

دراسة تأثير ارتفاع المباني والخصائص المناخية على توزيع ملوثات الهواء لمواقع

مختارة من مدينة الحلة

ا.م.د. حيدر راضي كاظم

جامعة القاسم الخضراء كلية علوم البيئة

Study of the Effect of Building Height and Climatic Characteristics on the Distribution of Air Pollutants for Selected Sites in Al-Hilla City

Haydder Radhi Kadhim

College of Al-Qasim Green University Babylon 51013, Iraq -

Environmental Sciences

haider1983@environ.uoqasim.edu.iq

المستخلص

يهدف البحث إلى تحديد تأثير ارتفاع المباني والخصائص المناخية على تباين تراكيز الملوثات في مدينة الحلة منها غاز (NO₂ و CO₂) وبعض العناصر الثقيلة مثل (pb و cd) فضلاً عن الدقائق العالقة (PM_{2.5} و PM₁₀) وفي موقعين (تجاري وسكني) وعلى ارتفاعات من ١.٥ إلى ٢٥ م. وأظهرت النتائج انخفاض تراكيز معظم الملوثات مع ارتفاع المباني، باستثناء PM_{2.5} التي زادت بالارتفاع، إذ ابرزت التحليلات الإحصائية خمس علاقات عكسية بين ارتفاع المباني وتركيز الملوثات، فيما كانت PM_{2.5} ذات علاقة طردية. سجل عنصر الكاديوم أقوى علاقة عكسية مع ارتفاع المباني، مع تجاوز معظم الملوثات للقيم العالمية المسموح بها.

الكلمات المفتاحية: الخصائص المناخية، الدقائقات، العناصر الثقيلة، الغبار، الغازات، المباني.

Abstract

The study aims to determine the effect of building height and climatic characteristics on the variation of pollutant concentrations in Al-Hilla City, including gases (NO₂ and CO₂), certain heavy metals (Pb and Cd), as well as suspended particles (PM_{2.5} and PM₁₀) at two sites (commercial and residential) and at heights ranging from 1.5 to 25 m. The results showed a decrease in most pollutant concentrations with increasing building height, except for PM_{2.5}, which increased with height. Statistical analyses revealed five inverse relationships between building height and pollutant concentrations, while PM_{2.5} exhibited a direct relationship. Cadmium showed the strongest inverse relationship with building height, with most pollutants exceeding the internationally permissible limits.

Keywords: Climatic characteristics, Particulate matter, Heavy metals, Dust, Gases, Buildings.

تشمل البيئة جميع العناصر المحيطة بالإنسان، سواء كانت كائنات حية أو غير حية، وهي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان ويمارس أنشطته المختلفة (Kadhim, 2019, p. ٧١٠) أما التلوث البيئي يُعرف بأنه التغيرات التي تطرأ على البيئة نتيجة الاستخدام غير المناسب لمكوناتها، مما يؤدي إلى تأثيرات سلبية مباشرة على الإنسان وبيئته (Kadhim, 2024, p. ١٣١٧) ومن الأمثلة على ذلك، اعتماد الإنسان أساليب بناء غير متوافقة مع العوامل البيئية السائدة في منطقة الدراسة، مثل ارتفاع درجات الحرارة، وتباين خصائص الرياح، وزيادة كميات الغبار، وضعف الغطاء النباتي .

وتُعد جودة الهواء من القضايا البيئية ذات التأثيرات المباشرة على مكونات البيئة وخصوصاً على صحة الانسان واصابته ببعض الامراض مثل الحساسية وامراض الجهاز التنفسي وامراض القلب والاعوية الدموية فضلاً عن التأثيرات البيئية الاخرى كالتغير المناخي المتمثل بظاهرة الاحتباس الحراري الناتجة عن انبعاثات غازات الدفيئة او الامطار الحامضية او غيرها. اما تلوث الهواء يعني إطلاق غازات مختلفة، ومواد صلبة دقيقة، وسوائل متناثرة في الغلاف الجوي على ارتفاعات عالية بمعدلات تتجاوز قدرة البيئة على تبديدها أو تخفيفها أو امتصاصها، وتركيزات هذه المواد في الهواء قد تسبب العديد من الأمراض الصحية المشكلات الاقتصادية وبعض المشكلات الجمالية في البيئة غير المرغوب فيها (حسن، ٢٠١٨: ١٥٨).

تعد دراسة تأثير اختلاف ارتفاع المباني والخصائص المناخية على توزيع تراكيز ملوثات الهواء موضوعاً بالغ الأهمية لفهم تأثير التطور العمراني والمناخ السائد على جودة الهواء. وتشير معظم الدراسات إلى أن المناطق التجارية والصناعية وطرق النقل تُسهم بشكل كبير في تباين مستويات تلوث الهواء وزيادة تراكيزه. فضلاً عن ذلك فإن اختلاف ارتفاع المباني يؤثر بشكل ملحوظ على الخصائص المناخية، مثل تدفق الرياح ودرجات الحرارة، مما يؤدي إلى تفاقم تراكيز الملوثات داخل المدينة وتدهور مناخها المحلي (٥) (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، ٢٠٢٢). لذلك فإن فهم العلاقة بين ارتفاع المباني والخصائص المناخية وتأثيرها على توزيع ملوثات الهواء يُسهم في تطوير استراتيجيات فعالة لتخطيط المدن المستقبلية بهدف الحد من التلوث البيئي أو تقليل مستوياته مما ينعكس إيجاباً على صحة سكان مدينة الحل ورفاهيتهم.

