

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكفاءة النوعية
م. م حيدر معارج ساجت العابدي

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكفاءة النوعية.

**Hydrological Analysis of Potable Water in the Urban Areas of Al-Kut City:
A Study of Distribution, Efficiency, and Quality**
Hayder Maarij Sachit – Al
Aayedi

hadert09@gmail.com

07732048842

المستخلص:

يهدف هذا البحث إلى إجراء تحليل هيدرولوجي متكامل لمنظومة مياه الإسالة في مدينة الكوت، من خلال دراسة التوزيع المكاني لمجمعات المياه وكفاءتها التشغيلية، إلى جانب تقييم الخصائص النوعية للمياه (الفيزيائية والكيميائية) وفق المحددات البيئية المعتمدة محلياً ودولياً. وقد أظهرت الدراسة وجود تباين مكاني واضح في أداء مجمعات الإسالة، سواء من حيث الطاقة الإنتاجية أو مدى التغطية المكانية للأحياء الحضرية. كما كشفت النتائج عن تأثر نوعية المياه بالعوامل الموسمية، لا سيما خلال فصل الصيف، حيث سُجلت ارتفاعات نسبية في مؤشرات العكورة والتوصيلية الكهربائية والمواد الكلية الذائبة. واعتمد البحث على التحليل الإحصائي (معامل بيرسون واختبار T) لتفسير العلاقات بين العناصر النوعية، مبيناً وجود ارتباطات قوية بين بعض الخصائص، خصوصاً بين EC و TDS. وأوصت الدراسة بضرورة تطوير البنية التحتية للمجمعات، وتحديث أنظمة المعالجة، وتعزيز الرقابة المختبرية الموسمية لضمان استمرارية المياه بجودة مطابقة للمواصفات الصحية.

Abstract:

This research aims to conduct a comprehensive hydrological analysis of the potable water system in the city of Al-Kut by examining the spatial distribution of water treatment plants and their operational efficiency, in addition to evaluating the physico-chemical quality characteristics of water based on both local and international environmental standards. The study revealed a clear spatial disparity in the performance of water treatment complexes, in terms of both production capacity and the spatial coverage of urban neighborhoods. The results also indicated that water quality is affected by seasonal factors, particularly during the summer, when relative increases were recorded in turbidity, electrical conductivity, and total dissolved solids (TDS). The research employed statistical analysis techniques, including Pearson correlation and T-tests, to interpret relationships among quality parameters, revealing strong correlations between certain variables, especially between EC and TDS. The study recommends upgrading the infrastructure of water complexes, modernizing treatment systems, and strengthening seasonal laboratory monitoring to ensure the continuous supply of water that meets health standards.

المقدمة:

تعدّ مياه الإسالة شريان الحياة الحضرية، ومرآة لمدى كفاءة التخطيط الخدمي واستدامة الموارد في المدن النامية. ومع ارتفاع الضغط السكاني والتوزع العمراني في مدينة الكويت، بات من الضروري إعادة فحص منظومة مياه الإسالة من منظور هيدرولوجي شامل، يلامس الواقع الميداني ويكشف عن مكامن الضعف في التوزيع والكفاءة والتلوية. إن هذا البحث لا يسعى إلى توصيف المشكلة فحسب، بل يتوكّي تحليلًا دقيقًا لموقع المجمعات المائية وكفاءتها التشغيلية، إلى جانب تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، في ضوء المعايير البيئية الوطنية والدولية. ومن خلال أدوات التحليل الإحصائي والجغرافي، تسعى الدراسة إلى بناء فهم علمي يُفضي إلى توصيات عملية تسهم في تحسين الأداء وضمان عدالة التوزيع وجودة المياه في المدينة.

