

## تأثر مياه الامطار بانبعاثات الغازات الصادرة عن المناطق الصناعية وعلاقة تلك الانبعاثات بالتركيب النظائري للهطول المطري

صفاء عبد الرزاق الكناني عامر عبد محمد علي حسن فالح هند وليد مصطفى  
هيئة البحث العلمي – مركز بحوث وتكنولوجيا البيئة والمياه والطاقات المتجددة. العراق/ بغداد

### الخلاصة

تناولت الدراسة قياس الخصائص الكيميائية للأمطار في بعض المناطق الصناعية ومدى تأثيرها بالتلوث الهوائي الناتج من المرافق الصناعية القريبة منها وإمكانية تحولها الى امطار حامضية وتأثيرها في توصيف التركيب النظائري للأمطار وإظهار أثر التباين المكاني بمقارنتها بنماذج أخرى من مناطق بعيدة عن التأثير المباشر لهذه المرافق الصناعية. جمعت عينات الامطار المتساقطة في مدينة بغداد (مناطق سكنية وصناعية) للفترة من (2023/11/1) ولغاية (2024/5/1). اشارت النتائج الى ان معدلات الرقم الهيدروجيني (pH) كان ضمن المدى الحامضي في حين اقتربت من المجال الحامضي ( $pH \leq 5$ ) في بعض المناطق (الزعفرانية والنهروان). اقل قيمة للرقم الهيدروجيني بلغت (4.9) في منطقة الزعفرانية في حين سجلت اعلى قيمة (7.5) في مركز مدينة بغداد. لوحظ زيادة في انبعاثات تراكيز ايونات الكبريتات والنترات في المناطق القريبة من مصفى الدورة حيث سجلت (82.88 جزء بالمليون) للكبريتات و(7.75 جزء بالمليون) للنترات. لم تظهر نتائج الدراسة ارتفاع في تراكيز العناصر الثقيلة (الرصاص والكاديوم) في مجمل المواقع المدروسة وكان لافتا للنظر ان اعلى قيمة من تركيز عنصر الرصاص كانت في مركز المدينة. تطابقت عينات منطقة الدراسة في السلوك النظائري مع الخط المطري المحلي للعراق عدا بعض العينات التي أظهرت شذوذاً في هذا السلوك نتيجة لقلة الساقط المطري لهذه العينات.

**الكلمات المفتاحية:** امطار حامضية، التلوث الهوائي، التركيب النظائري، الخط المطري

## The Impact of Rainwater on Gas Emissions from Industrial Areas and the Relationship of These Emissions to the Isotopic Composition of the Rainfall

Safaa A. Al-Kinani Amer A. Mohammed Ali H. Falih Hind W. Mustafa  
Scientific Research Commission / Center for Research and Technology of Environment, Water and  
Renewable Energy. Iraq/ Baghdad  
Email: [safaa.a.abdulhussein@src.edu.iq](mailto:safaa.a.abdulhussein@src.edu.iq)

### Abstract

The study aimed to measure the chemical properties of rain in some industrial areas and the extent to which it is affected by air pollution resulting from nearby industrial facilities and the possibility of its transformation into acid rain and its impact on characterizing the isotopic composition of rain and showing the effect of spatial variation by comparing it with other samples from areas far from the direct influence of these industrial facilities. Rainfall samples were collected in Baghdad (civilian and industrial areas) for the period from (11/1/2023) to (5/1/2024). The results indicated that the pH levels were within the acidic range, while it approached the acidic range ( $pH \leq 5$ ) in some areas (Zafaraniya and Nahrawan). The lowest pH value was (4.9) in the Zafaraniya, while the highest value was (7.5) in the center of Baghdad. An increase in emissions of sulfate and nitrate ions concentrations was observed in the areas close to the Daura refinery, where (82.88 ppm) for sulfate and (7.75 ppm) for nitrate were recorded. The results of the study did not show an increase in the concentrations of heavy elements (lead and cadmium) in all the studied sites. It was noteworthy that the highest value of lead concentration was in the city center. The samples of the study area were consistent in the isotopic behavior with the local rainfall line of Iraq, except for some samples that showed anomalies in this behavior due to the low rainfall of these samples.

**Keywords:** acid rain, air pollution, isotopic composition, waterline.

## المقدمة

واطنة نسبياً وينتشر بالهواء الى مسافات بعيدة فضلاً عن ترسبه الى الأرض او على النباتات من خلال الساقط المطري. هذه التغيرات قد تقود إلى تغيرات مناخية غير محمودة العواقب، وتعتبر مياه الأمطار مؤشراً جيداً غير مباشر لتحديد التغير الحاصل في طبقة التروبوسفير التي تحدث فيها اغلب العناصر المناخية المؤثرة بشكل مباشر في حياتنا اليومية، وهناك جهود تبذل بشكل حثيث لاستقراء هذا التغير. وأحد الأساليب المتبعة هو فحص التركيب الكيميائي للهاتل المطري فمعرفة هذا التركيب يكوم من الممكن تقدير درجة التلوث وتحديد ما تحدثه الملوثات الغازية من تأثيرات كيميائية في خصائص هذا الهاتل المطري من خلال اجراء فحوصات تراكيز العناصر الكيمياوية الذائبة فيها (العبيدي وآخرون. 2007)..

تعنى الدراسات الحديثة بدراسة خصائص النظائر البيئية الطبيعية في مياه الامطار والنظم الهيدرولوجية. تم استخدام النظائر بشكل شائع في الهيدرولوجيا كأداة للتحقيق وفهم العمليات الهيدرولوجية المختلفة منها هطول الأمطار بالإضافة الى كشف ومراقبة التلوث في المياه.

