط (P<sub>l<sub>ave</sub></sub>)، ومؤشر التلوث الرقمي (NIPI) بهدف الوقوف على واقع التلوث بالعناصر الثقيلة في مدينة جبلة.

مواد البحث وطرائقه:

المنطقة المدروسة:

تعد مدينة جبلة مدينة ومركز منطقة في محافظة اللاذقية وتقع في شمال غرب سورية، تطل المدينة على البحر المتوسط، وتبعد مسافة 25 كم جنوب اللاذقية. تتمتع بمناخ متوسطي ماطر شتاءً وجاف صيفاً تسود فيها الرياح الغربية والجنوبية الغربية، يظهر الشكل (1) صورة فضائية لمدينة جبلة.



شكل 1. صورة فضائية لمدينة جبلة موضحاً عليها المواقع المختارة لجمع عينات التربة.

- مواقع جمع عينات:

جُمعت عينات التربة من 5 مواقع في مدينة جبلة موضحة بالجدول (1) خلال فصلين مختلفين وتوافقت عملية الجمع في الفترة الأولى (النصف الثاني من شهر أيار 2020) مع فترة الحظر prohibition التي فرضتها الحكومة في سورية على الحركة نتيجة جائحة كورونا لعام 2020 ممثلاً لفصل الربيع، والفترة الثانية في شهر تشرين أول لعام 2020 ممثلاً لفصل الخريف. ومن عمقين: العمق الأول D1: (0 - 20) سم، العمق الثاني D2: (20 - 40) سم. وبمعدل (ثلاث مكررات) أي لدينا 60 عينة تربة، وضعت في أكياس بلاستيكية مرفقة ببطاقات تعريف ونقلت إلى المخبر حيث تم تجفيفها هوائياً لمدة ثلاث أيام بعد تنقيتها من

الشوائب (الحصى والبقايا النباتية غير المتحللة)، وتم جرشها وتخليها بمنخل 2 mm (Hseu et al., 2000) لإجراء بعض التحاليل والكيميائية، متضمنةً تقدير الكمية الكلية لبعض المعادن الثقيلة.

جدول (1): مواقع أخذ العينات (الرمز، الاحداثيات).

اسم الموقع	الرمز	الاحداثيات
دوار الفيض	S1	35° 55' 29" E " N21' 2135°
حديقة القلعة	S2	35° 55' 29" E 35° 21' 48" N
الكراجات	S3	35° 56' 29" E 35° 27' 50" N
حديقة الطلائع	S4	35° 55' 21" E 35° 28' 8" N
مدخل جبلة الشمالي	S5	35° 55' 35" E 35° 22' 26" N

- تحضير العينات وقياس العناصر المعدنية الثقيلة:

➤ التحاليل الكيميائية للتربة: تم تقدير قيم الرقم الهيدروجيني pH في معلق التربة 2.5:1 والناقلية الكهربائية Electric Conductivity (EC) مقدر بـ (dS/m) في معلق التربة 2.5:1 والمادة العضوية (OM%) Organic Matter وكربونات الكالسيوم الكلية CaCO<sub>3</sub> (%). اتبعت طرائق تحليل التربة بحسب الزعبي وآخرون (2013).

➤ تقدير المحتوى الكلي للمعادن الثقيلة: تم وزن 2 غرام من العينة الترابية بدقة (3 مكدرات) ومن ثم وضعت في أنبوب الهضم وأضيف لها (10 ml) من الماء الملكي (HCl:HNO<sub>3</sub> v/v 3:1) و(1 ml) من حمض البيركلوريك المركز وتركت في جو المخبر لمدة ساعة. بعد ذلك وضعت أنابيب الهضم على حمام مائي لمدة ثلاث ساعات حتى تمام عملية الهضم، تركت العينات كي تبرد في جو المختبر، ومن ثم أكمل الحجم إلى (50 ml) بالماء ثنائي التقطير (Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2005). ثم حلت العينات باستخدام جهاز الامتصاص الذري (A.A.S) Atomic Absorption Spectrophotometer وبتول موجات تختلف حسب العنصر وفق تقنية اللهب وقدرت النتائج بوحدة جزء بالمليون (ppm).

- مؤشرات التلوث المستخدمة في تقييم تلوث التربة:

من أجل تقييم مستوى تلوث التربة في منطقة الدراسة، تم استخدام بعض مؤشرات التلوث:

- المؤشرات الفردية Single Index

- مؤشر التلوث (PI) Pollution index:

يستخدم هذا المؤشر لتقدير درجة التلوث لأحد الملوثات في العينات المدروسة. يمكن أن تكتشف هذه الطريقة الملوث الأكثر أهمية، والذي يسهم بشكل كبير في التلوث في كل موقع لأخذ العينات (Yan et al., 2016)، ويتم حسابه من خلال المعادلة (Chen et al., 2005; Wei et al., 2009):

$$PI_i = \frac{Ci}{Bi}$$

حيث إن:  $PI_i$  = مؤشر التلوث.  $Ci$  = التركيز المقاس للمعدن.  $Bi$  = القيمة المرجعية للمعدن،

وتُصنف النتائج كما يلي جدول (2) وتم اختيار لون لكل صف:

الجدول (2): صفوف أو رتب التلوث حسب مؤشر التلوث  $PI_i$  (Yang et al., 2011).