تقتصر هذه الدراسة على قياس تراكيز بعض ملوثات الهواء كالعناصر الثقيلة (الرصاص والكادميوم) وبعض الملوثات الغازية (ثاني اوكسيد الكربون وثاني اوكسيد النتروجين) فضلاً عن ملوثات الهواء الدقائقية ذات الاحجام (pm2.5 و pm10) وعلى ارتفاعات مختلفة للمباني التجارية والسكنية ومقارنتها مع المحددات العالمية (WHO 2008, WHO 2005, جدول (١)). لقد تم اختيار تلك الملوثات لأسباب عديدة اهمها المخاطر البيئية

والمناخية المتمثلة بزيادة غازات الدفيئة وتلوث الهواء والتربة والمياه، فضلاً عن المخاطر الصحية المتمثلة بأمراض الجهاز العصبي وأمراض الجهاز التنفسي والقلب وأمراض الكلى وغيرها.

الجدول (١): المعايير الدولية لجودة الهواء وتراكيز العناصر الثقيلة

التركيز المسموح به (ملغ/كغ)	العناصر الثقيلة	التركيز المسموح به (جزء في المليون)	المدة / فترة التعرض	أسماء الملوثات
٠.٠٥	الرصاص	٣٠٠	One hour	ثاني أكسيد الكربون (CO ₂)
٠.٠٠٥	الكاديوم	٠.١٠	One hour	ثاني أكسيد النيتروجين (NO ₂)
----	----	٢٥	24 hour	الجسيمات العالقة PM _{2.5}
----	----	٥٠	24 hour	الجسيمات العالقة PM ₁₀

هدف البحث

يهدف البحث إلى تحليل تأثير ارتفاع المباني متعددة الطوابق والخصائص المناخية في حركة وانتشار ملوثات الهواء باستخدام التحليل الإحصائي، وتحديد المواقع والارتفاعات الأكثر تعرضاً لتراكمها، وتقييم جودة الهواء في مدينة الحلة مقارنة بالحدود العالمية المسموح بها.

أهمية البحث

تتجلى أهمية البحث من ارتباطه بقضايا بيئية معاصرة، ولاسيما تلوث الهواء، من خلال دراسة تأثيره ببعض الخصائص المعمارية للمباني مثل الارتفاع، إضافة إلى الخصائص المناخية السائدة، وما يترتب على ذلك من آثار على جودة البيئة الحضرية.