أولاً: مشكلة الدراسة (Problem Statement):

1- هل يتم توزيع مياه الإسالة في مدينة الكويت بشكل مكاني عادل و كفؤ من حيث تغطية الأحياء الحضرية وقدرة المجمعات التشغيلية؟

2- وما مدى مطابقة نوعية المياه المنتجة (فيزيائياً وكيميائياً) في مجمعات الإسالة للمحددات البيئية العالمية والعراقية، في ظل التغيرات الموسمية والتفاوت بين المجمعات؟

ثانياً: فرضية الدراسة:

1- توجد فروق مكانية واضحة في كفاءة توزيع مياه الإسالة بين الأحياء الحضرية في مدينة الكويت، تعكسها الطاقة التشغيلية والتغطية المكانية لمجمعات المياه.

2- تتبّع نوّعية مياه الإسالة (فيزيائياً وكيميائياً) بين مجمعات المياه في مدينة الكويت، وتتأثّر بالعوامل الموسمية (صيفاً وشتاءً)، مع وجود بعض القيم الخارجة عن الحدود المسموح بها بيّنًا.

3- توجد علاقة ارتباط معنوية بين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الإسالة، مثل العلاقة بين التوصيلية الكهربائية (EC) والمواد الصلبة الذائبة (TDS)، أو بين العكورة وتغير درجات الحرارة.

ثالثاً: حدود منطقة الدراسة (Study Area Delimitation):

تشمل منطقة الدراسة الحدود الحضرية لمدينة الكويت، مركز محافظة واسط، والتي تقع فلكياً بين دائرة عرض (٣٢,٣٣ - ٣٢,٠٨) شماليًّاً وبين خط طول (٤٥,٥١ - ٤٥,٠٧) شرقيًّاً، والتي تقدر مساحتها (٣٦٤٦) هكتار ضمن التصميم الأساس للمدينة، خريطة (١)، الواقعة في جنوب شرق العراق، على الضفة الشرقية لنهر دجلة، وتمتد الدراسة لتشمل جميع مجمعات مياه الإسالة العاملة ضمن النسيج الحضري للمدينة، والتي تغطي الأحياء السكنية الرئيسية في جانبي المدينة (الشمالي والغربي)، مثل: حي النصر، حي الجهاد، حي الحوراء، حي الكرامة، حي الزهراء، وحي الشهداء، بالإضافة إلى مشروع ماء الكويت المركزي بوصفه المحور الرئيس في شبكة الإسالة.

وقد حددت هذه المنطقة اعتماداً على النطاق الجغرافي والإداري لبلدية الكويت، ووفقاً لتوزيع مجمعات المياه الرسمية المعتمدة من قبل مديرية ماء واسط، مع الأخذ بنظر الاعتبار التغطية الفعلية لشبكات المياه، وتباين الكفاءة التشغيلية والتلوية بين المناطق المختلفة داخل المدينة.

رابعاً: أهداف الدراسة (Research Objectives):

1- تحليل التوزيع الجغرافي والكفاءة التشغيلية لمجمعات مياه الإسالة في مدينة الكويت، ومدى قدرتها على تلبية الطلب الحضري المتزايد.

2- تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الإسالة في المدينة، وقياس مدى مطابقتها للمحددات البيئية، باستخدام أدوات التحليل الإحصائي.

خامساً: منهجية الدراسة (Research Methodology):