ففي الطبيعة يوجد نظيران مستقران للهيدروجين وثلاثة نظائر مستقرة للأوكسجين ويعتبر النظيران ( $\delta^{18}\text{O}$  ،  $\delta^2\text{H}$ ) اهم نظيرين في دراسات مياه الامطار المختلفة حيث تتغير هذه النسبة حسب الموقع الجغرافي والزمن و لهذين النظيرين تركيب ذري ثابت ولها دور مهم من حيث الدلالة على مصدر المياه ونوعيتها وتزويدنا بإمكانية قياس زمن الدورة المائية وتحديد مصدر الملوحة والملوثات ولتفسير بعض الظواهر الهيدرولوجية (أبو زخم وآخرون. 2007) عادة ما يتم التعبير عن محتوى النظائر المستقرة في عينات المياه بقيم دلنا ( $\delta$ ) المحددة على أنها الانحراف النسبي عن المعيار المعتمد الذي يمثل متوسط التركيب النظائري للمحيط العالمي:

$$[\delta \text{‰}] = \left( \frac{R(\text{sample})}{R(\text{References})} - 1 \right) * 1000 \quad (1)$$

المعيار المقبول دولياً للإبلاغ عن نسب نظائر الهيدروجين والأوكسجين في المياه هو مياه المحيط، V-SMOW)، وتشير القيم الموجبة إلى أن عينة المياه غنية بتركيزها النظائري، بينما تشير القيم السالبة إلى عينات المياه قليلة التركيز بالنظائر. يرتبط للنظيرين النظيرين ( $^2\text{H}$ ،  $^{18}\text{O}$ ) في عينات مياه الامطار بعلاقة تدعى الخط المطري العالمي والتي تعتبر مرجع لجميع امطار العالم حسب المعادلة التالية: [Gat et al., 1970]

$$\delta^2\text{H} = 8. \delta^{18}\text{O} + 10 \quad (2)$$

أجريت عدة دراسات لقياس تركيز الملوثات في مياه الامطار

يعتبر تلوث الهواء من اهم مكونات التلوث البيئي التي تواجه المجتمعات المعاصرة خاصة الصناعية منها ونتيجة الزيادة بتركيز الانبعاثات لغازات مثل (اول أوكسيد الكربون (CO) وثاني أوكسيد الكربون(CO<sub>2</sub>))، ثاني أوكسيد الكبريت (SO<sub>2</sub>) عن معدلاتها الطبيعية الناتجة عن احتراق الوقود في المعامل ومحطات توليد الكهرباء ووسائل النقل المختلفة تنتشر هذه الغازات في جو المناطق المحيطة بالمنشآت الصناعية وقد تدفعها التيارات الهوائية الى مناطق ابعد، هذه الانبعاثات تؤثر بدرجة كبيرة على التركيب الكيميائي لطبقات الجو حيث ان تلوث الهواء لا ينحصر فقط في الطبقات الدنيا الملاصقة لسطح الأرض، فالهواء في حركة مستمرة ذو تيارات هابطة وصاعدة تؤدي الى امتزاج طبقات الهواء في الغلاف الجوي، ذوبان هذه الغازات في بخار الماء الموجود في الهواء يسقط على هيئة امطار حامضية(إسلام. 1990 ) وهي الامطار المكتسبة للصفة الحامضية بسبب الغازات الحامضية فيها (اكاسيد الكبريت واكاسيد النتروجين)، المتصاعدة من مداخن المصانع والذي يذوب في بخار الماء الموجود في الجو وتنتقل عن طريق الرياح السطحية والعلوية الى مناطق تبعد مئات الكيلومترات عن مصدرها (شحاتة. 2008). تكون هذه الامطار ذات رقم هيدروجيني ( $pH \leq 5$ ) اذ ان قيم الرقم الهيدروجيني في ماء المطر النقي تتراوح قيمته بين (5.5 – 6) (Qasim., et al. 2012).

تتأثر شدة تلوث الهواء بعدة عوامل مناخية منها التيارات الهوائية وتوزيع الحرارة مع الارتفاع فوق سطح الأرض اللذان يحددان نقل الهواء للملوثات والعامل الاخر المهم هو الساقط المطري الذي يعمل ككاسح للشوائب يعزز فاعلية الترسيب الوزني (بالجاذبية). (العبيدي وآخرون. 2007).

يعتبر عنصر الرصاص Pb من أكثر المعادن الشائعة في التأثير على الصحة وفي المناطق غير الصناعية تكون محركات مركبات النقل هي السبب الرئيسي للرصاص المحمول في الجو مما يجعل الأشخاص الذين يتواجدون بالقرب من هذه المركبات الأكثر تعرضاً لعنصر للرصاص. وعلى العموم فان الامطار تقوم بغسل 50% من الرصاص الموجود في الجو في فترة تقارب ال 7 أيام وأكثر من 90% منه يغسل في غضون 22 يوماً. وبالتالي فان فترة مكوث الرصاص في الهواء الجوي يكون ضمن فترة تتراوح بين (7 – 30 يوم). (الصفراوي. 2006).

يعد الكاديوم ايضاً من العناصر الثقيلة الخطرة والملوثة للهواء ينتشر في الجو نتيجة تطايره من حرق النفايات وحرق النفط الحواي عليه ومخلفات الإطارات المطاط (Hanrahan, 2012) كون ان درجة غليانه

وأخرى داخل مجمع القرية النفطية السكني، 2- منطقة (D) الزعفرانية وجسر ديالى جنوب العاصمة، 3- منطقة الدورة جنوب شرق مدينة بغداد التي شملت نقاط للنمذجة داخل المجمع النفطي السكني المجاور لمصفى النفط (C) 4- نقاط قرب محطة توليد الكهرباء (B) كما تم جمع نماذج من مركز المدينة (A) كموقع بعيد عن المنشآت الصناعية لمعرفة مدى انتشار الملوثات كما موضح في شكل رقم (1).



شكل رقم (1) توزيع مواقع نمذجة الدراسة الحالية في مدينة بغداد

## 2-2 جمع النماذج

جمعت نماذج مياه الامطار للموسم المطري (2023-2024) في حاويات بلاستيكية توضع في مناطق مرتفعة عن الأرض، ابتداءً من شهر تشرين الاول (2023/11/1) ولغاية شهر ايار (2024/5/1) تاريخ هطول اخر مزنة مطرية في الموسم وبواقع (28 نموذج) جمعت المياه على ارتفاع (4 متر) عن مستوى الأرض ووضعت في حافظات بلاستيكية ونقلت الى المختبرات لإجراء التحاليل المطلوبة، حفظ جزء من كميات النماذج لأغراض قياسات النظائر المستقرة الديوتيريوم ( $^2\text{H}$ ) والاكسجين ( $^{18}\text{O}$ ) في مكان بارد (حافطة نماذج مبردة في مختبر النظائر البيئية) في عبوات خاصة من الزجاج المعتم بسعة (50ml) بعد تثبيت تواريخ نمذجتها والظروف الجوية المرافقة لعملية النمذجة. في حين تم إجراء الفحوصات الكيمائية الأخرى بشكل مباشر بعد ورودها الى مختبرات مركز بحوث وتكنولوجيا البيئة والمياه والطاقة المتجددة.