أولاً: منطقة الدراسة

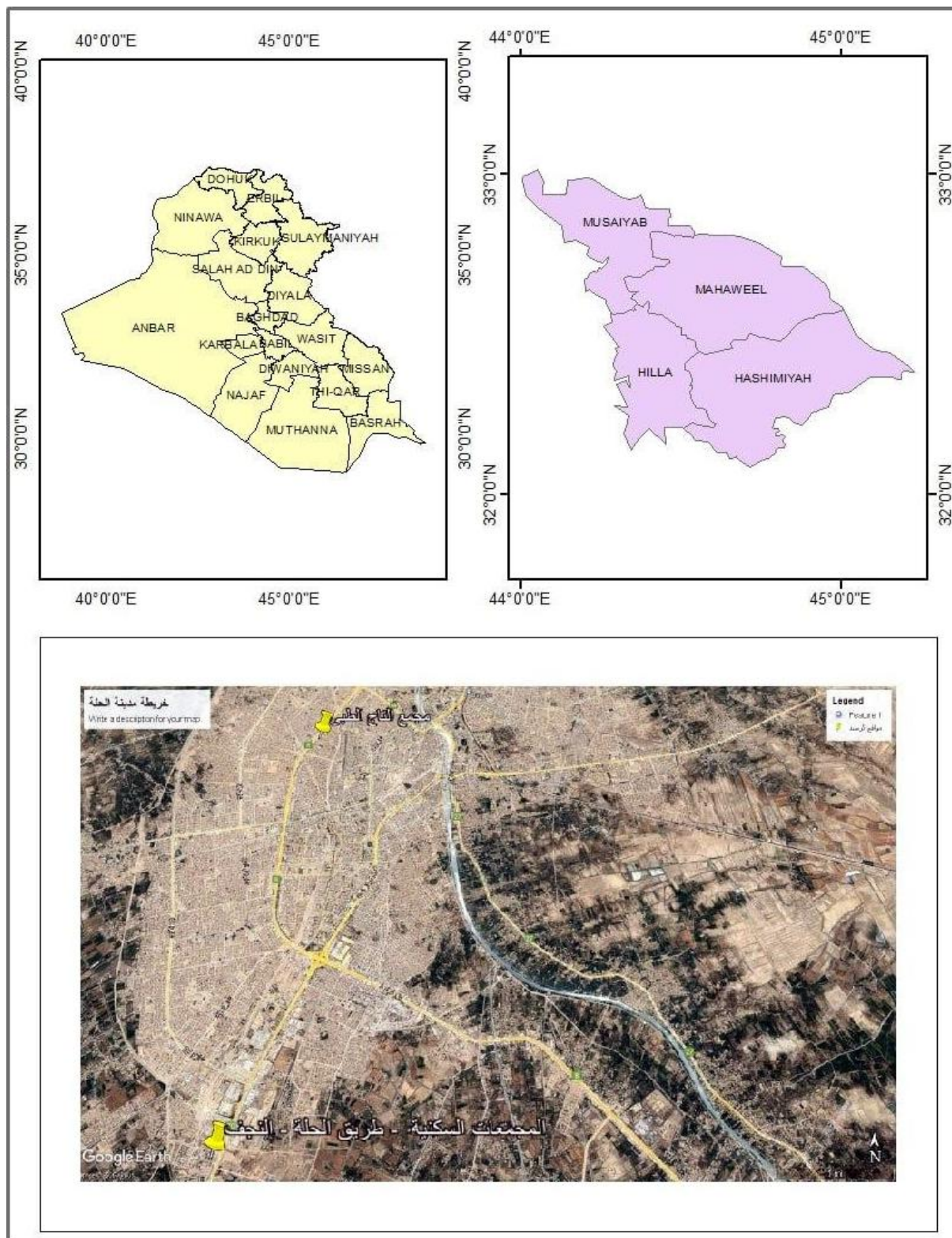
تقع مدينة الحلة في الإقليم الأوسط من العراق وفي القسم الغربي من السهل الرسوبي ، وفي موقع يتقاطع عند قوس الطول (44.15°) شرقاً ودائرة عرض (32.17°) شمالاً ، ويمثل هذا الموقع المركز الإداري لمحافظة بابل (كاظم، ٢٠١٧: ٦٧)، وتبلغ مساحة مدينة الحلة في الوقت الحاضر ٥٥ كم^٢ ، وتقع ضمن المناخ الحار الجاف والذي أكسبها خصائص مناخية تتصف بالتطرف وارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف وتدنيتها في فصل الشتاء ، أما فصلا الربيع والخريف فهما فصلان قصيران معتدلان انتقاليان ، وكذلك تتصف بقلّة هطول الأمطار أو تذبذبها وكثرة تعرضها

للظواهر الغبارية سواء كانت محلية او إقليمية (الشكر، ٢٠١٩: ٣). وتشكل مدينة الحلة عقدة او حلقة وصل بين ستة محافظات وبذلك فإنها كسبت موقعا يجعلها تحت تأثير الملوثات البيئية كالسيارات وغيرها، وقد تم اختيار موقعين للمباني في المدينة احدهما على شارع ٦٠ حيث يمثل القطاع التجاري، والموقع الاخر على طريق حلة نجف يمثل القطاع السكني، خريطة(١).

ثانيا: الدراسة الميدانية وطرق العمل

تم اختيار موقعين في هذه الدراسة ولقطاعين مختلفين (تجاري ، سكني) ، واخذت العينات لمرتين خلال مدة الدراسة وذلك خلال شهر تموز ٢٠٢٤ وشهر كانون الثاني ٢٠٢٥، وقد تم اختيار العينات من مباني يزيد ارتفاعها عن ٢٠ متر عن مستوى سطح الأرض، كما قسم هذا الارتفاع الى خمسة قياسات تبدأ من ارتفاع ١.٥ متر الذي يمثل متوسط طول الانسان وتنتهي بارتفاع ٢٠ متر والذي يمثل سطح البناية الاخير لمعرفة فيما اذا كان هنالك تباين في تراكيز الملوثات من عدمه، وقد تم استخدام اجهزة متطورة لقياس الملوثات كالعناصر الثقيلة والغازات والدقائق الغبارية منها جهاز (Atomic absorption spectrophotometer) لقياس تراكيز العناصر الثقيلة، كما وضعت حاويات بلاستيكية عدد خمسة وحسب الارتفاعات المحددة لجمع الغبار المتساقط على البناية وتركت لمدة شهر كامل لغرض جمع كمية كافية لتحليل الغبار، وجففت العينات عند ١٨٠م^٠ لمدة ليلة كاملة. ثم وزن (١) جرام من كل عينه ، واضيف اليه (١٠ مل) من حمض النيتريك المركز النقي (BDH). بعد ذلك يترك يغلي لمدة ساعتين وعند درجة حرارة ١٥٠م^٠ وبعد اتمام عملية الهضم يتم ترشيح المحلول بورق ترشيح نوع Whatman GF/A، بعدها يكمل الحجم بالماء المقطر الى ١٠٠ مل كذلك تم تحضير محاليل المعايرة (البلانك) (حمض النيتريك + الماء المقطر) وتم ترشيحها بنفس ورق الترشيح (الجهري، ٢٠٠٨: ٤٩-٥٨).