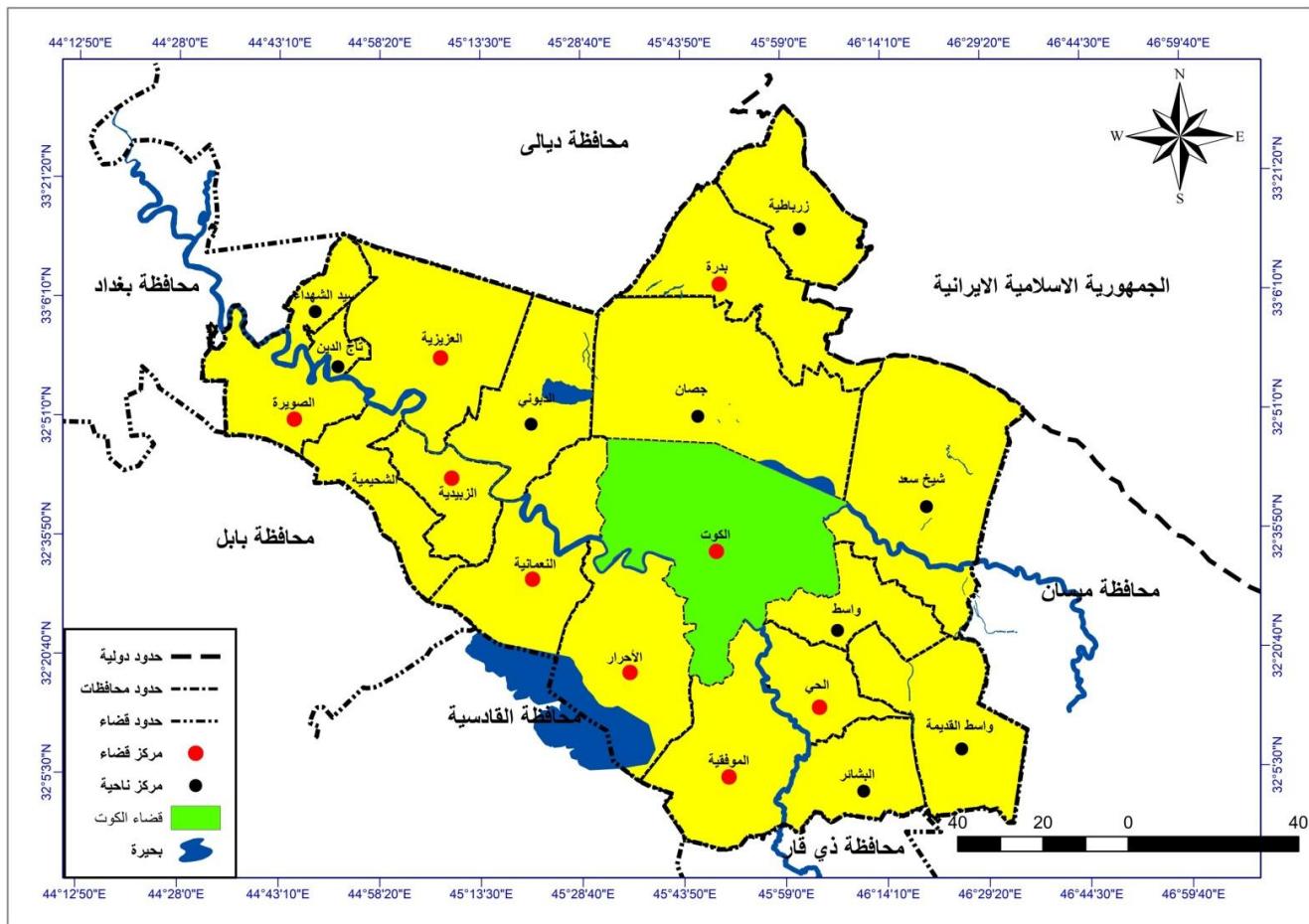
اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي في معالجة البيانات المتعلقة بمجمعات مياه الإسالة في مدينة الكويت، من حيث توزيعها الجغرافي وكفاءتها التشغيلية ونوعية المياه المنتجة.

وتم تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه باستخدام بيانات الفحوصات المختبرية الرسمية، ومقارنتها بالمحددات البيئية المعتمدة. كما تم توظيف التحليل الإحصائي (معامل بيرسون) لقياس العلاقات

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكفاءة النوعية
م. م حيدر معارج ساجت العابدي

بين الخصائص النوعية، إلى جانب التحليل المكاني لتوزيع المجمعات وارتباطها باللغطية الخدمية للأحياء الحضرية.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة من محافظة واسط.