$PI_i$	$PI_i \leq 1$	$1 < PI_i \leq 2$	$2 < PI_i \leq 3$	$PI_i > 3$
صف أو رتبة التلوث	غير ملوث	خفيف التلوث	متوسط التلوث	شديد التلوث
رقم الصف - اللون	1	2	3	4

### - مؤشر التراكم الجيولوجي ( $I_{geo}$ ) Geo-accumulation Index:

تم تطبيق مؤشر التراكم الجيولوجي في الأصل بواسطة Müller في عام 1969 من أجل تحديد وتعريف التلوث المعدني في الترب والرواسب، من خلال مقارنة التراكيز الحالية بمستويات ما قبل الصناعة (Müller, 1981; Banat et al., 2005). بمعنى آخر أن مؤشر التراكم الجيولوجي يعبر عن العلاقة اللوغاريتمية لقياس درجة تلوث التربة عن طريق المصدر الجيولوجي والاشارة السالبة لأي قيمة تعبر أنه لا يوجد تلوث في التربة. ويتم حسابه بالمعادلة التالية (Ji et al., 2008):

$$I_{geo} = \log_2 \left( \frac{Cn}{1.5Bn} \right)$$

حيث أن:  $Cn$  = تركيز العنصر في التربة.  $Bn$  = القيمة المرجعية. يستخدم العامل 1.5 (عامل تصحيح) لتقليل الاختلافات المحتملة في القيم الطبيعية لمعدن معين في الوسط والناجئة عن تأثيرات النشاطات البشرية الصغيرة جداً (Chonokhuu et al., 2019). تصنف قيم  $I_{geo}$  في سبع فئات (صفوف) جدول (3) بواسطة Müller (Buccolieri et al., 2006) وتم اختيار لون لكل صف.

الجدول (3): تصنيف مؤشر التراكم الجيولوجي ( $I_{geo}$ ) (Tong et al., 2020).

$I_{geo}$	$I_{geo} \leq 0$	$0 < I_{geo} \leq 1$	$1 < I_{geo} \leq 2$	$2 < I_{geo} \leq 3$	$3 < I_{geo} \leq 4$	$4 < I_{geo} \leq 5$	$I_{geo} > 5$
صف أو رتبة التلوث	غير ملوث	غير ملوث إلى متوسط التلوث	ملوث بشكل معتدل	معتدل إلى شديد التلوث	شديد التلوث	شديد التلوث إلى ملوث بشكل خطير	ملوث بشكل خطير
رقم الصف (اللون)							

### - المؤشرات المتكاملة Integrated Indices

المؤشرات المتكاملة هي مؤشرات تستخدم لحساب أكثر من تلوث معدني، والتي تستند إلى مؤشرات فردية. يمكن أن يُحسب كل نوع من المؤشرات المتكاملة بواسطة المؤشرات الفردية وفقاً لطريقة حساب معينة.

### - مؤشر التلوث المتوسط ( $PI_{ave}$ ) Average of pollution index:

هو عبارة عن مؤشر من المؤشرات المتكاملة تُستخدم لحساب متوسط مؤشر التلوث الفردي لأكثر من ملوث في موقع محدد ويُحسب من خلال المعادلة (Chonokhuu et al., 2019):

$$PI_{ave} = \frac{PI_1 + PI_2 + PI_3 + PI_n}{n}$$

حيث أن:  $PI_{ave}$  = مؤشر التلوث المتوسط.  $I$  = مؤشر التلوث الفردي.  $n$  = عدد العناصر الثقيلة المدروس.

ويتم تفسير النتائج كما يلي جدول (4) وتم اختيار لون لكل صف:

الجدول (4): صفوف أو رتب التلوث حسب مؤشر التلوث المتوسط ( $PI_{ave}$ ) (Wei and Yang, 2010).

$PI_{ave}$	$PI_{ave} \leq 1$	$1 < PI_{ave} \leq 2$	$2 < PI_{ave} \leq 5$	$PI_{ave} > 5$
صف أو رتبة التلوث	تلوث ضعيف (آمن)	متوسط التلوث	عال التلوث	شديد التلوث
رقم الصف - اللون	1	2	3	4

### - مؤشر تلوث نيميرو (الرقمي) ( $NIPI$ ) Nemerow pollution index:

يعطي تقييم شامل لجودة التربة (تحديد الحالة العامة لتلوث التربة بالعناصر الثقيلة) (Jiang et al., 2014) تم استخدام مؤشر التلوث (Nemerow) نظراً لأن المعادن الثقيلة المختلفة قد يكون لها تأثيرات على موقع واحد، فإن هذه الطريقة يمكن أن

توفر تفسيراً معقولاً للتلوث بالمعادن الثقيلة ككل في كل موقع، ويتم حسابه من خلال المعادلة التالية ( Nazarpour *et al.*, 2019):

$$NIPI = \sqrt{[(PI_{max})^2 + (PI_{ave})^2]/2}$$

حيث أن:  $NIPI$  = مؤشر تلوث Nemerow.  $PI_{max}$  = أعلى قيمة لمؤشر التلوث الفردي بين جميع الملوثات.

$PI_{ave}$  = المتوسط لمؤشرات التلوث الفردية بين جميع الملوثات.

ويتم تفسير النتائج كما يلي جدول (5) وتم اختيار لون لكل صف:

الجدول (5): صفوف أو رتب التلوث مؤشر تلوث نيميرو (الرقمي) (Yang *et al.*, 2011).