خريطة (١) منطقة الدراسة



١- الرصاص: (Pb)

يتضح من الجدول (٢) أن أعلى تركيز للرصاص بلغ (٠.١١) ppm عند ارتفاع ١.٥ م في المبنى التجاري خلال شهر كانون الثاني، بينما سجل أدنى تركيز (٠.٠٤) ppm عند ارتفاع ٢٠ م في المبنى السكني خلال شهر تموز. بالمقارنة مع المحدد البيئي المسموح به للرصاص في الهواء فإن جميع القيم المقاسة تجاوزت الحد المسموح به بشكل كبير، ما يشير إلى تعرض محتمل لمستويات صحية خطيرة خاصة في المستويات المنخفضة من المباني القريبة من مصادر التلوث.

٢- الكاديوم: (Cd)

يوضح الجدول (٢) أن أعلى تركيز للكاديوم بلغ (٠.٠١٢) ppm خلال شهر كانون الثاني في المبنى التجاري وعند ارتفاع ١.٥ م، في حين سجل أدنى تركيز (٠.٠٠٤) ppm عند ارتفاع ٢٠ م في المبنى السكني خلال شهر تموز. وعند مقارنة ذلك بالحد المسموح به للكاديوم نجد أن جميع القيم المقاسة أعلى بكثير من الحد المسموح، مما يشير إلى تلوث بيئي مرتفع ومخاطر صحية محتملة نتيجة التعرض المستمر لهذه المعادن الثقيلة.

يعزى ارتفاع تراكيز الرصاص والكاديوم عند المستويات المنخفضة إلى قربها من مصادر التلوث المباشر مثل الكثافة المرورية العالية، الطرق غير المعبدة، وعوادم السيارات، إضافة إلى قلة الغطاء النباتي الذي يحد من امتصاص الملوثات (الخالدي، ٢٠٢٠: ٧٣). في المقابل، تساهم الرياح عند الارتفاعات العليا في تحسين التشتت الهوائي وتقليل تراكم الملوثات (Dabrowski et al., 2016)، مما يفسر انخفاض التركيزات نسبياً عند مستويات ١٥-٢٠ م. كما أن المباني السكنية أظهرت تراكيز أقل مقارنة بالمباني التجارية بسبب بعدها عن الطرق الرئيسية ومصادر الانبعاثات المباشرة (جاسم، ٢٠١٤: ١١٣٨). ومع ذلك، تظل جميع القيم مقاسة أعلى بكثير من الحدود البيئية، مما يدل على الحاجة الملحة لتطبيق استراتيجيات الحد من التلوث، مثل زراعة الغطاء النباتي، تحسين طرق التصريف وتقليل الانبعاثات من المركبات والمولدات.

الجدول (٢): تراكيز عنصر الرصاص والكاديوم ppm حسب ارتفاعات المباني خلال مدة الدراسة

تراكيز عنصر الرصاص				
المبنى السكني		المبنى التجاري		ارتفاع المبنى/متر
كانون الثاني	تموز	كانون الثاني	تموز	
0.09	0.07	0.11	0.09	1.5
0.08	0.08	0.07	0.08	5
0.07	0.06	0.06	0.07	10
0.06	0.05	0.06	0.07	15
0.06	0.04	0.06	0.05	20
تراكيز عنصر الكاديوم				
المبنى السكني		المبنى التجاري		ارتفاع المبنى/متر
كانون الثاني	تموز	كانون الثاني	تموز	
0.01	0.008	0.012	0.009	1.5
0.009	0.009	0.01	0.009	5
0.008	0.007	0.009	0.008	10
0.007	0.007	0.008	0.008	15
0.006	0.004	0.007	0.006	20

٣- ثاني أكسيد الكربون: (CO₂)

تشير القيم في الجدول (٣) إلى أن أعلى تركيز لثاني أكسيد الكربون بلغ (٣٤٧) ppm عند ارتفاع ١.٥ م في المبنى التجاري خلال شهر تموز، بينما سجل أدنى تركيز (٢٠٦) ppm عند ارتفاع ٢٠ م في المبنى السكني خلال الشهر نفسه. بالمقارنة مع المحدد البيئي المسموح به لتركيز ثاني أكسيد الكربون في الأماكن المغلقة، والذي عادةً لا يتجاوز (٣٠٠) ppm فإن معظم القيم المسجلة في المبنى التجاري تجاوزت الحدود المسموح بها، في حين بقيت تراكيز المبنى السكني ضمن الحدود المقبولة، مما يشير إلى تركيز الملوثات في المباني التجارية نتيجة كثافة السكان والأنشطة اليومية.