## 2-3 عملية القياس

جمعت عينات المياه وحضرت النماذج وفقاً لطرق القياس والتحليل لأجراء القياسات المخبرية حيث أجريت الفحوصات الاتية: (الدالة الحامضية (pH)، التوصيلية الكهربائية (EC)، الكلوريدات (Cl<sup>-</sup>)، العكورة (Turbidity)، المواد الذائبة الكلية (TDS) باستخدام أجهزة الفحص المخصصة لها، قياس تراكيز ايونات الكبريتات ( $\text{SO}_4$ ) والنترات ( $\text{NO}_3$ ) باستخدام جهاز المطياف الضوئي (spectrophotometer) وباستخدام

منها دراسة (Abd Al-Hussein et al., 2013) لتحديد درجة حمضية الساقط المطري درجة التلوث ونوعيته في محافظة الحسكة في جمهورية سوريا العربية حيث اشارت النتائج في النقاط التي تمت عمليات نمذجة مياه الامطار فيها خلال الموسم (2019-2020) كانت ليست ضمن المعدل الحمضي ويميل الرقم الهيدروجيني فيها الى ما دون 7 في بعض النقاط مع اختلاف في قيم المؤشرات باختلاف نقاط النمذجة. ودراسة أسماء ماجد رسالة ماجستير غير منشورة، (2022)، لقياس الامطار الحمضية في مناطق مختلفة من العراق والتي بينت تسجيل محافظة بغداد اعلى قيمة للحمضية في منطقة مصفى الدورة تليها محافظات الانبار واربيل والسليمانية على التوالي. ودراسة (اياد فاضل قاسم واخرون، 2021) لتقييم تأثير ملوثات الهواء على خصائص مياه الامطار في ناحية حمام العليل جنوب مدينة الموصل والتي اشترت زيادة واضحة في تراكيز الكبريتات والنترات والكلوريدات بسبب انبعاث اكاسيد الكبريت والنترجين وغازات أخرى كنتيجة لوجود معامل الاسمنت وانبعاث هذه الاكاسيد من مداخنها.

يهدف البحث الى قياس الخصائص الكيميائية للهابل المطري في بعض المناطق الصناعية جنوب مدينة بغداد ودراسة مدى تأثيرها بالتلوث الهوائي الناتج من هذه المرافق الصناعية القريبة منها لقياس مدى احتمالية تحولها الى امطار حمضية ذات اثر بيئي سلبي وبيان تأثيرها في توصيف التركيب النظائري للهابل المطري وإظهار اثر التباين المكاني بمقارنتها بنماذج أخرى من مناطق بعيدة عن التأثير المباشر لهذه المرافق الصناعية.

## 2- المواد وطرائق العمل

### 1-2 منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة (مدينة بغداد) في الجزء الأوسط من العراق منطقة السهل الرسوبي الواقعة على خط طول يتراوح  $35^{\circ}21'41''\text{E}$  وخط عرض يتراوح  $33^{\circ}18'46''\text{N}$  (DMS COORDINATES) وعلى ارتفاع 30-32 متراً عن مستوى سطح البحر. يتميز مناخ مدينة بغداد بمدى حراري كبيراً ما بين الليل والنهار ويكونه حار جاف صيفاً وبارد ورطب شتاءً. تتراوح معدلات الامطار السنوية للمدينة بين (100-150مليمتر) وأكثر شهور السنة مطراً هي أشهر (كانون الأول، كانون الثاني، شباط) ومعظمه يكون ناتج عن الزواجب الإعصارية (Al-Baldawi, 2016).

تم تحديد اربعة مواقع مراقبة لغرض تجميع عينات مياه الامطار الساقطة توزعت المناطق في جنوب مدينة بغداد قريبة من بعض النشاطات الصناعية وهي (1- منطقة (E) النهروان شرق العاصمة بغداد وشملت نقاط النمذجة فيها مواقع قريبة من معامل انتاج الطابوق

النظائر المستقرة الديتيريوم ( $^2\text{H}$ ) والاكسجين 18 ( $^{18}\text{O}$ ) كما موضحة في الجدول (2).

### 3-1 القياسات الكيميائية والفيزيائية

يوضح الجدول (1) نتائج الفحوصات الكيميائية والفيزيائية التي اجريت لعينات مياه الامطار في منطقة الدراسة لتقييم نوعيتها. والتي تمثلت بالادلة الحامضية (pH)، قيم التوصيلية الكهربائية EC، قيم المواد الذائبة الكلية (TDS) وكذلك العكورة بالإضافة الى بعض الايونات الذائبة في المياه (الكبريتات  $\text{SO}_4$ ، النترات  $\text{NO}_3$  والكلوريدات Cl) ونتائج بعض العناصر الثقيلة كالرصاص pb والكاديوم Cd لغرض تقييم تلوث مياه الامطار بتلك العناصر.

الطول الموجي (420nm) لأيون الكبريتات و (220nm) و (276nm) لأيون النترات. قياس تراكيز العناصر الثقيلة كالرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) باستخدام جهاز قياس طيف الامتصاص الذري Atomic Absorption Spectrometer. إجراء تحليل النظائر المستقرة (الديتيريوم ( $^2\text{H}$ ) والاكسجين 18 ( $^{18}\text{O}$ ) في مختبر النظائر البيئية باستخدام جهاز المحلل النظائري المائي (LWIA). أجريت جميع الفحوصات أعلاه في مختبرات مركز بحوث وتكنولوجيا البيئة والمياه والطاقة المتجددة.

### 3- النتائج والمناقشة

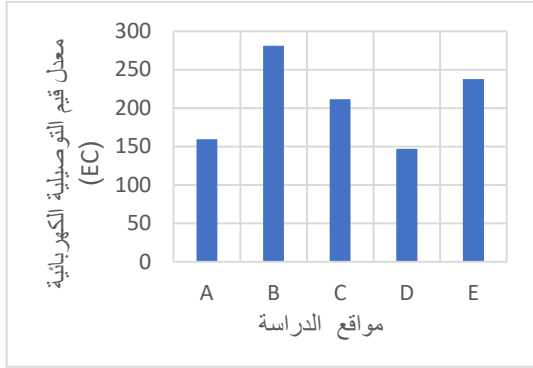
اجريت لهذه النماذج الفحوصات الكيميائية المطلوبة وكما موضح في الجدول (1)، حيث يوضح الجدول النتائج التحليلية للنماذج المطرية التي جمعت ومعدلات والقيم القصوى والدنيا لكل مواقع النمذجة. إضافة الى قياسات

