

استخدام بعض مؤشرات التلوث لتقييم تلوث التربة ببعض المعادن الثقيلة في مدينة بانياس

كامل خليل* (1) وماهر دعيس (2) وباسل فارس (1)

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

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

(*للمراسلة: د. كامل خليل، البريد الإلكتروني: d.kamelkhalil@tishreen.edu.sy)

تاريخ القبول: 2022/10/16

تاريخ الاستلام: 2022/09/19

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم مستويات تلوث التربة باستخدام بعض مؤشرات التلوث الفردية (عامل الإثراء، مؤشر التراكم الجيولوجي، مؤشر التلوث) وبعض مؤشرات التلوث المتكاملة (مؤشر التلوث المتوسط ومؤشر التلوث الرقمي) في تربة سطحية (0-20 cm) لتسع مواقع (S1-S9) في مدينة بانياس خلال عام 2021. قدرت تراكيز العناصر المعدنية: الرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) والنحاس (Cu)، النيكل (Ni) والزنك (Zn) والحديد (Fe). أظهرت النتائج أن ترتيب تراكيز العناصر (متوسط عام) مقدرة بـ ppm كانت على النحو الآتي: [Fe (3479.66) > Mn (577.06) > Zn (69.32) > Cu (25.49) > Cd (0.55) > Ni (28.20) > Pb (30.69)]. أظهرت النتائج أن ترتيب قيم معامل الإثراء (متوسط عام) كانت على النحو الآتي: [Cd (4.35) > Pb (2.53) > Zn (1.1) > Fe (1) > Ni (0.39) > Cu (0.48) > Mn (0.62)]. أظهرت النتائج أن تربة المدينة فيها إثراء معتدل بالنسبة لعنصري الكاديوم والرصاص. أظهرت النتائج أن ترتيب قيم مؤشر التراكم الجيولوجي (متوسط عام) كانت على النحو الآتي: [Cu (-) > Mn (-1.45) > Zn (-0.61) > Pb (0.53) > Cd (1.24) > Fe (-464) > Ni (-2.17) > Ni (1.84)]. نستنتج أن تربة المدينة تصنف معتدلة التلوث بالنسبة لعنصر الكاديوم وغير ملوثة إلى معتدلة التلوث بالنسبة لعنصر الرصاص. أظهرت النتائج أن ترتيب قيم مؤشر التلوث (متوسط عام) كانت على النحو الآتي: [Cd (3.68) > Pb (2.19) > Zn (0.99) > Ni (0.34) > Cu (0.42) > Mn (0.56) > Fe (0.93)]. أظهرت النتائج أن تربة المدينة شديدة التلوث بالنسبة لعنصر الكاديوم ومتوسطة التلوث بالنسبة لعنصر الرصاص أما باقي العناصر كانت جميعها ضمن التصنيف (غير ملوث). أشارت النتائج إلى أن التربة في جميع المواقع صُنفت متوسطة التلوث حسب مؤشر التلوث المتوسط ومؤشر التلوث الرقمي (متوسط عام).

الكلمات المفتاحية: تركيز المعادن الثقيلة، مؤشرات تلوث التربة، مدينة بانياس (سورية).

المقدمة

يعد التلوث بالمعادن الثقيلة Heavy metal من أكثر الملوثات الشائعة في مناطق المدن وهي مشكلة متصاعدة وأن مصادر هذه المعادن بشكل عام ناتجة عن النشاطات البشرية ومن أهمها الصناعة، حركة المواصلات والتدفئة المنزلية (Simon et al., 2011; Sink et al., 2020; Barbieri, 2016; Sezgin et al., 2019). تعد تربة المدن Urban soil عبارة عن خزان