٤- ثاني أكسيد النيتروجين: (NO₂)

يوضح الجدول (٣) أن أعلى تركيز لغاز ثاني أكسيد النيتروجين بلغ (٠.٣١) ppm عند ارتفاع ١.٥ م في المبنى التجاري خلال شهر تموز، بينما سجل أدنى تركيز (٠.١١) ppm عند ارتفاع ٢٠ م في نفس المبنى خلال شهر كانون الثاني. وبالمقارنة بالحدود البيئية المسموح بها لثاني أكسيد النيتروجين، والتي تُقدر بـ (٠.١٠) ppm نجد أن جميع القيم المسجلة أعلى بكثير من الحد المسموح به، مما يشير إلى وجود مستويات عالية من التلوث الهوائي خاصة عند المستويات المنخفضة في المباني التجارية.

يعزى ارتفاع تراكيز CO₂ و NO₂ عند المستويات المنخفضة إلى قربها من مصادر التلوث المباشر مثل السيارات، الأفران، والمولدات المحلية، إضافة إلى كثافة السكان داخل المباني التجارية التي تعمل على زيادة الانبعاثات اليومية (Zhang et al., 2008)؛ (Kadhim et al., 2020) كما أن المباني التجارية تعيق حركة الرياح عند المستويات الدنيا، مما يقلل من تشتت الهوائي ويزيد من تراكم الملوثات. في المقابل، يؤدي ارتفاع المباني السكنية عن مصادر التلوث المباشر وزيادة سرعة الرياح إلى تشتيت الملوثات وتقليل تراكمها عند مستويات ١٥-٢٠ م، كما يساهم انخفاض درجة الحرارة أحياناً في تحسين تهوية الهواء وتقليل تركيز الغازات (Tokalıoğlu & Kartal). وبذلك، تبقى المباني التجارية أكثر عرضة لمستويات ملوثة من الهواء، مما يشكل خطراً أكبر على صحة الإنسان مقارنة بالمباني السكنية، خصوصاً مع التعرض اليومي الطويل للزوار والسكان.

الجدول (٣): تراكيز ثاني اوكسيد الكربون والنيتروجين حسب ارتفاعات المباني خلال مدة الدراسة

تراكيز ثاني اوكسيد الكربون				
المبنى السكني		المبنى التجاري		ارتفاع المبنى/متر
كانون الثاني	تموز	كانون الثاني	تموز	
٢٢٣	٢٢٢	٣٤٢	٣٤٧	1.5
٢٢١	٢٢٠	٣٣٧	٣٣٩	5
٢٢١	٢١٨	٣٣٤	٣٣٧	10
٢١٥	٢١٤	٣٣٠	٣٢٩	15
٢١٢	٢٠٦	٣١٥	٢٢٤	20
تراكيز ثاني اوكسيد النيتروجين				
المبنى السكني		المبنى التجاري		ارتفاع المبنى/متر

كانون الثاني	تموز	كانون الثاني	تموز	
٠.٢٤	٠.٢٤	٠.٢٣	٠.٣١	1.5
٠.٢١	٠.٢٣	٠.١٩	٠.٢٩	5
٠.٢٠	٠.٢٠	٠.١٨	٠.٢٨	10
٠.٢٠	٠.١٩	٠.١٦	٠.٢٦	15
٠.١٩	٠.١٤	٠.١١	٠.٢٢	20

٥- الجسيمات الدقيقة: PM2.5

تشير النتائج في جدول (٤) إلى أن أعلى تركيز للجسيمات الدقيقة PM2.5 بلغ ٣٠٢.٢٢ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ عند الارتفاع ٢٠ م خلال شهر كانون الثاني في المبنى السكني، بينما سجل أدنى تركيز (٢١٩.٢٤) ppm خلال شهر تموز عند الارتفاع ١.٥ م في المبنى التجاري. بالمقارنة بالمحدد البيئي اليومي، الذي يبلغ ٢٥ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ، فإن جميع القيم المسجلة كانت أعلى بكثير.

٦- الجسيمات الكبيرة: PM10

يوضح الجدول (٤) أن أعلى تركيز للجسيمات الكبيرة PM10 بلغ (٣٢٠.٦٦) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ خارج المبنى السكني عند ارتفاع ١.٥ م خلال شهر كانون الثاني، بينما سجل أدنى تركيز (٢٢٦.١١) ppm عند ارتفاع ٢٠ م في المبنى السكني خلال شهر تموز. بالمقارنة بالمحدد البيئي اليومي العالمي الذي يبلغ ٥٠ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ، فإن جميع القيم المسجلة كانت أعلى بكثير. تعكس تراكيز الجسيمات الدقيقة والكبيرة تفاوتاً مكانياً وزمنياً يعتمد على حجم الجسيمات وطبيعة مصادر التلوث وأنماط حركة الهواء. فالجسيمات الدقيقة PM2.5 تبقى معلقة لفترات أطول ويمكنها الانتقال إلى ارتفاعات أعلى بفعل الرياح، في حين أن الجسيمات الكبيرة PM10 تميل للبقاء قرب سطح الأرض بسبب كبر حجمها وثقلها، إلا أنها تتأثر بالعوامل المناخية مثل العواصف الترابية وحركة المركبات (Królak, 2000؛ Mishra, 2013)، كما يؤدي الازدحام السكاني والنشاطات اليومية في المباني التجارية والسكنية إلى زيادة تراكم الجسيمات، مما يجعل المباني منخفضة الارتفاع أكثر عرضة لمستويات ملوثة من الهواء مقارنة بالارتفاعات العليا. تظل جميع القيم أعلى بكثير من الحدود البيئية المسموح بها، مما يستدعي اتخاذ إجراءات وقائية للحد

من التعرض، مثل تحسين التهوية، زراعة الغطاء النباتي، وتقليل الانبعاثات الناتجة عن المركبات والنشاطات اليومية.