$NIPI$	$NIPI \leq 0.7$	$0.7 < NIPI \leq 1$	$1 < NIPI \leq 2$	$2 < NIPI \leq 3$	$NIPI > 3$
صف أو رتبة التلوث	غير ملوث (آمن)	غير ملوث إلى خفيف التلوث	خفيف التلوث	متوسط التلوث	شديد التلوث
رقم الصف-اللون	1	2	3	4	5

- التحليل الاحصائي: حسب المتوسط الحسابي Mean مع الانحراف المعياري (Sd) Standard deviation للعناصر المعدنية

المدروسة وبعض خصائص الترب.

النتائج والمناقشة:

- خصائص الترب المدروسة:

تؤثر خصائص التربة في تباين وتوزيع الملوثات وخصائصها وسلوكها ضمن قطاع التربة (Jiang, 2021). ولذلك

درست أهم الخصائص الكيميائية لعينات التربة في عمقين مختلفين. يوضح الجدول (6): أهم الخصائص الكيميائية للترب

المدروسة:

الجدول (6): متوسط قيم بعض خصائص التربة للمواقع حسب عمق مقطع التربة (cm).

المادة العضوية (OM) %	الأس الهيدروجيني (pH)		الناقلية الكهربائية (EC) (dS/m)		كربونات الكالسيوم ( $CaCO_3$ ) %		المادة العضوية (OM) %	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
عمق أفق التربة (cm)	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Mean	8.04	8.32	0.40	0.40	26.25	28.50	5.28	3.35
Sd	0.18	0.17	0.13	0.10	12.88	14.27	3.14	1.92

تظهر النتائج أن نسبة المادة العضوية تراوحت بين (1.8-9.78%) حيث سجلت أعلى قيمة في الموقع (S4) وتعد التربة جيدة إلى

غنية المحتوى بالمادة العضوية (Alloway, 2005). مع ملاحظة ارتفاع قيم الـ OM المتوسطة (5.28%) في الأفق (0-20 cm)

مقارنة مع (3.35%) في الأفق الأدنى (20-40 cm) أي ارتفاع المادة العضوية في الأفق السطحية (Bartkowiak, 2020)

كما قد تؤثر إضافة مديرية الحدائق لبعض الأسمدة العضوية (سماد بلدي manure) في منصفات الشوارع ارتفاع قيمة

المادة العضوية في تربة الأفق السطحية أو منطقة الحدائق S2 و S4 (Papadimo *et al.*, 2023). تراوحت قيم الناقلية

الكهربائية بين (0.20-0.57 dS/m) وكان متوسط قيم الناقلية الكهربائية (0.4 dS/m) في ترب المواقع وهذا يعني أن الترب غير

مالحة "nearly" not salty حسب التصنيف الوارد لدى الـ FAO (<0.75 dS/m) (FAO, 2006) وسجلت أعلى القيم في

الموقعين S2 في الأفق (20-40 cm) و S4 في الأفق (0-20 cm). تراوحت نسبة كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  (%) الكلية بين

(10.5-45%) وكان متوسط قيم كربونات الكالسيوم في ترب المواقع بين (26.25-28.50%) حسب مقطع التربة، حيث لوحظ أن نسبة كربونات الكالسيوم كانت أخفض القيم في الموقعين (S2, S3) وحسب تصنيف الـ FAO (2006) تكون الترب بين متوسطة إلى عالية المحتوي من كربونات الكالسيوم Moderately –Extremely calcareous.  
- تركيز العناصر المعدنية:

أظهرت النتائج تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة (متوسط عام) في فصل الربيع والخريف (جدول 7) لكل المواقع مع الانحراف المعياري، حيث أن ترتيب تراكيز العناصر مقدر بـ ppm كانت على النحو الآتي: [ Zn > Pb > Cu > Cd ] عند العمق الأول والثاني وقد تجاوزت تراكيز العناصر القيم الطبيعية لكل من الرصاص (27 ppm) والكاديوم (0.4 ppm) في فصل الربيع وكل من الرصاص والكاديوم والزنك (70 ppm) في فصل الخريف (Kabata-Pendias, 2011).

الجدول (7): متوسط تركيز المعادن الثقيلة (ppm) في فصلي الربيع والخريف للموقع حسب عمق مقطع التربة (cm).

فصل الربيع								
عمق مقطع التربة	0 – 20 cm				20 -40 cm			
	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd
المعادن								
Mean	21.80	63.80	34.02	1.21	22.91	61.34	36.26	1.56
Sd	5.09	11.48	8.55	0.60	4.62	10.17	9.90	0.74
فصل الخريف								
Mean	27.87	84.21	45.74	2.86	27.93	75.28	37.08	1.61
Sd	0.40	15.83	9.98	0.88	0.23	19.35	8.73	0.58
القيم الطبيعية (Kabata-Pendias, 2011)	38.9	70	27	0.4	38.9	70	27	0.4

كانت القيم كمتوسط في فصل الربيع مقدر بـ ppm (النحاس: 22.36، الزنك: 62.57، الرصاص: 35.14، الكاديوم: 1.39) وفي فصل الخريف (النحاس: 27.9، الزنك: 79.75، الرصاص: 41.41، الكاديوم: 2.24) وكمتوسط عام لمدينة جبلة كانت القيم كالاتي: النحاس (25.13)، الزنك (71.16)، الرصاص (38.28)، الكاديوم (1.81) حيث يسجل أن قيم النحاس تقاربت مع تلك لمدينة بانياس (25.49) وأيضا قيم الزنك (69.32) بينما كانت أعلى بالنسبة للرصاص (30.69) والكاديوم (0.55) (خليل وآخرون، 2023).