للملوثات وخاصة العناصر المعدنية الثقيلة حيث تزايدت في العقود الأخيرة الدراسات حول ترب المدن في الكثير من دول العالم وقد أظهرت تراكيز مرتفعة للمعادن الثقيلة بشكل عام واستخدمت ترب المدن مؤشر لجودة البيئة الحضرية (Oliva and Espinosa, 2018; Wang and Zhang, 2007). يكمن خطر المعادن الثقيلة في ثبوتيتها العالية وفترات بقائها غير المحدودة وانتقالها الى مسافات بعيدة عن مناطق نشوئها ويمكن ان تتضاعف تراكيزها خلال السلسلة الغذائية اذ تصبح بعض الحيوانات والنباتات وبسبب احتوائها لتراكيز عالية من بعض هذه العناصر الخطرة مصدر للتسمم وخطر كبير على الصحة العامة حيث أن كل من الكاديوم والرصاص والنحاس والزنك على سبيل المثال تملك سلوك سام وخصائص سرطانية تؤثر بشكل جدي على صحة الإنسان (Chen et al., 2005; Opaluwa, 2012; Mohseni-Bandpei et al., 2017; Wang et al., 2018; Sekarningsih et al., 2021). أن تقييم حالة تلوث الترب بالمعادن الثقيلة في مناطق المدن يقدم لنا معلومات مفيدة لفهم جودة التربة ومقدار الخطر الصحي الكامن المؤثر على الصحة العامة العائد نتيجة للتعرض لتلك المعادن في التربة ويتم حالياً استخدام بعض مؤشرات التلوث لتقييم جودة وحالة التلوث ومنها مؤشر أو معامل التراكم الجيولوجي Geoaccumulation index (Igeo)، مؤشر التلوث الرقمي Nemerow pollution index (NPI).... الخ والتي تعد الأكثر استخداماً لتقييم تلوث التربة بالمعادن الثقيلة (Barbieri et al., 2021; Hu et al., 2017; Fei et al., 2020; Xia et al., 2021). هناك العديد من الدراسات التي استخدمت تلك المؤشرات حيث انجز Salah وآخرون (2013) عند دراسة تلوث الطبقة السطحية للتربة بالعناصر الثقيلة في عدة مواقع في مدينة الفلوجة في العراق قيم العناصر الثقيلة مقدرة بـ ppm وكانت على النحو الآتي (Fe: 235.77; Mn: 24.09; Cr: 11.59; Cu: 2.01; Zn: 5.5; Pb: 3.83; Ni: 8.96; Cd: 0.64, Co: 3.43) حيث كانت قيم عامل الإثراء Enrichment Factor (EF) للكاديوم (287.13) وللكوبالت (78.13) وكانت قيم مؤشر التراكم الجيولوجي Geoaccumulation index (Igeo) أقل من الصفر لجميع العناصر ما عدا الكاديوم (0.085) وهذا يعني أن ترب مدينة الفلوجة غير ملوثة إلى ضعيفة التلوث بالكاديوم. وخلصت الدراسة إلى أن عنصر الكاديوم سام وأن أي تواجد بزيادة بسيطة يحدث آثار ضارة بالإنسان. أظهرت دراسة (جحي، 2014) فيما يخص قيم مؤشر التراكم الجيولوجي (Igeo) لعنصر الرصاص في ترب بعض الشوارع الرئيسية (2.22) وترب سطحية (2.03) وترب بعض حدائق الأطفال (1.47) في مدينة دمشق. قدر Moreno-Alvarez وآخرون (2014) تراكيز بعض العناصر الثقيلة في ترب عدة مواقع في مدينة Havana في كوبا، كانت نتائج قيم العناصر في هذه الدراسة مقدرة بـ ppm على النحو الآتي (As: 8.11; Cd: 0.62; Co: 11.7; Cr: 82.9; Cu: 73.5; Fe: 25500; Mn: 578; Ni: 72.1; Pb: 73.5; V: 619; Zn: 126; Hg: 0.51) وأظهرت النتائج قيم عامل الإثراء أو الإغناء (EF) للعناصر على النحو الآتي (As: 0.75; Cd: 1.84; Co: 0.90; Cr: 0.67; Cu: 1.67; Mn: 0.65; Ni: 0.54; Pb: 2.19; V: 10.5; Zn: 2.65; Hg: 2.7) حيث لوحظ أن عامل الإثراء عالٍ للفناديوم ومتوسط لكل من الرصاص والزنك والزنبق وهذا عائد إلى زيادة النشاطات البشرية. كما أظهرت النتائج قيم مؤشر التراكم الجيولوجي Igeo (As: -1.87; Cd: -0.94; Co: -1.89; Cr: -2.59; Cu: -0.86; Mn: -2.25; Ni: -2.74; Pb: -0.6; V: 1.65; Zn: -0.31; Hg: 0.15) وكانت سالبة وبالتالي لا يوجد تلوث في التربة. درس Odat (2015) تراكيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة مقدرة بـ ppm في الطبقة (10-30 cm) على طول الطريق الدولي بين أربد والزرقاء في الأردن وقد أظهرت النتائج تراكيز العناصر كقيم متوسطة على النحو الآتي (Cu: 27.72; Cr: 67.40; Cd: 11.61; Co: 506.02; Pb: 0.21; Cd: 1.41; Zn: 47.95; Ni: 193.33; Ni: 926.18) وقيم مؤشر التراكم الجيولوجي (Igeo) لكل من العناصر (Pb: 0.13) أما بقية العناصر كانت أقل من الصفر. وكانت قيم عامل الإثراء (EF) على النحو الآتي (Pb: 2.40; Cd: 38.70; Zn: 2.04; Co: 5.33; Cr: 0.75; Ni: 12.35; Cu: 0.40) حيث لوحظ أن التربة ملوثة بعنصر الكاديوم بشكل متوسط حسب كلا

المعاملين أما الرصاص والزنك فالتربة تتراوح بين ملوثة إلى متوسطة التلوث أما بقية العناصر فالقيمة أقل من صفر وبالتالي ليس هناك تلوث ويبقى التلوث الناتج عن حركة المواصلات هو المسيطر في المنطقة المدروسة. حدد Nazarpour وآخرون (2019) مصادر وتوزع تراكيز العناصر الثقيلة في الطبقة السطحية (0-10 cm) لترب مدينة Ahvaz في إيران وأظهرت النتائج تراكيز العناصر كقيم متوسطة (Pb: 181; Zn: 123; Cu: 185; As: 6.9) ومجال قيم مؤشر التلوث (PI) (Pb: 0.3-4.2; Zn: 0.3-4.2; Cu: 0.3-5.9) حيث مستوى التلوث للرصاص متوسط بينما لكل من النحاس والزنك متوسط إلى عالي وقيمة مؤشر التلوث الرقمي (NPI) Nemerow pollution index (0.3-4.5) 2.8 الذي يشير إلى مستوى متوسط إلى عالي التلوث. وخلصت الدراسة إلى أن مصدر كل من النحاس والرصاص والزنك هو الانبعاثات الصناعية وغازات العادم للسيارات بينما عنصر As ينتج من مصادر مختلفة. درس Sun (2020) تراكيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة مقدرة بـ ppm في الطبقة السطحية (0-10 cm) لمزارع جانب بعض الطرق الدولية والرئيسية لمدينة Suzhou في الصين وقد أظهرت النتائج تراكيز العناصر كقيم متوسطة على النحو الآتي (As: 11.4; Cd: 0.089; Co: 11.1; Cr: 52.4; Cu: 30; Fe: 30026; Mn: 433; Ni: 31.5; Pb: 2.3; Zn: 52.6) وقيم مؤشر التراكم الجيولوجي (Igeo) لكل عنصر (-0.56; Cd: -0.71; Co: -0.78; Cr: -0.80; Cu: -) Single pollution index (0.18; Fe: -0.55; Mn: -1.01; Ni: -0.36; Pb: -0.51; Zn: -1.08) وقيم مؤشر التلوث الفردي (PI) لكل العناصر (As: 1.02; Cd: 0.92; Co: 0.87; Cr: 0.86; Cu: 1.33; Fe: 1.02; Mn: 0.74; Ni: 1.17; Pb: 1.05; Zn: 0.71) أظهرت النتائج أن التربة متوسطة التلوث بالنسبة للعناصر التالية (As, Cu, Fe, Ni, Pb) حيث قيمة المعامل < 1 أما بالنسبة لبقية العناصر فمستوى التلوث ضعيف حيث قيمة المعامل > 1 كما أظهرت النتائج أن كل من قيم متوسطات العناصر (Cd, Co, Cr, Mn) كانت أقل من الحد الطبيعي وهذا يعني أن تركيز العناصر متغيرة من منطقة إلى أخرى. كما أظهرت النتائج أن قيمة مؤشر التلوث الرقمي (NPI) تقع ضمن مجال (0.93-1.66) مع قيمة متوسطة 1.21 وهذا يعني أن التربة ضعيفة التلوث. فيما يخص مؤشر التلوث الجيولوجي (Igeo) أظهرت قيمه المتوسطة (أقل من صفر) أي أن التربة غير ملوثة. في ختام هذه الدراسة صنفت التربة بأنها غير ملوثة وأن الدراسة الإحصائية أظهرت /3/ مصاد للتلوث (جيولوجية، زراعية، حركة المواصلات وما يرتبط بها). قيم Malkoc وآخرون (2021) تراكيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة مقدرة بـ ppm في الطبقة السطحية (0-20 cm) في مدينة Eskisehir في تركيا وأظهرت النتائج تراكيز العناصر كقيم متوسطة على النحو الآتي (Cd: 1.28; Cr: 97.65; Cu: 1.28; Cr: 97.65; Cu: 4.45; Fe: 10.72; Mn: 6.87; Ni: 5.83; Pb: 4.10; Zn: 31.50) وقيم مؤشر التراكم الجيولوجي (Igeo) لكل عنصر (Cd: 1.12; Cr: 5.33; Cu: 4.45; Fe: 10.72; Mn: 6.87; Ni: 5.83; Pb: 4.10; Zn: 31.50) وهذا يعني أن البيئة حول المدينة تعاني من تلوث شديد ما عدا عنصر الكاديوم ذو المستوى المتوسط إلى غير ملوث، كما أظهرت النتائج قيم عامل الإثراء أو الإغناء (EF) للعناصر على النحو الآتي (Cd: 0.96; Cr: 1.78; Cu: 5.83; Fe: 4.45; Mn: 4.08; Ni: 2.39; Pb: 9.77; Zn: 10.02) حيث لوحظ نقص إلى ضعف في الأثرء بالنسبة للكاديوم و إثراء متوسط للعناصر (Cr, Ni, Mn, Fe) وعالٍ للعناصر (Cu, Pb, Zn). كما أظهرت النتائج قيم معامل التلوث الكلي (Integrated pollution index (IPI) وكانت القيم على النحو الآتي (Cd: 0.2; Cr: 0.36; Cu: 1.10; Fe: 0.88; Mn: 0.78; Ni: 0.48; Pb: 1.89; Zn: 1.88) وهذا يعني أن هناك مستوى تلوث ضعيف فيما يخص العناصر (Cd, Cr, Ni) ومستوى متوسط لبقية العناصر مع الإشارة إلى تلوث مهم فيما يخص العناصر (Cu, Pb, Zn) وخلصت الدراسة إلى أهمية تلوث جوانب الطرقات