الجدول (٤): تراكيز الدقائق ذات الحجم $PM_{2.5}$ PM_{10} حسب ارتفاعات المباني خلال مدة الدراسة

المبنى السكني		المبنى التجاري		ارتفاع المبنى/متر
كانون الثاني	تموز	كانون الثاني	تموز	
٢٤٧.٢٢	٢١٩.٢٤	٢٣١.١١	٢٢٣.٥٢	1.5
٢٥٤.١٣	٢٢٢.٢٧	٢٤٨.٠٧	٢٣٢.٢٢	5
٢٦١.٩٢	٢٢٨.٩٢	٢٥٢.١٢	٢٣٨.٣	10
٢٧٧.١٣	٢٣٨.١٣	٢٥٥.١٩	٢٤٢.٣٢	15
٣٠٢.٢٢	٢٤٧.٢	٢٧٥.٣٢	٢٥٣.٤٤	20
المبنى السكني		المبنى التجاري		ارتفاع المبنى/متر
كانون الثاني	تموز	كانون الثاني	تموز	
٣٢٠.٦٦	٢٥٩.٢١	٢٩٥.٣٢	٢٧٧.٢	1.5
٣٠٥.٥٧	٢٥١.٣٢	٢٨٣.٢١	٢٦٥.١٣	5
٢٩٤.١١	٢٤٠.٠٩	٢٧٩.٩	٢٥٩.٢٢	10
٢٨٣.٩١	٢٣٥.٧٦	٢٧٠.٨١	٢٥٠.١٩	15
٢٦١.٢٣	٢٢٦.١١	٢٥٢.٦٤	٢٤٢.٣١	20

رابعاً: العلاقات الإحصائية بين ارتفاع المباني وتراكيز الملوثات للمباني التجارية والسكنية

١- العلاقات الإحصائية بين ارتفاع المباني وتراكيز الملوثات للمباني التجارية

يتبين من خلال الجدول (٥) طبيعة العلاقات الإحصائية بين كل من اختلاف ارتفاع المباني والاشهر التي رصد فيها الملوثات في المباني التجارية التي تشهد تبايناً واضحاً في أجزاء منطقة الدراسة، فقد تنوعت هذه العلاقات الارتباطية فمنها ذات ارتباط عكسي مع كل من (الرصاص والكادميوم وثاني اوكسيد الكربون والنتروجين ودقائق الغبار PM_{10} ، أي كلما ازداد ارتفاع المبنى كلما تناقصت تراكيز الملوثات، فخلال شهر تموز حيث سجل أعلى معامل ارتباط عكسي في ارتفاع المباني مع دقائق الغبار ذات الحجم ١٠ بارتباط (٠.٩٨) وبانحدار (-0.5463)، وتفسر هذه العلاقة بأن لارتفاع المباني تأثيراً بنسبة (٩٧ %)، فيما سجل أضعف ارتباط عكسي في ارتفاع المباني مع ثاني اوكسيد الكربون بارتباط (-0.80) وبانحدار (-0.11669) وتفسر

العلاقة ان هناك تأثيراً قليلاً لا يتجاوز (٦٤٪). بينما العناصر التي سجلت ارتباطاً طردياً مع عنصر دقائق الغبار ذات الحجم ٢.٥، أذ سجل معامل ارتباط طردي بارتباط (0.98) وبانحدار (0.655796) وبمعامل تفسير بلغت نسبته نحو (96٪).

أما شهر كانون الثاني فسجلت خلاله (٥) علاقات عكسية وعلاقة طردية واحدة، وقد جاءت العلاقات متباينة بشدة في نوعها وقوتها، أذ سجلت أقوى علاقة عكسية في ارتفاع المباني مع عنصر الكاديوم بارتباط (-0.97) وبانحدار (-3770.27) وتفسر العلاقة ان لارتفاع المباني تأثيراً بهذا العنصر تصل نسبته الى (٩٤٪) أي كلما يزداد ارتفاع المبنى التجاري يقل تركيز الملوثات، أما أقل علاقة عكسية فسجلت مع عنصر الرصاص بارتباط (-0.76) وبانحدار (-262.234) وبمعامل تفسير ضئيلة لا تتجاوز (58٪)، فيما سجلت علاقة طردية في ارتفاع المباني مع دقائق الغبار ذات الحجم ٢.٥ بارتباط (٠.٩٤) وبانحدار (٠.٤٤٣٥١٨) وتفسر العلاقة ان لهذا العنصر تأثيراً يصل الى نحو (٨٩٪).