#### - مؤشر التلوث الفردي (PI) Pollution Index

يوضح الجدول (8) قيم مؤشر التلوث الفردي  $PI_i$  للعناصر المدروسة في مواقع منطقة الدراسة. حيث أشارت النتائج أن الترب وفقاً لصفوف شدة التلوث جدول (2) تقع بين الصف الأول والرابع (غير ملوث حتى شديد التلوث)، بالنسبة لعنصر النحاس أشارت نتائج قيم مؤشر التلوث الفردي  $PI_i$  إلى أن جميع المواقع كانت ضمن الصف الأول (غير ملوث). وبالنسبة لعنصر الزنك أشارت النتائج إلى أن صفوف مؤشر التلوث الفردي كانت بين (غير ملوث) إلى (خفيف التلوث) وسجل الموقع S4 (حديقة الطلائع) أعلى قيمة (1.58) لفصل الربيع المقطع (0-20 cm) حيث الصف (خفيف التلوث). فيما يخص عنصر الرصاص كانت صفوف مؤشر التلوث الفردي بين (خفيف، متوسط، التلوث، شديد التلوث) وسجلت أعلى قيمة  $PI_i$  في الموقع S2 (حديقة القلعة) في فصل الخريف المقطع الأول (4.22). بالنسبة لقيمة المعامل لعنصر الكاديوم كانت صفوف مؤشر التلوث الفردي شديد التلوث لكل المواقع وأعلى قيمة  $PI_i$  كانت في الموقع S3 (الكراجات) في فصل الخريف المقطع الأول (27.22) شديد التلوث كون الموقع يتميز بحركة مرور كثيفة وقريب من المنطقة الصناعية.

الجدول (8): قيم مؤشر التلوث ( $PI_i$ ) حسب كل موقع والفصل وعمق مقطع التربة (cm).

الموقع	الفصل	عمق مقطع التربة (cm)	المعادن المدروسة			
			Cu	Zn	Pb	Cd
S1	الربيع	0 – 20	0.46	1.09	3.02	5.60
		20 -40	0.46	0.80	3.39	10.49
	الخريف	0 – 20	0.46	1.19	2.96	15.47
		20 -40	0.47	0.94	2.20	6.93
S2	الربيع	0 – 20	0.36	0.78	2.51	8.69
		20 -40	0.39	0.79	2.69	9.69
	الخريف	0 – 20	0.46	1.05	4.22	14.20
		20 -40	0.47	1.39	1.77	10.91
S3	الربيع	0 – 20	0.43	0.71	2.98	14.80
		20 -40	0.45	0.74	3.11	18.51
	الخريف	0 – 20	0.46	1.01	2.29	27.22
		20 -40	0.46	1.12	3.07	8.76
S4	الربيع	0 – 20	0.31	1.04	1.61	5.20
		20 -40	0.33	1.09	1.66	5.53
	الخريف	0 – 20	0.46	1.58	3.44	15.02
		20 -40	0.46	1.24	3.10	10.00
S5	الربيع	0 – 20	0.25	0.94	2.02	6.20
		20 -40	0.28	0.96	2.11	7.76
	الخريف	0 – 20	0.48	1.20	3.44	23.33
		20 -40	0.47	0.68	3.10	17.20
المتوسط العام			0.42	1.02	2.73	12.08

من خلال حساب المتوسط العام Overall mean لقيم مؤشر التلوث الفردي  $PI_i$  لكل عنصر وتحديد صف التلوث: - النحاس

(0.42) غير ملوث، الزنك (1.02) خفيف التلوث، - الرصاص (2.73) متوسط التلوث، - الكاديوم (12.08) شديد التلوث.

كانت قيم هذه الدراسة أعلى من قيم دراسة (Cheng et al., 2014) في الصين حيث قيم مؤشر التلوث الفردي لعنصر الكاديوم (0.49) والرصاص (0.53) والزنك (0.80). ومن قيم دراسة (Sun, 2020) لمزارع جانب بعض الطرق الدولية والرئيسية في مدينة Suzhou في الصين حيث قيم مؤشر التلوث الفردي بالنسبة للكاديوم (0.92) والرصاص (1.05) والزنك (0.71) ومن قيم دراسة (Xia et al., 2021) في مدينة Yuyao في الصين حيث قيم مؤشر التلوث الفردي بالنسبة للكاديوم (0.49) والرصاص (0.33) والزنك (0.42). ومن قيمة مؤشر التلوث بالنسبة لعنصر الرصاص (1.26) في دراسة (Oyunbat et al., 2021) في مدينة Ulaanbaatar في منغوليا. توافقت قيم هذه الدراسة مع دراسة (Nazarpour et al., 2019) في إيران فيما يخص معامل التلوث لعنصر الرصاص (2.3) وكانت قيم هذه الدراسة أقل من قيم دراسة (Sun, 2020) بالنسبة للنحاس (1.33) بينما كانت أعلى فيما يخص الرصاص (1.05) والكاديوم (0.92)، ومن قيم دراسة (خليل وآخرون، 2023) في مدينة بانباس فيما يخص الرصاص (2.19) والكاديوم (3.68) والزنك (0.99) غير أن القيم بالنسبة لعنصر النحاس كانت متماثلة (0.42).