جدول (1) الفحوصات الكيميائية والفيزيائية لنماذج مياه الامطار في منطقة الدراسة

COD E	site	DATE	Cd ppb	Pb ppb	pH	EC $\mu\text{s}/\text{cm}$	TDS ppm	$\text{SO}_4$ ppm	$\text{NO}_3$ ppm	Cl mg/l	Tur .
A1	مركز بغداد	9/11/2023	0.0186	2	6.83	297	122	59.46	10.02	2.27	61.8
A2	مركز بغداد	13/12/2023	0.013	1.2	7.4	83	41.5	0	16.5	0.55	29.2
A3	مركز بغداد	28/1/2024	0.038	0.3	7.5	77.7	32	7.16	5.02	0.73	127
A4	مركز بغداد	14/2/2024	0.0106	0.7	7.22	216	89	28.09	9.17	0.54	33.7
A5	مركز بغداد	15/3/2024	0.031	5.7	6.9	57.1	24	11.29	1.94	2.19	33
A6	مركز بغداد	17/4/2024	0.019	1.7	7.1	227	93	6	0	0.28	49
Average			0.0283	2.65	7.15	159.63	66.9	18.66	7.11	1.09	33.7
Maximum			0.038	5.7	7.5	297	122	59.46	16.5	2.27	33
Minimum			0.0186	1.2	6.83	57.1	24	0	0	0.28	49
B1	مجمع دورة النفطى	9/11/2023	0.028	0	6.05	230	94	38.58	1.97	1.02	24.8
B2	مجمع دورة النفطى	13/12/2023	0.018	0.3	6.33	503	208	111.89	12.74	1.72	51
B3	مجمع دورة النفطى	27/12/2023	0.039	7.0	6.7	297	122	59.80	9.12	0.62	12.3
B4	مجمع دورة النفطى	2/1/2024	0.019	5.0	6.59	511	211	155.00	16	1.62	11.5
B5	مجمع دورة النفطى	14/2/2024	0.0146	1.4	5.35	113.6	47	132.03	6.70	0.49	33.7
B6	مجمع دورة النفطى	19/3/2024	0.0039	5.5	4.92	32.1	13	0.00	0	0.05	31.8
Average			0.0189	2.3	5.99	281.16	115.833	82.88	7.75	0.92	27.516
Maximum			0.039	5.5	6.7	511	211	155	16	1.72	51
Minimum			0.0039	0	4.92	32.1	13	0	0	0.05	11.5

C1	م. كهرباء دورة	9/11/2023	0	1	6.88	328	135	39.54	8.57	2.94	87.4
C2	م. كهرباء دورة	13/12/2023	0	0	6.31	330	139	37	13.5	1.44	121
C3	م. كهرباء دورة	27/12/2023	0.0013	1.2	5.79	214	89	63.82	7.87	0.80	38.8
C4	م. كهرباء دورة	2/1/2024	1.7	0.019	6.68	26.7	11	5.85	5.00	0.08	20.1
C5	م. كهرباء دورة	14/2/2024	0.0093	0.9	5.84	195	80	25.1	8.51	0.54	19.8
C6	م. كهرباء دورة	19/3/2024	0.019	0.4	5.66	161.4	66	3.3	4.00	0.377	8.22
C7	م. كهرباء دورة	17/4/2024	0.0093	0.01	5.7	227	93	15	4.00	0.322	51
Average			0.248	0.50	6.12	211.7 2	87.57	27.08	7.35	0.931	49.4 7
Maximum			1.7	1.2	6.88	330	139	63.82	13.5	2.94	121
Minimum			0	0	5.66	26.7	11	3.3	4	0.08	8.22
D1	الزعفرانية	9/11/2023	0	0	7.1	285	116	16.76	0	0	131
D2	الزعفرانية	2/1/2024	0	0	4.19	72.5	30	12.5	6	0.24	7.08
D3	الزعفرانية	5/2/2024	0.0026	6.7	4.7	187.2	77	27.08	11.9 4	0.60	3.75
D4	الزعفرانية	14/2/2024	0.11	0.09	4.7	128.6	53	9.74	0.81	1.03	4.5
D5	الزعفرانية	17/4/2024	0.003	1.43	4.33	62.6	26	8	4	0.06	3.93
Average			0.0014	1.64	5.00	147.1 8	60.4	14.81	4.55	0.38	30.0 5
Maximum			0.003	6.7	7.1	285	116	27.08	11.9 4	1.03	131
Minimum			0	0	4.19	62.6	26	8	0	0	3.75
E1	النهران	27/12/2023	0.018	1.9	6.29	329	136	64.49	20.3 1	1.06	7.8
E2	النهران	27/1/2024	0.4	1.7	4.7	347	0.2	9.18	2.47	0.18	15.4
E3	النهران	19/3/2024	0.0053	0.7	4.9	132.5	54	3.4	1.5	0.28	15.6
E4	النهران	17/4/2024	0.51	0.01	5.27	143.3	59	3	1.00	0.19	5.09
Average			0.0116	1.20	5.29	237.9 5	62.3	20.01 7	6.32	0.43	10.9 7
Maximum			0.018	1.9	6.29	347	136	64.49	20.3 1	1.06	15.6
Minimum			0.0053	0.01	4.7	132.5	0.2	3	1	0.18	5.09

كان في المنطقة (D) حيث بلغت ( $147.18 \mu\text{s/cm}$ ) و اعلى قيم كانت في المنطقة (B) حيث بلغت ( $278 \mu\text{s/cm}$ ) ويعزى سبب ارتفاعها بانها منطقة صناعية (محطات الكهرباء ومصفى الدورة). ويبين الشكل (3) متوسط قيم التوصيلية الكهربائية للأمطار الهائلة في مواقع النمذجة. (محمد واخرون. 2008).



شكل (3) يوضح معدل قيم التوصيلية الكهربائية (EC) بوحدات الـ ( $\mu\text{s/cm}$ ) للأمطار الساقطة في مواقع الدراسة.