في المدن. من هنا جاءت أهمية وأهداف البحث في دراسة وتقييم تلوث ترب سطحية لعدة مواقع من مدينة بانياس باستخدام أهم مؤشرات تلوث التربة بهدف الوقوف على واقع التلوث بالعناصر الثقيلة في هذه المدينة.

مواد البحث وطرائقه:

المنطقة المدروسة (مدينة بانياس):

تعد مدينة بانياس مدينة ومركز منطقة في محافظة طرطوس وتقع في غرب سورية في منتصف المسافة تقريباً بين مدينتي طرطوس واللاذقية، تطل المدينة على البحر المتوسط وعلى ارتفاع يتراوح من 5 إلى 10 أمتار عن مستوى سطح البحر، تتمتع بمناخ متوسطي ماطر شتاءً وجاف صيفاً تسود فيها الرياح الغربية والجنوبية الغربية، يظهر الشكل (1) صورة فضائية لمدينة بانياس.



الشكل (1): صورة فضائية لمدينة بانياس موضحاً عليها المواقع المختارة لجمع عينات التربة.

جمع وتحضير العينات لقياس العناصر المعدنية الثقيلة:

تم جمع عينة مركبة (خلط لثلاث مكررات) من التربة في كل موقع من المواقع التسعة المختلفة (جدول 1 وشكل 1) في بداية فصل الخريف بتاريخ 1/9/2021 من الطبقة السطحية (0-20 cm) بوزن 1 كغ وبمعدل ثلاث مكررات أي لدينا 27 عينة تربة، وضعت في أكياس بلاستيكية مرفقة بطاقات تعريف ونقلت إلى المخبر حيث تم تجفيفها هوائياً لمدة ثلاث أيام بعد تنقيتها من الشوائب (الحصى والبقايا النباتية غير المتحللة)، وتم جرشها وتنخيلها بمنخل 2 مم (Hseu et al., 2000) لإجراء تقدير الكمية الكلية لبعض المعادن الثقيلة حيث تم وزن 2 غرام من العينة (الجافة) ومن ثم وضعت في أنبوب التهضيم وأضيف لها (10 ml) من الماء الملكي (HCl:HNO₃ v/v 3:1) و(1 ml) من حمض البيركلوريك المركز وتركت في جو المخبر لمدة ساعة. بعد ذلك وضعت أنابيب التهضيم على حمام مائي لمدة ثلاث ساعات حتى تمام عملية التهضيم، بعدها تركت العينات كي تبرد في جو المختبر، ومن ثم أكمل الحجم إلى (50 ml) بالماء ثنائي التقطير (AOAC, 2005). ثم حلت العينات باستخدام جهاز الامتصاص الذري وفق تقنية اللهب.

الجدول (1): مواقع أخذ العينات (اسم الموقع، الرمز، الاحداثيات، المواصفات).

المواصفات	الإحداثيات	الرمز	اسم الموقع
منطقة صناعية مع حركة مرور	35° 10' 10'' E	S1	المحطة الحرارية

المدخل جنوبي	S2	35° 56' 8'' N	35° 10' 33'' E	حركة مرور كثيفة (ذهاب إياب من وإلى بانياس-طرطوس)
البلدية	S3	35° 56' 55'' N	35° 11' 9'' E	حركة مرور كثيفة إلى متوسطة (مركز مدينة)
التقاطع (المستوصف)	S4	35° 57' 20'' N	35° 11' 34'' E	حركة مرور متوسطة (منطقة سكنية)
أوتوستراد	S5	35° 57' 52'' N	35° 11' 8'' E	حركة مرور كثيفة (M1 أوتوستراد دولي)
القصور	S6	35° 57' 35'' N	35° 11' 33'' E	حركة مرور متوسطة إلى ضعيفة (منطقة سكنية)
المروج	S7	35° 58' 0.8'' N	35° 12' 4'' E	حركة مرور ضعيفة مع وجود زراعات محمية (منطقة زراعية)
الكازية	S8	35° 57' 30'' N	35° 12' 20'' E	حركة مرور كثيفة مع وجود مواد نفطية
مصفاة بانياس	S9	35° 57' 29'' N	35° 13' 3'' E	منطقة صناعية مع حركة مرور