- مؤشر التراكم الجيولوجي ( $I_{geo}$ ) :Geoaccumulation Index

يوضح الجدول (9) قيم مؤشر التراكم الجيولوجي للعناصر المدروسة في مواقع منطقة الدراسة. حيث أشارت النتائج أن التربة وفقاً لصفوف شدة التلوث جدول (3) تقع بين الصف الأول والسادس (غير ملوث حتى شديد التلوث إلى ملوث بشكل خطير) بالنسبة لعنصر النحاس أشارت نتائج قيم المعامل الجيولوجي  $I_{geo}$  إلى أن جميع المواقع كانت ضمن الصف الأول (غير ملوث). وبالنسبة لعنصر الزنك أشارت النتائج إلى أن جميع المواقع كانت ضمن الصف الأول (غير ملوث) ما عدا الموقع S4 (حديقة الطلائع) في فصل الخريف العمق الأول (0-20 cm) حيث وقعت في الصف (غير ملوث إلى متوسط التلوث). فيما يخص عنصر الرصاص كانت صفوف  $I_{geo}$  بين (غير ملوث، غير ملوث إلى متوسط التلوث، ملوث بشكل معتدل) وسجلت أعلى قيمة  $I_{geo}$  في الموقع S2 (حديقة القلعة) في فصل الخريف العمق الأول (1.49) على اعتبار أنها تقع في مركز المدينة. بالنسبة لقيمة المعامل لعنصر الكاديوم كانت صفوف  $I_{geo}$  بين الصف الثالث والصف السادس (ملوث بشكل معتدل، شديد التلوث إلى ملوث بشكل خطير) وسجلت أعلى قيمة  $I_{geo}$  في الموقع S3 (الكراجات) في فصل الخريف العمق الأول (4.18) شديد التلوث إلى ملوث بشكل خطير كون الموقع يتميز بحركة مرور كثيفة وقريب من المنطقة الصناعية.

الجدول (9): قيم معامل التراكم الجيولوجي للعناصر المعدنية حسب كل موقع، الفصل، العمق.

الموقع	الفصل	عمق مقطع التربة (cm)	المعادن المدروسة			
			Cu	Zn	Pb	Cd
S1	الربيع	0 – 20	-1.70	-0.46	1.01	1.90
		20 -40	-1.70	-0.90	1.17	2.81
	الخريف	0 – 20	-1.70	-0.34	0.98	3.37
		20 -40	-1.68	-0.67	0.55	2.21
S2	الربيع	0 – 20	-2.05	-0.94	0.74	2.53
		20 -40	-1.93	-0.92	0.84	2.69
	الخريف	0 – 20	-1.71	-0.52	1.49	3.24
		20 -40	-1.68	-0.11	0.24	2.86
S3	الربيع	0 – 20	-1.81	-1.09	0.99	3.30
		20 -40	-1.74	-1.02	1.05	3.63
	الخريف	0 – 20	-1.70	-0.58	0.61	4.18
		20 -40	-1.71	-0.42	1.03	2.55
S4	الربيع	0 – 20	-2.27	-0.53	0.11	1.79
		20 -40	-2.21	-0.46	0.15	1.88
	الخريف	0 – 20	-1.69	0.07	1.20	3.32
		20 -40	-1.69	-0.27	1.05	2.74
S5	الربيع	0 – 20	-2.57	-0.67	0.43	2.05
		20 -40	-2.41	-0.64	0.49	2.37
	الخريف	0 – 20	-1.66	-0.33	1.20	3.96
		20 -40	-1.68	-1.14	1.05	3.52
المتوسط العام			-1.86	-0.60	0.82	2.85



من خلال حساب المتوسط العام لقيم Igeo لكل عنصر وتحديد صف التلوث: النحاس (-1.86) غير ملوث، - الزنك (-0.60) غير ملوث، - الرصاص (0.82) غير ملوث إلى متوسط التلوث، - الكاديوم (2.85) معتدل إلى شديد التلوث. كانت قيم هذه الدراسة أعلى من قيم دراسة (Cheng et al., 2014) في الصين فيما يخص قيم Igeo لعنصر الكاديوم (1.26) والرصاص (0.37)، ومن قيم دراسة (Odat, 2015) على طول الطريق الدولي بين أربد والزرقاء في الأردن فيما يخص عنصر الكاديوم (1.41) والرصاص (0.21)، ومن قيم Igeo لعنصر الكاديوم (0.085) في مدينة الفلوجة في العراق وبالنسبة لقيمة المؤشر لعنصر الرصاص كانت القيمة سالبة (Salah et al., 2013). ومن قيم دراسة (Sun, 2020) في مدينة Suzhou في الصين فيما يخص عنصري الرصاص (-0.51) والكاديوم (-0.71) ومن قيم دراسة (Xia et al., 2021) في مدينة Yuyao في الصين فيما يخص عنصري الرصاص (-0.13) والكاديوم (0.84). ومن قيم دراسة (خليل وآخرون، 2023) في مدينة بانياس لعنصري الرصاص (0.53) والكاديوم (1.24). لم تم المقارنة بالنسبة لعنصري النحاس والزنك على اعتبار أن القيم سالبة أي المنطقة غير ملوثة بهما.

#### - مؤشر التلوث المتوسط (Average of pollution index (PI<sub>ave</sub>):

يوضح الجدول (10) قيم مؤشر التلوث المتوسط للعناصر المدروسة حيث أشارت النتائج إلى أن التربة في جميع المواقع صُنفت من عال إلى شديد التلوث (جدول 4).

الجدول (4): قيم مؤشر التلوث المتوسط (PI<sub>ave</sub>) حسب الموقع والفصل وعمق مقطع التربة (cm).