الجدول (٥): العلاقات الإحصائية بين ارتفاع المباني التجارية وتركيز الملوثات

العنصر	تموز			كانون الثاني		
	الارتباط r	التغير في الانحدار	التفسير R ² %	الارتباط r	التغير في الانحدار	التفسير R ² %
الرصاص	-0.95745	-480.682	٩١	-0.76346	-262.234	٥٨
الكاديوم	-0.91831	-5583.33	٨٤	-0.97392	-3770.27	٩٤
ثاني اوكسيد	-0.80517	-0.11669	٦٤	-0.94683	-0.68708	٨٩
النتروجين	-0.97464	-212.179	٩٤	-0.96749	-163.99	٩٣
دقائق الغبار ٢.٥	0.984843	0.655796	٩٦	0.944182	0.443518	٨٩
دقائق الغبار ١٠	-0.98765	-0.54634	٩٧	-0.97156	-0.45476	٩٤

٢- العلاقات الإحصائية بين ارتفاع المباني وتراكيز الملوثات للمباني السكنية

يُظهر الجدول (٦) طبيعة العلاقات الإحصائية بين اختلاف ارتفاع المباني والأشهر التي جرى خلالها رصد الملوثات في المباني السكنية، والتي تتسم بتباينات واضحة ضمن أجزاء منطقة الدراسة. وقد تنوعت هذه العلاقات الارتباطية، إذ برزت علاقات عكسية مع كل من الرصاص والكاديوم وثاني أكسيد الكربون والنتروجين ودقائق الغبار PM10، مما يشير إلى أنه كلما ازداد

ارتفاع المبنى انخفضت تراكيز هذه الملوثات. ففي شهر تموز، سجّل ارتفاع المباني أعلى معامل ارتباط عكسي مع دقائق الغبار PM10 بقيمة (-٠.٩٩) وانحدار (-٠.٥٦٦٩١)، وهو ما يفسّر بأن ارتفاع المبنى يؤثر بنسبة تصل إلى (٩٨٪). أما أضعف ارتباط عكسي فكان مع غاز الكادميوم بمعامل ارتباط (-٠.٨٧) وانحدار (-٣٤٦٤.٢٩)، مفسّراً تأثيراً محدوداً لا يتجاوز (٧٥٪)، وفي المقابل، ظهرت علاقة ارتباط طردي مع دقائق الغبار PM2.5، حيث بلغ معامل الارتباط (٠.٩٩) والانحدار (٠.٦٤١٠٤)، وبمعامل تفسير يقارب (98%).

أما في شهر كانون الثاني، فقد سُجّلت خمس علاقات عكسية وعلاقة طردية واحدة. وجاءت هذه العلاقات متفاوتة في نوعها وقوتها؛ إذ ظهرت أقوى علاقة عكسية بين ارتفاع المباني وعنصر الكادميوم بمعامل ارتباط (-٠.٩٩) وانحدار (-٤٧٠٠)، مما يعني تأثيراً يصل إلى (٩٩٪)، أي أن زيادة ارتفاع المبنى التجاري ترتبط بانخفاض تركيز الملوث. في حين سُجّل أضعف ارتباط عكسي مع عنصر النتروجين بمعامل ارتباط (-٠.٨٧) وانحدار (-٣٣٩.١٨٩) وبمعامل تفسير لا يتجاوز (٧٦٪)، أما العلاقة الطردية فقد ظهرت بين ارتفاع المباني ودقائق الغبار PM2.5، حيث بلغ معامل الارتباط (٠.٩٧) والانحدار (٠.٣٣٠٧١٩)، مبيّنة تأثيراً يقدر بحوالي (٩٤٪).

الجدول (٦) العلاقات الإحصائية بين ارتفاع المباني السكانية وتركيز العناصر في منطقة الدراسة

كانون الثاني			تموز			العنصر
التفسير % R ²	التغير في الانحدار	الارتباط r	التفسير % R ²	التغير في الانحدار	الارتباط r	
٩٢	-548.529	-0.96045	٨٥	-435	-0.92365	الرصاص
٩٩	-4700	-0.99797	٧٥	-3464.29	-0.87036	الكادميوم
٩١	-1.52638	-0.95706	٩٢	-1.13125	-0.96081	ثاني أكسيد
٧٦	-339.189	-0.87618	٩٤	-183.871	-0.97214	النتروجين
٩٤	0.330719	0.971551	٩٨	0.64104	0.992794	دقائق الغبار ٢.٥
٩٧	-0.32797	-0.98882	٩٨	-0.56691	-0.99035	دقائق الغبار ١٠

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- ١- سجلت مواقع الرصد تبايناً زمنياً في تراكيز الملوثات الجوية.
- ٢- كانت تراكيز الملوثات في الغالب أعلى من الحدود المسموح بها عالمياً.
- ٣- أشارت النتائج إلى أن المبنى التجاري أكثر تلوثاً من المبنى السكني، ويعود ذلك إلى عدة عوامل أهمها كثافة السيارات في المنطقة، وكثرة الشوارع غير المبلطة، والأعداد الكبيرة للمولدات الكهربائية الخاصة، فضلاً عن قلة التشجير والمساحات الخضراء.
- ٤- نلاحظ أن تراكيز معظم الملوثات تقل مع ارتفاع المباني، باستثناء PM_{2.5} التي زادت مع الارتفاع.