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**:

عامل الإثراء **Enrichment factor (EF)**:

تم تطبيق عامل الإثراء أو الإغناء (EF) في البداية للتعويض بأصل العناصر في الغلاف الجوي، أو هطول الأمطار، أو مياه البحر (Reimann, 1975)، ولكن تم توسيعه تدريجياً ليشمل دراسة التربة والرواسب والمخلفات والمواد البيئية الأخرى (Reimann and de Caritat, 2005). يمثل عامل الإثراء (EF) مدى إثراء المعادن مقارنة بمصدر معين ويمكن استخدامه للفصل بين المعادن التي يساهم بها تدخل الإنسان وتلك من أصل طبيعي أي يساعد في التمييز بين مصادر المعادن (Reimann and de Caritat, 2005; Bartkowiak, 2020). يعتمد على معدن مُقاس مقابل معدن مرجعي، بشكل عام يتم استخدام Al و Ca و Fe و Mg و Mn كعناصر مرجعية (Vega et al., 2009). في هذه الدراسة، تم حساب EF باستخدام Fe كمعدن مرجعي لأنه أحد أكبر العناصر المكونة للتربة وتعديل الحديد بواسطة مصادر بشرية أخرى أمر صعب (Bartkowiak, 2020) حيث كانت قيمة الحديد (3740.51 ppm) في عينة الشاهد المأخوذة من منطقة القدموس وهي التي استخدمت كقيمة مرجعية، بينما بقيت العناصر أخذت قيمها المرجعية (Pb: 14; Ni: 84; Cd: 0.15; Zn: 70; Cu: 60; Mn: 950) حسب (Haynes et al., 2014). وتم حسابه من خلال المعادلة التالية (Sinex and Helz, 1981):

$$EF = \frac{C_n/C_{fe}}{B_n/B_{fe}}$$

حيث أن:

C_n هو تركيز العنصر n في التربة، B_n هو القيمة المرجعية للعنصر n .

C_{fe} هو تركيز عنصر الحديد في التربة، B_{fe} هو القيمة المرجعية لعنصر الحديد (Sutherland, 2000). تم تصنيف قيم (EF)

في خمسة صفوف (جدول 2) على النحو التالي:

الجدول (2): صف أو رتب التلوث حسب قيم عامل الإثراء (EF).

EF	$EF \leq 2$	$2 < EF \leq 5$	$5 < EF \leq 20$	$20 < EF \leq 40$	$EF > 40$
صف أو رتبة التلوث	إثراء منخفض	إثراء معتدل	إثراء كبير	إثراء عالي جداً	إثراء عالي للغاية

مؤشر التراكم الجيولوجي (Geoaccumulation Index (Igeo)

تم تحديد مؤشر التراكم الجيولوجي في الأصل بواسطة Müller في عام 1969 من أجل تحديد وتعريف التلوث المعدني في الترب والرواسب (Müller, 1981 in Banat *et al.*, 2005)، من خلال مقارنة التراكيز الحالية بمستويات ما قبل الصناعة. 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. وتم حسابه بالمعادلة التالية (Ji *et al.*, 2008):

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right)$$

حيث أن:

C_n هو تركيز العنصر في التربة. B_n هي القيمة المرجعية. تم استخدام العامل 1.5 (عامل تصحيح) لتقليل الاختلافات المحتملة في القيم الطبيعية لمعدن معين في الوسط والناجحة عن تأثيرات النشاطات البشرية الصغيرة جداً (Loska *et al.*, 2003; Ji *et al.*, 2019; Chonokhuu *et al.*, 2008). تم تصنيف مؤشر التراكم الجيولوجي في سبع فئات بواسطة Müller (Buccolieri *et al.*, 2006).

الجدول (3): تصنيف مؤشر التراكم الجيولوجي Igeo

Igeo	Igeo ≤ 0	0 < Igeo ≤ 1	1 < Igeo ≤ 2	2 < Igeo ≤ 3	3 < Igeo ≤ 4	4 < Igeo ≤ 5	Igeo > 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

مؤشر التلوث (Pollution index (PI

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

$$PI_i = \frac{C_i}{B_i}$$

حيث أن: PI_i مؤشر التلوث. C_i التركيز المقاس للمعدن. B_i القيمة المرجعية للمعدن، وتم تفسير النتائج كما يلي (جدول 4): الجدول (4): صفوف أو رتب التلوث حسب مؤشر التلوث PI_i .

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

المؤشرات المتكاملة (Integrated Indices

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

مؤشر التلوث المتوسط (Average of pollution index (PI_{ave})

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

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

حيث: PI_{ave} : مؤشر التلوث المتوسط

PI : مؤشر التلوث الفردي. n : عدد المعادن الثقيلة المدروس.

وتم تفسير النتائج (جدول 5) كما يلي:

الجدول (5): صفوف أو رتب التلوث حسب مؤشر التلوث المتوسط

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

مؤشر تلوث نيميرو (الرقمي) 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، وتم حسابه من خلال المعادلة التالية (Nazarpour et al., 2019):

$$NIPi = \sqrt{[(PImax)^2 + (PIave)^2]/2}$$

حيث: $NIPi$ هو مؤشر تلوث Nemerow. $PImax$: هو الحد الأقصى لمؤشر التلوث الفردي بين جميع الملوثات. $PIave$ هو المتوسط لمؤشرات التلوث الفردية بين جميع الملوثات. وتم تفسير النتائج كما يلي (جدول 6):

الجدول (6): صفوف أو رتب التلوث مؤشر تلوث نيميرو (الرقمي)

$NIPi$	$NIPi \leq 0.7$	$0.7 < NIPi \leq 1$	$1 < NIPi \leq 2$	$2 < NIPi \leq 3$	$NIPi > 3$
صف أو رتبة التلوث	غير ملوث (آمن)	غير ملوث إلى خفيف التلوث	خفيف التلوث	متوسط التلوث	شديد التلوث

التحليل الإحصائي:

حسب المتوسط الحسابي Mean / 3 مكررات/ مع الانحراف المعياري Standard deviation للعناصر المعدنية المدروسة. واجري اختبار فرق التباين (Anova- one-way analysis of variance) طريقة Fisher لمعرفة الفروقات المعنوية بين تراكيز العناصر حسب المواقع عند مستوى معنوية $p < 0.05$ بالاستعانة بالبرنامج الإحصائي Minitab 16.