الفصل	عمق أفق التربة (cm)	المواقع				
		S1	S2	S3	S4	S5
الربيع	0 – 20	2.54	3.09	4.73	2.04	2.35
	20 -40	3.78	3.39	5.70	2.15	2.78
الخريف	0 – 20	5.02	4.98	7.74	5.13	7.11
	20 -40	2.64	3.64	3.35	3.70	5.36
المتوسط		3.50	3.77	5.38	3.26	4.40
المتوسط العام		4.06				

حيث كان المتوسط لكل موقع على النحو الآتي: S1: 3.50 (عال التلوث)، S2: 3.77 (عال التلوث)، S3: 5.38 (شديد التلوث)، S4: 3.26 (عال التلوث)، S5: 4.40 (عال التلوث) والمتوسط العام للمدينة 4.06 (عال التلوث) وهذه القيمة أقل من قيمته (5.14) في دراسة (Doležalová et al., 2015) في مدينة أوستافا (التشيك) وأعلى من قيمته (1.30) في دراسة (خليل وآخرون، 2023) في مدينة بانياس ومن قيمته (1.52) في دراسة (Salem et al., 2022) في مدينة طرابلس (ليبيا). ومن قيمته (أقل من 1) في مدينة الفلوجة (العراق) (Salah et al., 2013).

#### - مؤشر التلوث الرقمي (Nemerow pollution index (NPI):

يوضح الجدول (11) قيم مؤشر التلوث الرقمي للعناصر المدروسة في مواقع منطقة الدراسة حيث أشارت النتائج إلى أن التربة في جميع المواقع صُنفت شديد التلوث (جدول 5).

الجدول (11): صفوف أو رتب التلوث حسب مؤشر تلوث نيميرو (الرقمي) (INPI) حسب كل موقع والفصل وعمق مقطع التربة (cm).

الفصل	عمق أفق التربة (cm)	المواقع				
		S1	S2	S3	S4	S5

الربيع	0 – 20	4.35	6.52	10.99	3.95	4.69
	20 -40	7.88	7.26	13.7	4.2	5.83
الخريف	0 – 20	11.5	10.64	20.01	11.22	17.25
	20 -40	5.25	8.13	6.63	7.54	12.74
المتوسط		7.25	8.14	12.83	6.73	10.13
المتوسط العام		9.014				

كانت قيمة *INPI* كمتوسط عام (9.014) حيث لوحظ أن مدينة جبلة ذات **تلوث شديد** وأعلى من القيم المسجلة في إيران لترب مدينة Ahvaz حيث كانت قيمة *INPI* ضمن المجال (0.3-4.5) (Nazarpour et al., 2019). ومن قيم دراسة لمزارع جانب بعض الطرق الدولية والرئيسية في مدينة Suzhou في الصين حيث قيمة *INPI* تقع ضمن مجال (0.93-1.66) مع قيمة متوسطة (1.21) وهذا يعني أن التربة ضعيفة التلوث (Sun, 2020). ومن دراسة في مدينة Yuyao في الصين حيث أظهرت النتائج *INPI* أن التربة ذات مستويات آمنة (Xia et al., 2021) وكذلك الأمر من قيمته (2.77) في دراسة (خليل وآخرون، 2023) في مدينة بانياس.

#### الاستنتاجات:

كانت قيم المتوسط العام overall mean لكل من الرصاص والكاديوم والزنك أعلى من القيم الطبيعية بينما كانت قيم النحاس أقل من القيم الطبيعية وبشكل عام كانت هذه القيم أعلى في فصل الخريف مقارنة مع قيم فصل الربيع (فترة الحظر الخاصة بجائحة كورونا) وخاصة في الأعماق السطحية.

حسب مؤشرات تقييم تلوث التربة الفردية *Single*:

➤ مؤشر التلوث الفردي (*Pli*): لوحظ أن صفوف مؤشر التلوث للنحاس (غير ملوث) وللزنك (خفيف التلوث) وللرصاص (متوسط التلوث) والكاديوم (شديد التلوث).

➤ مؤشر التراكم الجيولوجي (*Igeo*): لوحظ أن صف أو رتبة التلوث (لا تلوث) لكل من النحاس والزنك، بالنسبة للرصاص كان صف التلوث (غير ملوث إلى متوسط التلوث) والكاديوم كان صف أو رتبة التلوث (معتدل إلى شديد التلوث).

حسب مؤشرات التلوث المتكاملة *Integrated*:

➤ مؤشر التلوث المتوسط (*PI<sub>ave</sub>*): لوحظ أن صف أو رتبة التلوث في مدينة جبلة (عال التلوث).

➤ مؤشر التلوث الرقمي (*NPI*): لوحظ أن صف أو رتبة التلوث في مدينة جبلة (شديد التلوث).

#### المقترحات:

➤ التوسع بالدراسة لتشمل دراسة تلوث التربة في مناطق مختلفة النشاط البشري وخاصة الزراعي (مبيدات واسمدة).

➤ تكرار الدراسة بعد فترة من الزمن كنوع من المراجعة البيئية Environmental Auditing للوقوف بشكل دوري على واقع التلوث في مدينة جبلة.

#### المراجع:

خليل، كامل، دعيس، ماهر، فارس، باسل (2023) استخدام بعض مؤشرات التلوث لتقييم تلوث التربة ببعض المعادن الثقيلة في مدينة بانياس. المجلة السورية للبحوث الزراعية. المجلد (10)، العدد (6).

خليل، كامل، دعييس، ماهر، فارس، باسل (2023): تقدير تراكيز بعض العناصر الثقيلة في الترب السطحية وتوزعها المكاني في مدينة بانبياس (سورية). المجلة السورية للبحوث الزراعية. المجلد (10)، العدد (5).