### الكبريتات ( $\text{SO}_4$ ) والنترات ( $\text{NO}_3$ )

تعتبر الكبريتات ( $\text{SO}_4$ ) والنترات ( $\text{NO}_3$ ) من نواتج احتراق الوقود المنبعث الى الجو عبر مداخن المعامل والمركبات ويوضح الجدول (1) ان اعلى متوسط لقيم الكبريتات سجلت في الموقع (B) اذ بلغت ( $82.88 \text{ ppm}$ ) وفي الموقع (C) بلغت ( $27 \text{ ppm}$ ) للكبريتات ( $7.75 \text{ ppm}$ ) للنترات على التوالي. وفي الموقع (D) حيث بلغ ( $14.8 \text{ ppm}$ ) للكبريتات و ( $4.55 \text{ ppm}$ ) للنترات وهي مقارنة لقراءات باقي مواقع النمذجة. الارتفاع الملحوظ في المنطقة (B) كما موضح في الشكل (4) هو مؤشر واضح على تأثير منطقة المجمع السكني الخاص بمصفى الدورة بكثرة انبعاث اوكاسيد الكبريت والنتروجين كنتاج لعمليات حرق النفط الخام ووقود المركبات الحاوي على نسبة من الكبريت في تركيبه وقد تؤدي الرياح الى حمل الكبريتات المنبعثة من المداخل وابقائها معلقة في الجو وبالتالي نجد تراكيز من هذه الايونات في أماكن مقارنة نسبيا. فيما قلت هذه القيم بشكل ملحوظ في باقي مواقع النمذجة. مع ملاحظة ان تراكيز المنطقة (D) كانت اقل من تراكيز منطقة مركز المدينة (A) وهذا قد يكون كنتيجة لاكتظاظ مركز المدينة بمركبات النقل والمولدات الكهربائية التي تؤثر تراكيز انبعاثاتها على نسبة التلوث في الهواء وبالتالي زيادة تراكيزها عند هطول الامطار في هذه الأجواء الملوثة.

### الرقم الهيدروجيني pH

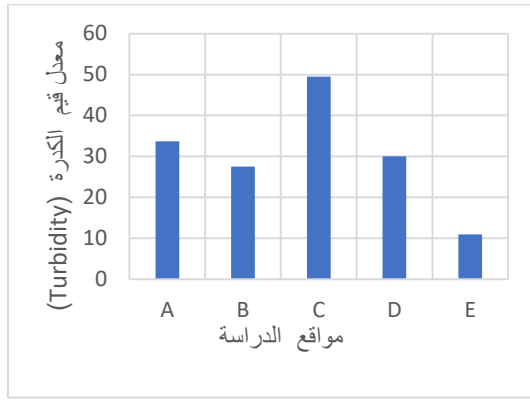
تراوحت معدلات قيم الدالة الحامضية لمياه الامطار الساقطة في منطقة الدراسة بين (4.19-7.5) وقد سجل اقل معدل للرقم الهيدروجيني في الموقع المحدد بمنطقتي الزعفرانية وجسر ديالى المنطقة (D) حيث بلغ (5) ومن بعدها الموقع المحدد بمنطقتي القرية النفطية ومنطقة معامل الطابوق في النهروان المنطقة (E) حيث بلغ معدل الرقم الهيدروجيني (5.29) وهي ارقام تمثل ميل للحامضية. في حين كانت معدلات الرقم الهيدروجيني في المنطقتين (B) و (C) اللتان تمثلان المجمع النفطي ومحطة الكهرباء في الدورة (5.99) و (6.12) على التوالي ويعزى سبب انخفاض قيم الرقم الهيدروجيني (ارتفاع الحامضية) لكونها مناطق صناعية وتبعث الغازات الملوثة والتي تؤثر على الامطار وتجعلها حامضية (حامد. 2022). ميل الرقم الهيدروجيني الى ما دون الرقم 7 في مواقع النمذجة الأربعة أعلاه مقارنة بالمنطقة (A) التي كان معدل الرقم الهيدروجيني لها (7.15) والتي تمثل منطقة بعيدة عن تأثير المنشآت الصناعية الكبرى هو مؤشر على تلوث هذه المواقع بأثر دخان معامل الطابوق وانبعاثات محطات تكرير النفط في مصفى الدورة والانبعاثات قرب محطات الكهرباء التي تعمل بالإضافة الى تواجد غاز  $\text{CO}_2$  في الجو بشكل طبيعي تعمل على جعل هذه المواقع تحت تأثير الامطار الحمضية. ويبين الشكل (2) متوسط قيم الرقم الهيدروجيني للأمطار الهائلة في مواقع النمذجة.



شكل (2) يوضح معدل قيم الرقم الهيدروجيني (pH) للأمطار الساقطة في مواقع الدراسة

### التوصيلية الكهربائية EC

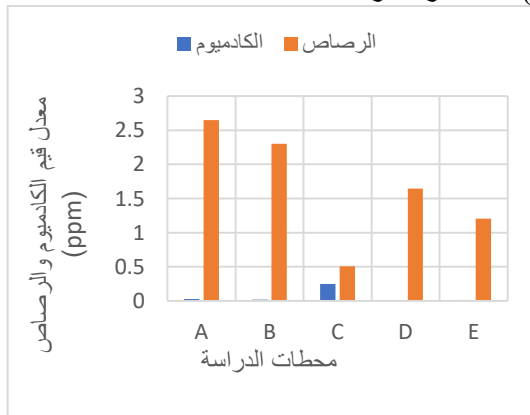
العلاقة القوية بين التوصيلية الكهربائية وتركيز الايونات الذائبة مثل الكبريتات والكلوريدات تجعل منها مؤشرا هاما لمعرفة تراكيز الاملاح الذائبة في المياه (Khlaif, et al. 2021). تراوحت معدلات التوصيلية الكهربائية EC لعينات المياه الامطار في منطقة الدراسة ( $32.1 - 503 \mu\text{s/cm}$ ) الجدول (1) واطهرت اختلافا واضحا في قيم التوصيلية الكهربائية بين مواقع النمذجة المختلفة، أدنى معدل للقيم



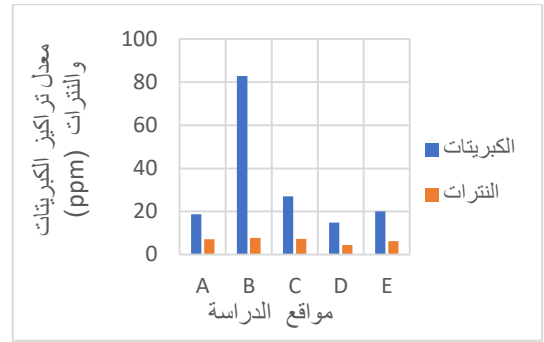
شكل (6) يوضح معدل قيم الكدرة (turbidity) للأمطار الساقطة في مواقع الدراسة

عنصري الرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) (العناصر الثقيلة) مياه الامطار

يبين الجدول (1) ان معدلات قيم تراكيز كل من عنصري الرصاص pb والكاديوم Cd كانت بين (0.0014 - 0.504 - 2.65 ppb) على التوالي. معدلات تراكيز هذين العنصرين في مواقع الدراسة كلها تشير الى عدم وجود تراكيز عالية لهذين العنصرين في النماذج المطرية التي تم نمذجتها خلال فترة الدراسة وان هذه النسب الموجودة من الرصاص قد يعزى احتراق وقود الكازولين في مركبات المارة في المنطقة ونلاحظ ذلك بصفة خاصة في مركز المدينة المكتظ بالسيارات والمولدات الاهلية او احتراق النفط الخام في بعض الافران او مداخن المصفي وكذلك ينسحب الحال على عنصر الكاديوم الذي قد تكون مصادره احتكاك الإطارات المطاطية للمركبات مع اسطح الطرق او النواقل المطاطية لبعض الكسارات والطواحين المستخدمة في بعض المناطق الصناعية والتي يدخل الكاديوم في صناعتها والشكل (7) يوضح معدلات تراكيز الرصاص والكاديوم بوحد (ppb) خلال فترة الدراسة.