النتائج والمناقشة:

تركيز العناصر المعدنية:

أظهرت النتائج تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة (جدول 7) حسب المواقع مع ذكر للقيم المتوسطة مع الانحراف المعياري، القيمة العظمى، القيمة الدنيا، الوسيط ومعامل الاختلاف%. أظهرت النتائج أن ترتيب تراكيز العناصر (متوسط عام) مقدرة ب ppm كانت على النحو الآتي: [Cd (25.49) > Cu (28.20) > Ni (30.69) > Pb (69.32) > Zn (577.06) > Mn (3479.66) > Fe (0.55)]. وأن هناك فروق معنوية بين المواقع حسب تركيز العناصر (أحرف مختلفة). وقد تجاوزت فقط قيم كل من الرصاص والكاديوم والمنغنيز القيم الطبيعية (27-0.4-488 ppm) على التوالي (Kabata-Pendias, 2011).

الجدول (7): قيم تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة مقدرة ب ppm. الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين

(Anova) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$).

المعادن الثقيلة							المواقع	الأسماء
Mn	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	S1	المحطة الحرارية
483.21f	2194.04i	30.16b	58.94h	35.45b	0.72b	29.82c	S2	المدخل جنوبي
469.91g	3922.72c	21.44g	70.00e	29.00f	0.57e	26.92f	S3	البلدية
618.35b	4344.52b	19.01h	67.27f	34.60c	0.43f	25.46g	S4	تقاطع (مستوصف)
596.13c	3624.27d	28.16c	64.40g	26.58g	0.41g	27.35e		

423.08i	3590.57e	25.81d	82.82a	32.41d	0.65d	32.80b	S5	أوتوستراد
518.35e	3471.83f	24.34e	71.32d	23.55i	0.36i	24.18h	S6	القصور
635.40a	4574.30a	31.45a	79.70b	24.42h	0.39h	23.27i	S7	المروج
453.22h	2843.25g	26.00d	54.16i	31.73e	0.69c	35.51a	S8	الكازية
545.90d	2751.43h	23.01f	75.30c	38.45a	0.74a	28.45d	S9	مصفاة بانياس
527.06	3479.66	25.49	69.32	30.69	0.55	28.20	X	المتوسط
76.43	771.68	4.04	9.33	5.15	0.16	3.99	Sd	الانحراف المعياري
635.40	4574.30	31.45	82.82	38.45	0.74	35.51	Max	القيمة العظمى
423.08	2194.04	19.01	54.16	23.55	0.36	23.27	Min	القيمة الدنيا
518.35	3590.57	25.81	70.00	31.73	0.57	27.35	Med	الوسيط
14.50	22.18	15.86	13.46	16.78	28.2	14.17	CV%	معامل الاختلاف

ويعزى ذلك إلى الانبعاثات الناتجة عن النشاطات البشرية المتعددة في المدينة (حركة المواصلات، المنشآت الصناعية النفطية إضافة إلى تواجد الزراعات المحمية والتي تستخدم المبيدات والأسمدة الزراعية) وهذا لوحظ في موقع المروج لعنصري النحاس والمنغنيز مقارنة مع بقية المواقع حيث النشاط الزراعي الواضح.

معامل الإثراء Enrichment factor:

يبين الجدول (8) قيم معامل الإثراء حسب المواقع مع ذكر للقيمة المتوسطة لكل معدن:

الجدول (8): قيم معامل الإثراء للعناصر المعدنية حسب كل موقع مع قيم المتوسط

المواقع	S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	المعادن
المتوسط	3.73	2.98	1.43	1.81	2.41	1.96	2.13	1.98	4.32	Pb
2.53	1.46	1.02	0.93	1.1	1.23	0.95	0.83	0.95	1.44	Zn
1.1	0.52	0.57	0.43	0.44	0.45	0.48	0.27	0.34	0.86	Cu
0.48	0.46	0.56	0.23	0.31	0.41	0.34	0.26	0.31	0.61	Ni
0.39	6.75	6.08	2.11	2.56	4.52	2.84	2.49	3.65	8.19	Cd
4.35	0.78	0.63	0.55	0.59	0.46	0.65	0.56	0.47	0.87	Mn
0.62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Fe
1										

أظهرت نتائج معامل الإثراء (EF) الموضحة بالجدول (8) بالنسبة لعنصر الرصاص أن الموقع S1 (المحطة الحرارية) كان في المرتبة الأولى (4.32) يليه الموقع S9 ثم S8 ثم S5 ثم S3 (2.13، 2.41، 2.98، 3.73) على التوالي، وهي قيم تدل على وجود إثراء معتدل. وبالنسبة لعنصر الكاديوم أشارت النتائج إلى وجود إثراء في جميع المواقع حيث كان إثراء كبير في المواقع التالية S1، S9، S8 (6.08، 6.75، 8.19) على التوالي، وكان الإثراء معتدل في بقية المواقع. أما بقية العناصر فقد أشارت النتائج أنه لا يوجد إثراء. ومن حيث المتوسط العام نستنتج أن المدينة فيها إثراء معتدل بالنسبة لعنصري الرصاص (2.53) والكاديوم (4.35) ويعزى ذلك المدخلات inputs الناتجة عن النشاطات البشرية (نشاط صناعي وحركة المواصلات) (Al Obaidy and Al Mashhadi, 2013). كانت قيم هذه الدراسة أقل من قيمة معامل الإثراء لعنصر الكاديوم (287.13) والرصاص (19.62) في ترب مدينة الفلوجة في العراق (Salah et al., 2013) وكذلك دراسة (Al Obaidy and Al Mashhadi 2013) التي بينت النتائج فيها أن الترب في بغداد تعاني من إثراء شديد بعنصري الرصاص (122.90) والكاديوم (63.37). وكانت أقل من قيمة معامل الإثراء لعنصر الكاديوم (38.70) في دراسة (Odat, 2015) على طول الطريق الدولي بين أربد والزرقاء في الأردن وأعلى من قيمة معامل الإثراء لعنصر الرصاص (2.40) في الدراسة ذاتها. وكانت أعلى من قيمة معامل الإثراء لعنصر الكاديوم (0.96) في ترب مدينة في مدينة Eskisehir في تركيا حيث الإثراء ضعيف وأقل بالنسبة لعنصر الرصاص (9.77) حيث الإثراء عال

(malkoc et al., 2021). وقد تعود هذه الاختلافات إلى اختلاف النشاطات الصناعية وكثافة المواصلات ومقدار الترسيب الجوي والظروف المناخية والجيولوجية لكل منطقة أو بلد بالطبع تمت المقارنة حسب قيم صف المعامل (مستوى التلوث) وليس حسب تركيز العنصر وهذا ينطبق على بقية المؤشرات الأخوذة في هذه الدراسة.