الزعيبي، محمد منهل. الحصني، أنس المصطف. درغام، حسّان. (2013). طرائق تحليل التربة والنبات والمياه والأسمدة. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. 223 صفحة.

Abdulrashid, L., A. Yaro; and A. Isah (2017). Heavy Metals Contamination in Urban Soils of Nigerian: A Review. Intern. J. of Innov .Biosci. Research. 5(3): 1-12.

Alloway. B. J., (2005). Bioavailability of Elements in Soil. Essentials of Medical Geology, Chapter.14: 347-372.

Ammar, A.G.A., A.D. Syafei, M. Santoso, B.V. Tangahu, A.F. Assomadi, and J. Hermana (2022). Analysis of the Characteristics of Heavy Metal Elements in Soil Around the Smelting Area of Pasuruan Industrial Estate, Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 1-7p.

AOAC- (2005). Association of Official Analytical Chemists- Official Methods of Analysis of AOAC International (2005) 18th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, official method. 2005.08.

Banat, K. M., F. M. Howari; and A. A. Al-Hamada (2005). Heavy Metals in Urban Soils of Central Jordan: Should We Worry about Their Environmental Risks? Environmental Research. 97: 258–273.

Barbieri, M., (2016). The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. J. Geol. Geophys. 5: 1. DOI: 10.4172/2381-8719.1000237.

Bartkowiak, A., (2020). The accumulation of selected heavy metals in soils in the vicinity of a busy road. Soil Science Annual. 71(2):118–124.

Buccolieri, A., G., N. Buccolieri; A. Cardellicchio; A. Dell'Atti; D. Leo; and A. Maci (2006). Heavy Metals in Marine Sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). Marine Chemistry. 99: 227-235.

Chen, T. B., Y. M. Zheng; M. Lei; Z. C. Huang; H. T. Wu; H. Chen; K. K. Fan; K. Yu; X. Wu; and Q. Z. Tian (2005). Assessment of Heavy Metal Pollution in Surface Soils of Urban Parks in Beijing, China. Chemosphere. 60(4): 542-551.

Cheng, H., M. Li; Z. Zhao; K. Li; M. Peng; A. Qin; and X. Cheng (2014). Overview of trace metals in the urban soil of 31 metropolises in China. Journal of Geochemical Exploration. 139: 31–52.

Chonokhuu, S., C. Batbold; B. Chuluunpurev; E. Battsenge; B. Dorjsuren; and B. Byambaa (2019). Contamination and Health Risk Assessment of Heavy Metals in the Soil of Major Cities in Mongolia. Int. J. Environ. Res. Public Health. 16, 2552; doi:10.3390/ijerph16142552. 15 Pp.

Doležalová, W. H.; J., Pavlovský; and P. Chovanec (2015). Heavy metal Contaminations of Urban soils in Ostrava, Czech Republic: Assessment of Metal Pollution and using Principal Component Analysis. Int. J. Environ. Res. 9(2): 683-696.

FAO (2006). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Guidelines for soil description. Fourth edition. Rome. 2006, 128p.

- Hseu, Z. Y., Z. S. Chen; C. C. Tsai; C. C. Tsui; S. F. Cheng; C. L. Liu; and H. T. Lin (2000). Digestion Methods For Total Heavy Metals in Sediments and Soils. *Water, Air, and Soil Pollution*. 141: 189– 205.
- Husein, H.H.M.; M. Kalkha; A. Al Jradi; and R. Bäumler (2019). Urban Soil Pollution with Heavy Metals in Hama Floodplain, Syria" *Natural Resources*, 10(6): 187-201.
- Ji, Y., Y. Feng; J. Wu; T. Zhu; Z. Bai; and C. Duan (2008). Using geoaccumulation index to study source profiles of soil dust in China. *J. Environ. Sci.* 20: 571–578.
- Jiang, X., W.X. Lu; H.Q. Zhao; Q.C. Yang; and Z. P. Yang (2014). Potential ecological risk assessment and prediction of soil heavy-metal pollution around coal gangue dump. *Nat. Hazard Earth Syst. Sci.* 14(6): 1599-1610.
- Kabata-Pendias, A., (2011). Trace elements of soils and plants. 4<sup>th</sup> Ed., USA: CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC. 505 Pp.
- Leblebici, Z., and A. Aksoy (2011). Growth and Lead Accumulation Capacity of Lemna minor and Spirodela polyrhiza (Lemnaceae): Interactions with Nutrient Enrichment. *Water, Air, Soil Pollut.*, 214: 75-184.
- Li, D.; Q. Lu; L. Cai; L. Chen; and H. Wang (2023). Characteristics of Soil Heavy Metal Pollution and Health Risk Assessment in Urban Parks at a Megacity of Central China. *Toxics*. 11, 257. 1-17 p. <https://doi.org/10.3390/toxics11030257>.
- Liu, Y.; T. Jin; S. Yu; and H. Chu (2023). Pollution Characteristics and Health Risks of Heavy Metals in Road Dust in Ma'an Shan, China. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 1–14.
- Müller, G., (1981). Die Schwermetallbelastung der sedimente des Neckarsund seiner Nebenflüsse: eine Bestandsaufnahme. *Chem Ztg.* 105: 157-164.
- Nazarpour, A., M. J. Watts; A. Madhani; and S. Elah (2019). Source, Spatial Distribution and Pollution Assessment of Pb, Zn, Cu, and Pb, Isotopes in urban soils of Ahvaz City, a semi-arid metropolis in southwest Iran. *Scientific Reports*. 9: 5349 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41787-w>.
- Odat, S., (2015). Application of Geoaccumulation Index and Enrichment Factors on the Assessment of Heavy Metal Pollution along Irbid/zarqa Highway-Jordan *Journal of Applied Sciences* 15(11): 1318-1321.
- Oyunbat, P., O. Batkhishig; B. Batsaikhan; F. Lehmkuhl; M. Knippertz; and V. Nottebaum (2021). Spatial distribution, pollution, and health risk assessment of heavy metal in industrial area soils of Ulaanbaatar, Mongolia. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIII-B4-2021 XXIV ISPRS Congress (2021 edition).
- Papadimou, S.G.; O.D. Kantzou; M.A. Chartodiplomenou; and E.E. Golia (2023). Urban Soil Pollution by Heavy Metals: Effect of the Lockdown during the Period of COVID-19 on Pollutant Levels over a Five-Year Study. *Soil Syst.* 7( 28): 14 Pp.
- Salah, E., A. Turki; and S. Noori (2013). Heavy Metals Concentration in Urban Soils of Fallujah City, Iraq. *Journal of Environment and Earth Science*. 3(11): 100-112.
- Salem, M., A. Alzarqah; A. Afiyah Alnaas; O. Omar Sharif; Y. Nassar; and M. El Haj Assad (2022). Determination of some heavy metals concentrations in urban soils using pollution