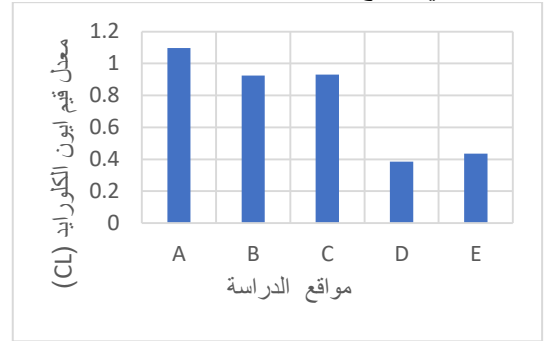
شكل (7) يوضح معدل قيم الكاديوم (Cd) والرصاص (Pb) بوحدات الـ (ppb) للأمطار الساقطة في مواقع الدراسة. 2-3 القياسات النظائرية



شكل (4) يوضح معدل قيم الكبريتات (SO<sub>4</sub>) والنترات (NO<sub>3</sub>) بوحدات الـ (ppm) للأمطار الساقطة في مواقع الدراسة.

الكلووريد (Cl)

يعتبر الكلووريد ايوناً سالباً غير عضوي يتواجد في مياه الامطار وتؤدي التراكيز العالية من هذا الايون الى تأثيرات ضارة عند سقوط الامطار الحاوية عليه على النباتات والمعادن. وجود الكلووريدات في الهواء يمكن ان يكون بسبب المركبات الداخلة في مضافات الوقود واهمها وسائط النقل. كما موضح في الجدول (1) فان معدلات تراكيز ايون الكلووريد تراوحت بين (0.386 - 1.097) mg/l. الشكل (5) يظهر معدلات تراكيز ايون الكلووريد بوحد (mg/l) في مواقع النماذج حيث يلاحظ انخفاض التراكيز بشكل ملحوظ في المنطقة (D) مقارنة بباقي مواقع النمذجة الأخرى.



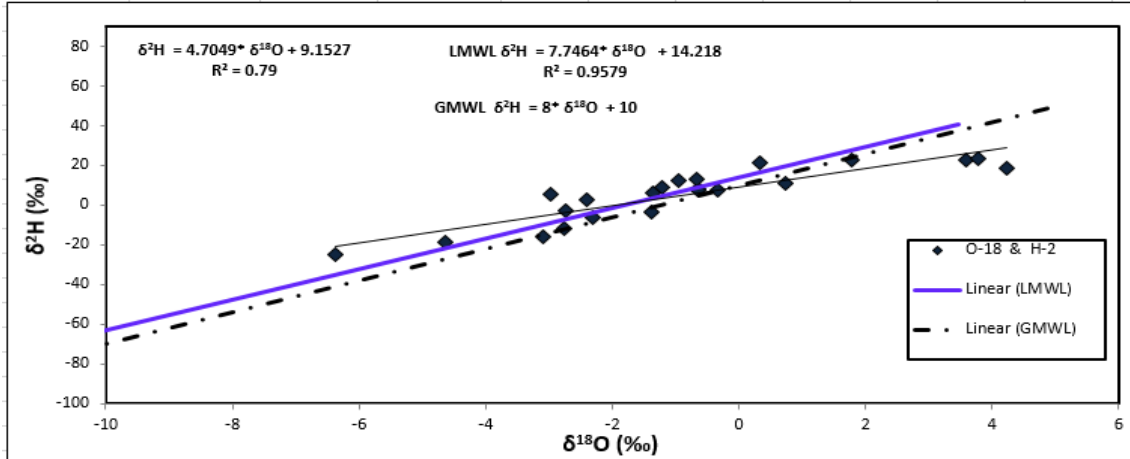
شكل (5) يوضح معدل قيم ايون الكلووريد (Cl) بوحدات الـ mg/l للأمطار الساقطة في مواقع الدراسة

الكدرة Turbidity

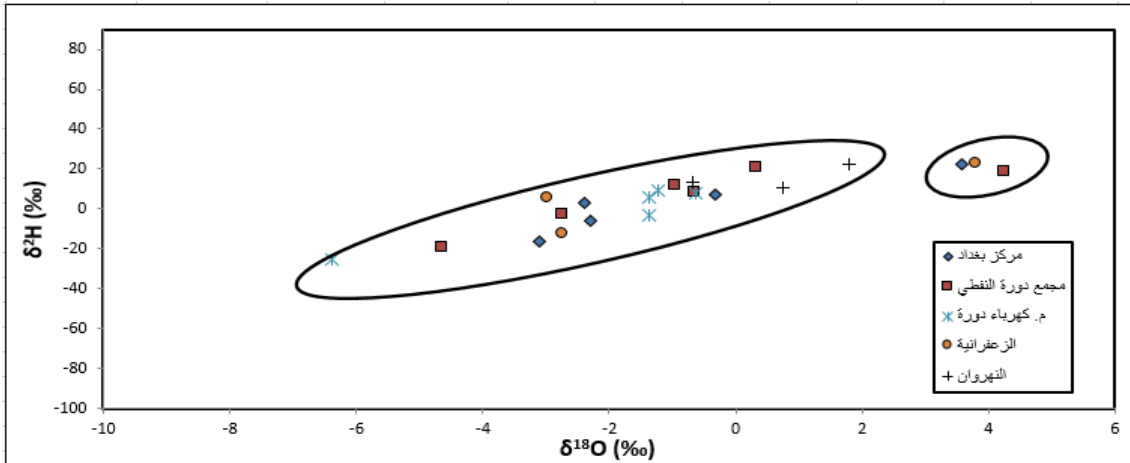
احدى صفات الماء الناتجة عن وجود مواد صلبة عالقة فيه كدقائق الرمل والأتربة والمواد العضوية واللا عضوية العالقة. تظهر النتائج الموضحة بالجدول (1) ان معدلات قيمها تراوحت بين (0.386 - 10.972 mg/l). ان تزايد تراكيز العكورة يرتبط بشكل كبير بالعواصف الترابية التي تؤدي الى تصاعد الغبار خاصة في المناطق على مساحات شاسعة مكشوفة وغير مزروعة. يوضح الشكل (6) معدلات تراكيز العكورة واقع النمذجة في منطقة الدراسة.