مؤشر التراكم الجيولوجي geo-accumulation index:

أظهرت النتائج قيم مؤشر التراكم الجيولوجي (جدول 9) حسب المواقع مع ذكر للقيمة المتوسطة:

الجدول (9): قيم معامل التراكم الجيولوجي للعناصر المعدنية حسب كل موقع مع قيم المتوسط

المواقع										
المتوسط	S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	المعادن
0.53	0.87	0.6	0.22	0.17	0.63	0.34	0.72	0.47	0.76	Pb
-0.61	-0.48	-0.96	-0.4	-0.56	-0.34	-0.71	-0.64	-0.59	-0.83	Zn
-1.84	-1.97	-1.79	-1.52	-1.89	-1.8	-1.68	-2.24	-2.07	-1.58	Cu
-2.17	-2.15	-1.83	-2.44	-2.38	-1.94	-2.2	-2.31	-2.23	-2.08	Ni
1.24	1.73	1.62	0.78	0.67	1.53	0.88	0.95	1.35	1.68	Cd
-1.45	-1.38	-1.65	-1.17	-1.46	-1.75	-1.26	-1.2	-1.6	-1.56	Mn
-4.64	-4.94	-4.89	-4.21	-4.6	-4.56	-4.54	-4.28	-4.43	-5.27	Fe

يوضح الجدول (9) قيم مؤشر التراكم الجيولوجي للعناصر المدروسة في مواقع منطقة الدراسة. حيث أشارت النتائج أن الترب وفقاً لتصنيف شدة التلوث تقع بين الصف الأول والثالث (غير ملوث، غير ملوث إلى متوسط التلوث، ملوث بشكل معتدل) بالنسبة لعنصر الرصاص أشارت النتائج إلى أن جميع المواقع كانت ضمن الصف الثاني (غير ملوث إلى متوسط التلوث) حيث أن الموقع S9 (مصفاة بانياس) سجل أعلى قيمة (0.87) يليه الموقع S1 (0.76) ثم الموقع S5 (0.63) وأقل قيمة سُجلت في الموقع S6 (0.17). وبالنسبة لعنصر الكاديوم أشارت النتائج إلى أن جميع المواقع كانت بين الصف الثاني والثالث (غير ملوث إلى متوسط التلوث، ملوث بشكل معتدل) حيث أن الموقع S9 سجل أعلى قيمة (1.73) يليه الموقع S1 (1.68) ثم الموقع S8 (1.62) ثم الموقع S5 (1.53) وأقل قيمة سُجلت في الموقع S6 (0.67). أما بقية العناصر فقد أشارت النتائج أنها غير ملوثة. وبالتالي يسمح بفرض نظرية ارتباط ذلك بمستوى القيمة الطبيعية للعنصر. ومن حيث المتوسط العام نستنتج أن المدينة تصنف غير ملوثة إلى معتدلة التلوث بالنسبة لعنصر الرصاص (0.53) ومعتدلة التلوث بالنسبة لعنصر الكاديوم (1.24). كانت قيم هذه الدراسة أقل من قيم دراسة (Cheng et al., 2014) في الصين فيما يخص قيم مؤشر التراكم الجيولوجي لعنصر الكاديوم (1.26) والرصاص (0.37)، ودراسة (جحي، 2014) فيما يخص قيم مؤشر التراكم الجيولوجي لعنصر الرصاص في ترب بعض الشوارع الرئيسية (2.22) وترب سطحية (2.03) وترب بعض حدائق الأطفال (1.47) في مدينة دمشق ودراسة (Odat, 2015) على طول الطريق الدولي بين أربد والزرقاء في الأردن فيما يخص عنصري الرصاص (0.21) والكاديوم (1.41)، وكانت أكبر من قيم مؤشر التراكم الجيولوجي لعنصر الكاديوم (0.085) في مدينة الفلوجة في العراق بالنسبة 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). وقد تعود هذه الاختلافات إلى التلوث المعدني الناتج عن شدة واختلاف التطور الحاصل فيما يخص النشاطات الصناعية وكثافة المواصلات ومقدار الترسيب الجوي في كل بلد أو منطقة.

مؤشر التلوث الفردي **Pollution Index**:

أظهرت النتائج قيم مؤشر التلوث الفردي (جدول 10) حسب المواقع مع ذكر للقيمة المتوسطة:

الجدول (10): قيم مؤشر التلوث الفردي للعناصر المعدنية حسب كل موقع مع قيم المتوسط

المواقع										
المعادن	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	المتوسط
Pb	2.53	2.07	2.47	1.9	2.32	1.68	1.74	2.27	2.75	2.19
Zn	0.84	1	0.96	0.92	1.18	1.02	1.14	0.77	1.08	0.99
Cu	0.50	0.36	0.32	0.47	0.43	0.41	0.52	0.43	0.38	0.42
Ni	0.36	0.32	0.3	0.33	0.39	0.29	0.28	0.42	0.34	0.34
Cd	4.81	3.83	2.89	2.75	4.34	2.38	2.58	4.62	4.96	3.68
Mn	0.51	0.49	0.65	0.63	0.45	0.55	0.67	0.48	0.57	0.56
Fe	0.59	1.05	1.16	0.97	0.96	0.93	1.22	0.76	0.74	0.93

من الجدول (10) لوحظ بالنسبة لعنصر الكاديوم تراوحت النتائج بين (2.38) كأدنى قيمة في الموقع S6 حيث تصنف (متوسط التلوث) و(4.96) كأعلى قيمة في الموقع S9 (مصفاة بانياس) ثم المواقع S1، S8، S5، S2 حيث تصنف (شديد التلوث). وفيما يخص عنصر الرصاص سجلت أدنى قيمة (1.68) في الموقع S6 التي تصنف (خفيف التلوث) وأعلى قيمة (2.75) في الموقع S9 التي تصنف (متوسط التلوث). أما بالنسبة لعنصر الزنك كانت أقل قيمة (0.77) في الموقع S8 حيث تصنف (غير ملوث) وأعلى قيمة (1.18) في الموقع S5 التي تصنف (خفيف التلوث). وبالنسبة لباقي العناصر اندرجت جميعها في كافة المواقع تحت التصنيف (غير ملوث). ومن حيث المتوسط العام لجميع المواقع كانت أعلى قيمة لعنصر الكاديوم (3.68) التي تصنف (شديد التلوث) ثم الرصاص (2.19) التي تصنف (متوسط التلوث) أما باقي العناصر كانت جميعها ضمن التصنيف (غير ملوث). 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) والنيكل (1.17) والحديد (1.02) والمنغنيز (0.74) بينما كانت أعلى فيما يخص الرصاص (1.05) والكاديوم (0.92). وقد تعود هذه الاختلافات إلى اختلاف النشاطات الصناعية وكثافة المواصلات ومقدار الترسيب الجوي وما يرافقه من تأثير للظروف المناخية لكل منطقة.