- ٥- يوضح التحليل الإحصائي أن ارتفاع المباني يقلل معظم الملوثات، باستثناء PM_{2.5} التي زادت بالارتفاع، وكان الكاديوم أكثرها تأثيراً، مما يؤكد تأثير البنية الحضرية على جودة الهواء.

التوصيات

- ١- وضع ضوابط لاستيراد السيارات الحديثة وتشجيع استخدام السيارات التي تعمل بالطاقة النظيفة.
- ٢- إخراج السيارات التي يقل موديلها عن ٢٠١٠ من الخدمة، نظراً لانبعاثها الكبير للملوثات.
- ٣- تحسين البنى التحتية للمدينة، بما في ذلك تبليط الشوارع، وزيادة المساحات الخضراء والتشجير.
- ٤- نشر الوعي البيئي، وتثقيف السكان حول أهمية الحد من الملوثات، وترشيد استخدام المركبات والطاقة، والمشاركة في الحفاظ على البيئة.
- ٥- تشجيع البناء العمودي لانخفاض تراكيز معظم الملوثات مع الارتفاع، ويمكن تشجيع تطوير المباني العالية لتقليل التعرض المباشر للملوثات.

قائمة المصادر

- كاظم، حيدر راضي. (٢٠١٧)، تحليل التباين المكاني والزمني للمتساقطات الجوية واثارها البيئية في محافظة بابل، جامعة الكوفة، كلية التربية للبنات، ٢٠١٧، ص. ٦٧.
- الشكر، عبد الحسن خضير، وآخرون. صياغة ثانياً متوافقة مع طريقة APHA لتصميم البيئة السكنية في مدينة الحلة، مجلة كلية الهندسة، جامعة بابل، بدون تاريخ، ص. ٣.
- الجهري، محسن عبد الله. المجلة القطرية للكيمياء، ٢٠٠٨، المجلد ٢٩، ص. ٤٩-٥٨.
- الخالدي، خالد صفاء (٢٠٢٠). قياس كمية الهطول في الأربعة مواقع الرئيسية لمدينة الحلة ومدى ارتباطها بعنصر الرصاص، مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية، العدد ١، المجلد ١٧.

حسن، عادل علوان ، ٢٠١٨ ، التقييم الجغرافي للبيئة في مدينة الحلة، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة، ٢٠١٨، ص. ١٥٨.

جاسم، هاشم محسن جابر (٢٠١٤). تلوث الهواء وتأثيره على صحة الإنسان في مدينة الحلة، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة بابل، ص. ١١٣٨.

Kadhim ,H. R. Kadhim,R. K. and Shaker,M. M. (2019). Assessment of Noise Pollution and its Impact on Human Health in Hilla City. *Journal of Global Pharma Technology*. 11(7), pp. 709–714.

Kadhim ,H. R. (٢٠٢٤) Measuring the concentrations of some gaseous air pollutants and dust particles in the western city of Hamzah in Iraq. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* This link is disabled. 1325(1), 012006 .

United Nations Environment Programme. (2022). *Air Quality Modelling and Forecasting Guide for GCC Countries*. Zoe Environment Network.

WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update, op, cit, p.5 2005.

WHO air quality guidelines, health effect institute, Boston, MA, USA, 2008, p.9.

WHO air quality guidelines: past, present and future, WHO regional office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2017 p.3.

Dabrowski, P., B. Poniecka, A.H. Baczewska and B. Gworek (2016). The effect of road traffic on soil and plant contamination with lead and chromium. *Przemysl Chemiczny*, **95(3)**: 384-388.

Zhang, H, S. Wang, J. Hao, X. Wang, S. Wang, F. Chai and M. Li (2016). Air pollution and control action in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 112: 1519-1527.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2020). *Air Quality Criteria for Lead (Pb)*. Washington, D.C.

Tokalioglu S, ., Kartal S, ., (2006). Multivariate analysis of the data and speciation of heavy metals in street dust samples from the organized industrial district in Kayseri (Turkey), *Atmos. Environ.* 40, pp:2797–2805.

Khalid Raheem Kadhim , Haydder Radhi Kadhim , Maha Mahmoud Shaker , Faisal Kareem Hadi and Ali Hakim Abed (2020) “Measuring the concentrations of some air pollutants and street dust in selected locations in Hilla city. *International Journal of Plant Research*, 2020, 20 (2). 4683-4688.

Królak. E. Heavy Metals in Falling Dust in Eastern Mazowieckie Province .*Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 9, No. 6 (2000), 517-522

Lindahl, S. (2016). *Environmental Regulations and Pollution Havens* .

Mishra. Amit Kumar, Subodh Kumar Maiti, Asim Kumar Pal .Status of PM10 bound heavy metals in ambient air in certain parts of Jharia coal field, Jharkhand, India . *International Journal of Environmental Sciences* .Volume 4, No 2, 2013