ويمكن ان يعزى ذلك الى حجم الساقط المطري القليل لهذه العينات (Falih, et al., 2023).

يوضح الجدول (2) القياسات النظائرية (الديتيريوم والاكسجين-18) للعينات المطرية لمنطقة الدراسة حيث تبين ان جميع العينات المطرية تقع ضمن الخط المطري المحلي ( $\delta^2\text{H} = 7.7464 * \delta^{18}\text{O} + 14.218$ ) والذي يعتبر المرجع الرئيسي لمياه الامطار لعموم العراق (Al-Naseri, et al. 2022)، وكانت هنالك علاقة خطية بين الديتيريوم ( $^2\text{H}$ ) والاكسجين-18 ( $^{18}\text{O}$ ) ( $\delta^2\text{H} = 4.7049 * \delta^{18}\text{O} + 9.1527$ ) التي تعكس سلوك الموسم المطري في العراق الذي يبدأ من شهر تشرين الاول وينتهي بشهر ايار حيث يتأثر بالظروف المناخية التي تمتاز بكونه حار جاف صيفا بارد ممطر شتاءً. وقد تبين من النتائج تباين في قيم النظائر المستقرة وهذا يعكس تأثير العينة المطرية بالظروف المناخية كاختلاف درجات الحرارة وسرعة الرياح وكذلك كمية الساقط المطري (Gat, & Gonfiantini, 1981)، حيث اظهرت العينات التي تم جمعها بتاريخ 2024-2-14 لكافة المناطق (A,B,C,D,E) ضمن منطقة الدراسة زيادة في تركيز النظائر المستقرة الديتيريوم ( $^2\text{H}$ ) والاكسجين-18 ( $^{18}\text{O}$ ) التي تراوحت لنظير الديتيريوم من (3.37 - الى 22.49) و لنظير الاوكسجين  $^{18}\text{O}$  (-1.36 الى 3.58) ويعزى السبب الى ان معدل كمية الساقط المطري فيها قليل (mm 1.76) والذي ينعكس على كمية الملوث، كذلك العينات المطرية في منطقة النهروان (E) كان تراكيز النظائر المستقرة مرتفع مقارنة مع باقي القيم في منطقة الدراسة والتي تراوحت لنظير الديتيريوم (10.65 الى 22.6) ولنظير الاوكسجين - 18 (-0.67 الى 1.79) معدل كمية الساقط المطري فيها قليل (mm 1.5) والذي ينعكس على كمية الملوث. بعض العينات في منطقة الدراسة (A,B,C,D,E) تعذر قياس تركيز النظائر المستقرة الديتيريوم ( $^2\text{H}$ ) والاكسجين-18 ( $^{18}\text{O}$ ). هذه النتائج أظهرت تطابقا في السلوك النظائري للعينات التي تم جمعها في منطقة الدراسة مع الخط المطري المحلي للعراق شكل (8) عدا بعض العينات التي أظهرت شذوذاً في هذا السلوك بابتعادها عن الخط المحلي نتيجة لزيادة غير طبيعية في تراكيز النظائر المستقرة كما موضح في شكل (9) الذي يوضح توزيع تركيز النظائر المستقرة لعينات منطقة الدراسة.



شكل (8) يوضح العلاقة بين نظير الديتيريوم ( $^2\text{H}$ ) ونظير والاكسجين-18 ( $^{18}\text{O}$ ) (Al-Naseri et al., 2022).



شكل (9) يوضح توزيع تركيز النظائر المستقرة لعينات منطقة الدراسة.

جدول (2) نتائج فحوصات النظائر المستقرة ( $^2\text{H}$ ) و ( $^{18}\text{O}$ ) لنماذج مياه الامطار في منطقة الدراسة

CODE	site	DATE	$^2\text{H}$ Standard Deviation (permil)	$^2\text{H}$ Standard Deviation (permil)	$^{18}\text{O}$ Reportable Value (permil)	$^{18}\text{O}$ Standard Deviation (permil)
A1	مركز بغداد	9/11/2023	7.3	0.53	-0.33	0.06
A2	مركز بغداد	12/13/2023	3.04	0.11	-2.39	0.15
A3	مركز بغداد	1/28/2024	-16.19	1.55	-3.1	0.25
A4	مركز بغداد	2/14/2024	22.49	0.83	3.58	0.18
A5	مركز بغداد	3/15/2024	-6.06	1.78	-2.3	0.26
A6	مركز بغداد	4/17/2024				
B1	مجمع دورة النفطى	11/9/2023	8.52	0.2	-0.65	0.13
B2	مجمع دورة النفطى	12/13/2023	-2.81	0.34	-2.74	0.11
B3	مجمع دورة النفطى	12/27/2023	12.29	1.77	-0.96	0.17
B4	مجمع دورة النفطى	2/1/2024	-18.85	0.76	-4.64	0.26
B5	مجمع دورة النفطى	2/14/2024	18.92	0.95	4.23	0.12
B6	مجمع دورة النفطى	3/19/2024	21.03	1	0.33	0.17
C1	م. كهرباء دورة	11/9/2023	7.77	1.84	-0.64	0.26
C2	م. كهرباء دورة	12/13/2023				
C3	م. كهرباء دورة	12/27/2023	9.15	0.59	-1.22	0.06
C4	م. كهرباء دورة	2/1/2024	-25.1	1.74	-6.38	0.13
C5	م. كهرباء دورة	2/14/2024	-3.37	0.17	-1.38	0.13
C6	م. كهرباء دورة	3/19/2024	5.81	0.98	-1.36	0.11
C7	م. كهرباء دورة	4/17/2024				
D1	الزعرانية	11/9/2023	5.5	0.73	-2.98	0.08
D2	الزعرانية	2/1/2024				
D3	الزعرانية	2/5/2024	-11.97	0.83	-2.75	0.1
D4	الزعرانية	2/14/2024	23.3	0.67	3.79	0.1
D5	الزعرانية	4/17/2024				
E1	النهران	12/27/2023	13.1	0.39	-0.67	0.11
E2	النهران	1/27/2024	10.65	0.67	0.74	0.13
E3	النهران	3/19/2024	22.6	1.38	1.79	0.19
E4	النهران	4/17/2024				