المؤشرات المتكاملة **Integrated Indices**:

أظهرت النتائج قيم مؤشر التلوث المتوسط ومؤشر التلوث الرقمي (جدول 11) حسب المواقع مع ذكر للقيمة المتوسطة:

الجدول (11): قيم مؤشر التلوث المتوسط ومؤشر التلوث الرقمي حسب كل موقع

المواقع										
المؤشرات	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	المتوسط
مؤشر التلوث المتوسط	1.45	1.3	1.25	1.14	1.44	1.04	1.17	1.39	1.55	1.30
مؤشر التلوث الرقمي	3.55	2.86	2.23	2.11	3.23	1.84	2	3.41	3.68	2.77

مؤشر التلوث المتوسط Average of pollution index:

يوضح الجدول (11) قيم مؤشر التلوث المتوسط للعناصر المدروسة حيث أشارت النتائج الى أن التربة في جميع المواقع صُنفت (متوسطة التلوث).

مؤشر التلوث الرقمي Nemerow pollution index:

لوحظ من الجدول (11) أن قيمة مؤشر التلوث الرقمي كانت ضمن المجال (1.8-3.68) حيث كانت أعلى قيمة في الموقع S9 (مصفاة بانياس) وصنفت المواقع (S9, S5, S8, S1) مواقع شديدة التلوث وأقل قيمة في الموقع S6 و S7 حيث صنفت خفيفة التلوث أما باقي المواقع صنفت متوسطة التلوث. ومتوسط عام (2.77) لوحظ أن المنطقة ذات تلوث متوسط. توافقت هذه الدراسة مع دراسة في إيران لترب مدينة Ahvaz حيث كانت قيمة معامل التلوث الرقمي ضمن المجال (0.3-4.5) (Nazarpour et al., 2019) حيث تتشابه هذه المدينة مع مدينة بانياس بوجود العديد من المنشآت الصناعية بما فيها تكرير النفط وكانت قيم هذه الدراسة أعلى من قيم دراسة لمزارع جانب بعض الطرق الدولية والرئيسية في مدينة Suzhou في الصين حيث قيمة معامل التلوث الرقمي 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 لمعامل التلوث الرقمي أن التربة ذات مستويات آمنة (Xia et al., 2021).

الاستنتاجات:

✚ تجاوزت قيم كل من الرصاص والكاديوم والمنغنيز القيم الطبيعية في التربة ويعزى ذلك إلى الانبعاثات الناتجة عن النشاطات البشرية المتعددة في المدينة (حركة المواصلات، المنشآت الصناعية النفطية إضافة إلى تواجد الزراعات المحمية والتي تستخدم المبيدات والأسمدة الزراعية).

✚ أن ترب المدينة حسب قيم معامل الإثراء (متوسط عام) فيها إثراء معتدل بالنسبة لعنصري الكاديوم والرصاص.

✚ تصنف ترب المدينة حسب قيم مؤشر التراكم الجيولوجي (متوسط عام) معتدلة التلوث بالنسبة لعنصر الكاديوم وغير

ملوثة إلى معتدلة التلوث بالنسبة لعنصر الرصاص.

✚ تصنف ترب المدينة حسب قيم مؤشر التلوث الفردي (متوسط عام) شديدة التلوث بالنسبة لعنصر الكاديوم ومتوسطة

التلوث بالنسبة لعنصر الرصاص أما باقي العناصر كانت جميعها ضمن التصنيف (غير ملوث).

✚ صُنفت التربة حسب مؤشر التلوث المتوسط ومؤشر التلوث الرقمي (متوسط عام) في جميع المواقع متوسطة التلوث.

المقترحات:

✚ التوسع بالدراسة لتشمل دراسة تلوث التربة على أبعاد مختلفة عن المحطة أو المصفاة والطرق التي تشهد حركة مرور مرورية كثيفة.

✚ دراسة قيم التلوث في مناطق مزرعة بالنباتات والخضروات كون المنطقة تنتشر فيها زراعة الخضروات المحمية.

✚ تكرار الدراسة بعد فترة من الزمن كنوع من المراجعة البيئية للمنطقة للوقوف على منحى التلوث هل هو في تحسن أم

العكس.

المراجع:

جعي، زياد (2014): دراسة وجود الرصاص في التربة في أماكن مختلفة من محافظتي دمشق وريف دمشق كأحد مؤشرات التلوث البيئي. جامعة دمشق، كلية الصيدلة، قسم تأثير الأدوية والسوموم. 116 صفحة.