indices and multivariate analysis -A case study of Tripoli city, Libya. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2321835/v1>. 25 Pp.

- Sun, L., (2020). Pollution assessment and source approximation of trace elements in the farmland soil near the traffic way. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 28(1): 20–27.
- Tong, S., H. Li; L. Wang; M. Tudi; and L. Yang (2020). Concentration, Spatial Distribution, Contamination Degree and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Urban Soils across China between 2003 and 2019—A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 3099; doi:10.3390/ijerph17093099.
- Wei, B.; and L. Yang (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*. 94: 99–107.
- Wei, B.; F. Jiang; X. Li; and S. Mu (2009). Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in urban road dusts from Urumqi, NW China. *Microchem. J.* 93: 147–152.
- Xia, F.; Y. Zhu; B. Hu; X. Chen; H. Li; K. Shi; and L. Xu (2021). Pollution Characteristics, Spatial Patterns, and Sources of Toxic Elements in Soils from a Typical Industrial City of Eastern China. *Land*. 2021, 10, 1126. <https://doi.org/10.3390/land1011112>.
- Yan, N., W. Liu; H. Xie; L. Gao; Y. Han; M. Wang; and H. Li (2016). Distribution and assessment of heavy metals in the surface sediment of Yellow River, China *J. Environ. Sci.*, 39: 45-51.
- Yang, Z., W. Lu; Y. Long; X. Bao; and Q. Yang (2011). Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Changchun City, China. *Journal of Geochemical Exploration*. 108: 27–38.

# Application of single and integrated pollution indexes to assess the levels of heavy metal (Cu, Zn, Pb, Cd) pollution during the Corona pandemic in the soils of Jableh city

Kamel Khalil \*<sup>(1)</sup> Maher Dais <sup>(2)</sup> and Ahmad soliman <sup>(1)</sup>

- (1). Department of Environmental Prevention, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.
  - (2). The General Authority for Scientific Agricultural Research, Lattakia, Syria.
- (\*Corresponding author: Kamel Khalil, Email: [d.kamelkhalil@tishreen.edu.sy](mailto:d.kamelkhalil@tishreen.edu.sy)).

Received: 18/04/2023 Accepted: 24/05/2023

## Abstract:

This study aimed to evaluate the levels of soil pollution by the use of some single pollution indexes such as (the Geoaccumulation index  $I_{geo}$ , and Pollution Index  $PI_i$ ) in addition of some integrated pollution indexes, such as (Average Pollution Index  $PI_{ave}$  and Nemerow pollution index  $INPI$ ) in soils of Jableh city. Samples taken from two depths (0-20 cm) and (20-40 cm) for five sites (S1 to S5) during the spring (Corona prohibition period) and autumn season of 2020. The concentrations of the metal were determined: lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu) and zinc (Zn). The results showed that the overall mean values of element concentrations ranged as follows: [Zn (71.16) > Pb(38.28) > Cu(25.13) > Cd1.81 ppm] for both seasons (spring and autumn). In general, values of metals were higher in the autumn season compared to the spring season (the prohibition period of the Corona pandemic), especially in the surface depths. The results were shown by calculating the overall mean of the individual pollution index  $PI_i$  values for each element and defining the pollution Class: copper (0.42) non-polluted, zinc (1.02) lightly polluted, lead (2.73) moderately polluted, and cadmium (12.08) severely polluted. The  $I_{geo}$  values for each element and the defined pollution Class: copper (-1.86) uncontaminated, zinc (-0.060) non-polluted, lead (0.82) non-polluted to medium pollution, cadmium (2.85) moderate to severely polluted.  $PI_{ave}$  values was (4.06) this means that the city soils were Highly polluted and the value of the  $INPI$  was (9.014), meaning that the soil of Jableh city is highly polluted. In summary, we conclude that the soils of the city of Jableh are moderate polluted with lead and severely polluted with cadmium, and in general, the soils classified as highly polluted.

**Keywords:** Heavy metals - Indexes of soil pollution - city (Syria).