المصدر : الباحث بالاعتماد على الهيئة العامة المساحة، خريطة محافظة واسط الإدارية، 2024.

سادساً: هيكلية الدراسة (Structure of the Study)

تتألف الدراسة من مقدمة وأربعة أجزاء رئيسية، جاءت كما يلي: **لمقدمة**: تتضمن مشكلة الدراسة، أهميتها، أهدافها، فرضياتها، ومنهجيتها وحدودها.

لمبحث الأول: يتناول التوزيع الجغرافي لمجمعات مياه الإسالة في مدينة الكوت، وكفاءتها التشغيلية.

المبحث الثاني: يختص بتحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الإسالة، ومقارنتها بالمحددات البيئية،

و يتضمن التحليل الإحصائي للعلاقات بين الخصائص النوعية لمياه الإسالة باستخدام معامل بيرسون واختبار

T.

الخاتمة: تتضمن أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها من خلال الدراسة، وأبرز التوصيات المقترنة لتطوير كفاءة ونوعية مياه الإسالة في المدينة.

المبحث الاول: التوزيع الجغرافي والكفاءة التشغيلية لمجمعات مياه الإسالة في مدينة الكوت:
أولاً: التوزيع المكاني لمجمعات مياه الإسالة:
يتضح من الخريطة (2) التوزيع المكاني لمجمعات مياه الإسالة في مدينة الكوت الآتي:

1- مجمعات ماء النصر:

تقع مجمعات ماء النصر في الجهة الجنوبية من حي النصر (الكريمية)، على الجانب الأيسر من نهر الغراف، وتعُد من أهم مجمعات الإسالة في مدينة الكوت. يتكون هذا الموقع من أربعة مجمعات مائية مستقلة، تتولى كل منها مهام تنقية المياه الخام وتوزيعها إلى أحياط محددة ضمن النسيج الحضري عبر شبكة أنابيب متفرعة.

أ- مجمع ماء العزة (القديمة والجديدة):

تبلغ الطاقة التشغيلية لهذا المجمع حوالي $200 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، ويعُد المصدر الرئيس لتغذية منطقتي العزة القديمة ودور الشؤون. يبدأ تشغيل المجمع بسحب المياه من نهر الغراف عبر وحدة ضخ غاطسة (غطاس)، حيث تُنقل المياه إلى حوض الترسيب، الذي يؤدي دوراً وظيفياً مهماً في إزالة العوالق والمواد الصلبة مثل الطين والطمي.