- Al Obaidy, A. H. M. J., and A. A. M. Al Mashhadi (2013). Heavy Metal Contaminations in Urban Soil within Baghdad City, Iraq. *Journal of Environmental Protection*, 4: 72-82.
- AOAC- 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*. 2019, 16, 2552; doi:10.3390/ijerph16142552. 15 Pp.
- Duce, R. A., G. L. Hoffmann; and W. H. Zoller (1975). Atmospheric Trace Metals at Remote Northern and Southern Hemisphere Sites: Pollution or Natural? *Science*, 187: 59–61.
- Fei, X. F., Z. H. Lou; R. Xiao; Z.Q Ren; and X.N. Lv (2020). Contamination assessment and source apportionment of heavy metals in agricultural soil through the synthesis of PMF and Geog Detector models. *Sci. Total. Environ*. 747, 141293.
- Haynes, W. M., D. R. Lide; and T. J. Bruno (2014). *CRC Handbook of Chemistry and Physics 95th Edition 2014* by Taylor & Francis Group, LLC. International Standard Book Number-13: 978-1-4822-0868-9 (eBook - PDF).
- 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.
- Hu, B. F.; X. L. Jia; J. Hu; D.Y. Xu; F. Xia; and Y. Li (2017). Assessment of heavy metal pollution and health risks in the soil-plant-human system in the Yangtze River Delta, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 14, 1042.
- 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. 4th Ed., USA: CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC. 505 Pp.
- Loska, K., D. Wiechula; B. Barska; E. Cebula; and A. Chojnecka (2003). Assessment of arsenic enrichment of cultivated soils in Southern Poland. *Pol. J. Environ. Stud.* 12: 187-192.
- Malkoc, S., B. Yazici; and S. koparal (2010). Assessment of the levels of heavy metal pollution in roadside soils of Eskisehir, Turkey. *Environmental Toxicology and Chemistry.* 29(12): 2720–2725.
- Mohseni-Bandpei, A., S. D. Ashrafi; H. Kamani; and A. Paseban (2017). Contamination and ecological risk assessment of heavy metals in surface soils of Esfarayen City, Iran, *Health Scope.* 6: e39703.
- Moller, A.; H.W. Muller; A. Abdullah; G. Abdelgawad; and J. Utermann (2005). Urban soil pollution in Damascus, Syria: concentrations and patterns of heavy metals in the soils of the Damascus Ghouta. *Geoderma.*124: 63–71.
- Moreno-Alvarez, J. M., R. Orellana-Gallego; and L. M. Fernandez-Marcos (2020). Potentially Toxic Elements in Urban Soils of Havana, Cuba. *Environments.* 2020, 7, 43; doi:10.3390/environments7060043.
- 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.* (2019) 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.
- Oliva, S. R., and A. J. F. Espinosa (2007). Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources. *Microchemical Journal.* 86: 131–139.
- Opaluwa, O. D., M. O Aremu; L. O. Ogbo; K. A. Abiola; I. E. Odiba; M. M. Abubakar; and N. O. Nweze (2012). Heavy metal concentrations in soils, plant leaves and crops grown around dump sites in Lafia Metropolis, Nasarawa State, Nigeria. *Advances in Applied Science Research.* 3(2): 780-784.
- 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).*
- Reimann, C., and P. de Caritat (2005). Distinguishing between natural and anthropogenic sources for elements in the environment: regional geochemical surveys versus enrichment factors. *Science of the Total Environment.* 337(1-3): 91-107.

- 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.
- Sekarningsih, A. T., W. Budianta; W. Warmada; and H. Hinode (2021). Urban soil assessment caused by heavy metals contamination in Yogyakarta City, Indonesia. *International Conference on Geological Engineering and Geosciences*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 851. (2021) 012026. 1-7 Pp.
- Sezgin, N., N. Balkaya; A. Sahmurova; and N. Aysal (2019). Assessment of heavy metal contamination in urban soil. (Tuzla District, Istanbul, Turkey). *Desalination and Water Treatment*. 172: 167–176.
- Simon, E., E. Baranyai; M. Braun; C. Cserhádi; I. Fábrián; and B. Tóthmérész (2014). Elemental concentrations in deposited dust on leaves along an urbanization gradient. *Science of the Total Environment*. 490: 514-520.
- Sinex, S., and G. Helz (1981). Regional geochemistry of trace elements in Chesapeake Bay sediments. *Environmental Geology*. 3: 315-323.
- 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.
- Sutherland, R.A., C. A. Tolosa; F. M. G. Tack; M. G. Verloo (2000). Characterization of selected element concentration and enrichment ratios in background and anthropogenically impacted roadside areas. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*. 38: 428–438
- Vega, F. A., E. F. Covelo; B. Cerqueira; and M. L. Andrade (2009). Enrichment of marsh soils with heavy metals by effect of anthropic pollution. *Journal of Hazardous Materials*. 170(2-3): 1056-1063.
- Wang, M., and H. Zhang (2018). Accumulation of Heavy Metals in Roadside Soil in Urban Area and the Related Impacting Factors. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 15, 1064; 11 Pp.
- Wang, M., R. Liu, W.P. Chen, C. Peng; and B. Markert (2018). Effects of urbanization on heavy metal accumulation in surface soils, Beijing. *J. Environ. Sci*. 64: 328–334.
- Wei, B.; Jiang, F.; Li, X.; Mu, S. (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.

Using some pollution index to assess soil pollution with some heavy metals in Banyas City

Kamel Khalil *⁽¹⁾, Maher Dais ⁽²⁾ and Basel Fares ⁽¹⁾

(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: Dr. kamel Khalil, Email: d.kamelkhalil@tishreen.edu.sy).

Received: 19/09/2022 Accepted: 16/10/2022

Abstract

This study aimed to assess the levels of soil pollution using some individual pollution index (Enrichment Factor, Geoaccumulation index, Pollution index) and some integrated pollution index (Average pollution index and Nemerow pollution index) in surface soils (0-20 cm) for nine sites (S1- S9) in Banyas during the year 2021. Concentrations of metal elements were estimated: lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), nickel (Ni), zinc (Zn) and iron (Fe). The results showed that the order of elemental concentrations (general average) in ppm was as follows: [Fe (3479.66) > Mn (577.06) > Zn (69.32) > Pb (30.69) > Ni (28.20) > Cu (25.49) > Cd (0.55)]. The results showed that the order of Enrichment Factor values (general average) were as follows: [Cd (4.35) > Pb (2.53) > Zn (1.1) > Fe (1) > Mn (0.62) > Cu (0.48) > Ni (0.39)], we conclude that the city soil has moderate enrichment for the elements cadmium and lead. The results showed that the order of the Geoaccumulation index values (general average) were as follows: [Cd (1.24) > Pb (0.53) > Zn (-0.61) > Mn (-1.45) > Cu (-1.84) > Ni (-2.17). > Fe (-464)]. We conclude that the city soil is classified as moderately polluted for cadmium and not polluted to moderately polluted for lead. The results showed that the order of the Pollution index values (general average) were as follows: [Cd (3.68) > Pb (2.19) > Zn (0.99) > Fe (0.93) > Mn (0.56) > Cu (0.42) > Ni (0.34)]. The results indicated that the city soil is classified as highly polluted for cadmium and moderately polluted for lead, while the rest of the elements were all within the classification (non-polluted). The results indicated that the soil in all sites was classified as (medium pollution) according to the Average pollution index and the Nemerow pollution index (general average).

Key Words: Heavy metals concentration- Soil pollution index- Banyas city (Syria).