## الاستنتاجات

- 1- اشارت نتائج الساقط المطري الى اقتراب قيم معدلات الرقم الهيدروجيني (pH) لبعض مناطق الدراسة (الزعفرانية، النهروان) من الحد الأدنى ( $pH \leq 5$ ) في حين كانت المناطق الأخرى بعيدة عن المدى المحدد لحمضية لمياه الامطار.
- 2- تؤثر انبعاثات اكاسيد الكبريت والنتروجين على زيادة ايونات الكبريتات والنترات ولوحظ هذه بشكل خاص في مناطق القرية من مصفى الدورة
- 3- لم تظهر نتائج الدراسة ارتفاع في تراكيز العناصر الثقيلة (الرصاص والكاديوم) في مجمل المواقع المدروسة وكان لافتا للنظر ان اعلى قيمة من تركيز عنصر الرصاص كانت في مركز المدينة مما يعطي مؤشرا على التلوث الناتج من كثرة مركبات النقل والمولدات الكهربائية أكبر مما شكلته بعض المنشآت الصناعية الأخرى التي تقل فيها حركة مرور السيارات والكثافة السكانية مقارنة بالمركز.
- 4- هناك تلوث ملحوظ وان كان غير مباشر للمصادر المائية ينجم عن التلوث الهوائي وبالتالي يتطلب ان يؤخذ بنظر الاعتبار وعدم الاكتفاء بالتركيز على المصادر المدنية والصناعية التي تؤثر بشكل مباشر. وقد يكون تلوث المياه مرافقا بشكل أكبر لمزنة مطرية شديدة تغسل الجو والأرض.
- 5- ظهر تطابقا في السلوك النظائري للعينات التي تم جمعها في منطقة الدراسة مع عينات الخط المطري المحلي للعراق شكل رقم (8) عدا بعض العينات التي أظهرت سلوك مغاير من ناحية التذبذب في كمية التراكيز عن سلوك نظائر الخط المطري المحلي مما يتطلب مراعاة كمية الساقط المطري ودرجة الحرارة وسرعة الرياح أثناء جمع العينات المطرية للقياسات النظائرية ومدى شمولية الامطار في منطقة الدراسة لغرض دراسة تأثير الملوثات الغازية التي تم قياسها.

## المصادر

- أبو زخم، بولس؛ حافظ، رانيا. (2007). التركيب الكيميائي والنظائري للأمطار في سوريا. هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الجيولوجيا.
- اسلام، احمد مدحت. (1990). التلوث مشكلة العصر، الطبعة الأولى، عالم المعرفة، الكويت.
- حامد، أسماء ماجد. (2022). قياس الامطار الحمضية في مناطق مختلفة من العراق. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية.
- الصفراوي، عبد العزيز يونس طليح (2006). التلوث البيئي لمدينة الموصل وطرق المعالجة، أطروحة دكتوراه غير منشورة، قسم علوم الحياة كلية التربية، جامعة الموصل.
- العبيدي، رياض محمود صالح؛ محمود، طارق احمد؛ عبد الوهاب، سعدي. (2007). التلوث الهوائي وخصائص مياه الأمطار في مدينة الموصل، مجلة هندسة الرافدين، 15 (3). ص 1-14.
- شحاتة، حسن احمد. (2008). تلوث الهواء القاتل الصامت وكيفية مواجهته، الطبعة الثانية، الدار العربية للكتاب، القاهرة.
- شَنُو، محمد؛ علي، مصطفى. (2008). دراسة تأثير ملوثات الهواء على خصائص مياه الأمطار في قضاء الطوز"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة المدنية، جامعة تكريت.
- قاسم، ايداد فاضل؛ صبري، رشا خالد؛ يونس، رؤى مظفر. (2021). دراسة تأثير ملوثات الهواء على خصائص مياه الأمطار في قرية العريج/ ناحية حمام العليل، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، 19(2)،

Mediterranean Sea area. *Journal of Geophysical Research*, 75(15), 3039-3048.

**Hanrahan**, Grady. (2012) "Key concepts in environmental chemistry". Academic Press.

**Khlaif**, O. A., adel Abdulrazzaq, K., & Mohammed, A. H. (2021). Electrical conductivity as a general predictor of multiple parameters in Tigris river based on statistical regression model. *Journal of Engineering*, 27(2), 73-82.

**Qasim**, A. F., Sabri, R. K., & Roa'a, M. Y. (2012). Effect of Air Pollutants on Rain Water Characteristics in Hammam Al-Aleel District/Al-Erej Village South of Mosul City. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, 19(2), 1-1.

**Abd Al-Hussein**, S.K.; Falih, A.A.; Zain Al-abidin, H.A.; Abdulhussein, S.A.(2013), Determination of the Meteoric Water Line Using Stable Isotopes in Precipitations at Several Locations In Baghdad, *Iraqi Journal of Science and Technology*. 4, (1) p.p. 36-42.

**Al-Baldawi**, T. H., & Al-Zuabidi, Z. Z. A. (2016). Statistical analysis of extreme rainfall data in Baghdad city. *Iraqi Journal of Science*. 57(1C).

**Al-Naseri**, S.K.; Falih, A.H.; Saravana, K. (2022) Moisture Sources and spatio – temporal variation of isotopic signatures in Iraqi precipitation. *Springer, Environmental Earth Science*, 81, Article number: 435.

**Nada**, K.B., MKhalaf, H.S., Al-Dulaimy, Z.A., Ahmad, M.F., Hammodi, A.S., (2019). Determination of Chemicals and its Isotopic Composition in Tigris River, Iraq. *Asian Journal of Chemistry*; Vol. 31, No. 2, 317-32.

**Falih**, A.H.; Al Maliki, A.; Jasim A.A.; Mohammed A.A.(2023) Comparative study on salinity removal methods an evaluation-based stable isotopes signatures in ground and sea water. *Springer, Applied Water Science* 13, Article number, 126.

**Gat**, J.R. and Gonfiantini, R., Eds. (1981) *Stable Isotope Hydrology: Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle*. IAEA Technical Report Series, 210, Vienna, 337.

**Gat**, J. R., & Carmi, I. (1970). Evolution of the isotopic composition of atmospheric waters in the