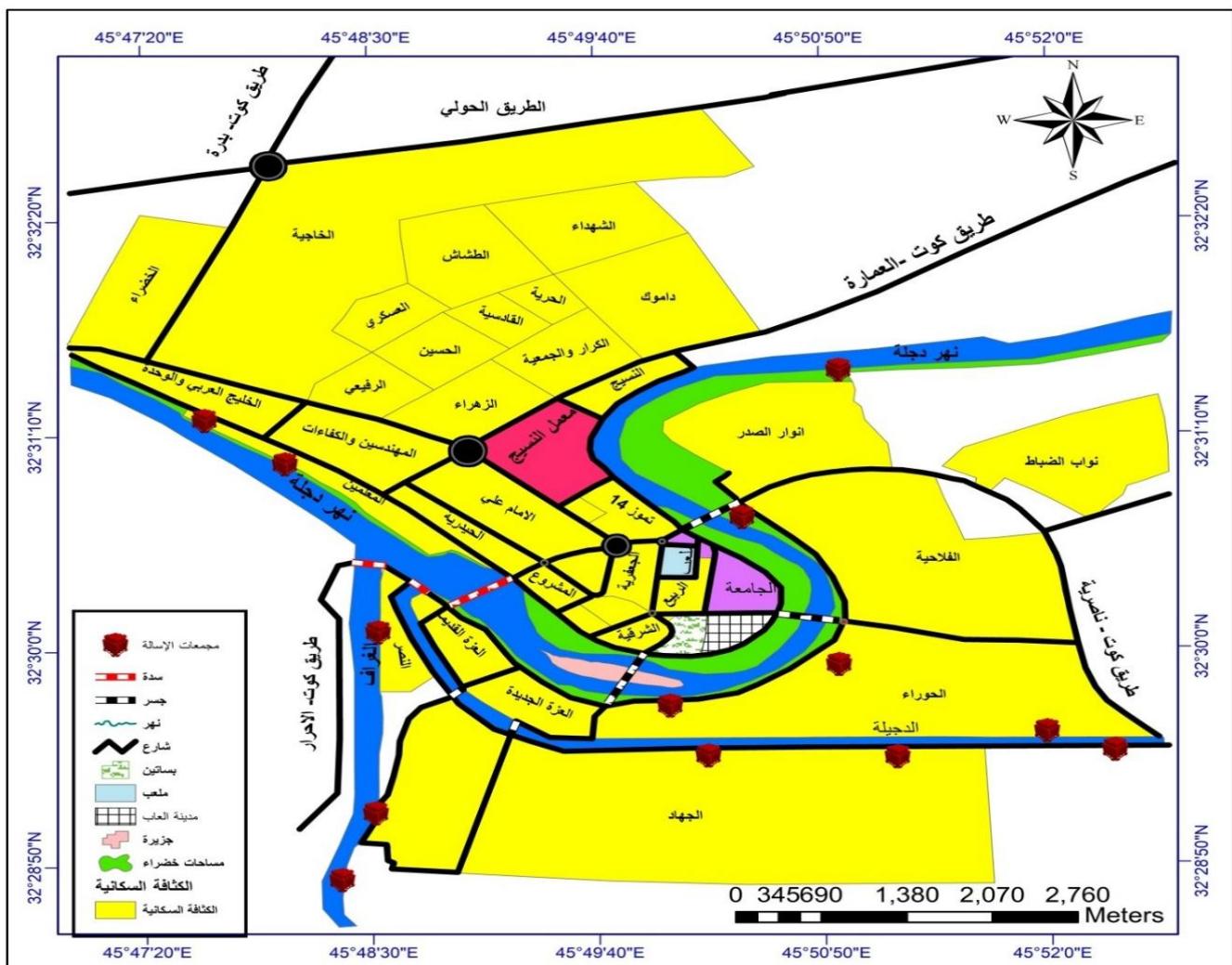
بعد مرحلة الترسيب، تُجمع المياه في حوض التجميع، حيث تُحقن بجرعات دقيقة من غاز الكلور عبر جهاز خاص، بهدف القضاء على البكتيريا المرضية وأكسدة المواد العضوية وتحويلها إلى مواد غير ضارة، بما يحقق التوازن الصحي للمياه المعالجة.

تنتقل المياه بعد ذلك إلى حوض تخمير الشعب، الذي يُعد المرحلة التحضيرية لعملية الترويب، حيث يُضاف مادة الشعب (Alum) لتعزيز ترسيب المواد الدقيقة. ومنه، تمر المياه إلى وحدة تنظيم التدفق المعروفة محلياً باسم "كاك الدفع"، والتي تتحكم في سرعة تدفق المياه نحو أحواض الفلترة، إذ أن التدفق البطيء يزيد من جودة الترشيح لكنه يقلل من حجم الإنتاج، لذا يتم ضبطه وفق توازن بين الكفاءة والكمية.

تُجرى عملية الفلترة عبر أحواض متعددة الطبقات، تبدأ بطبقة من الحصى الخشن، ثم الحصى المتوسط، ثم الناعم، وتنتهي بطبقة من الرمل الناعم. وتعمل هذه المراحل على تنقية المياه بدرجة عالية، قبل أن تُضخ إلى شبكة التوزيع لاستخدامها في الأغراض البشرية، والزراعية، والحيوانية ضمن نطاق الحي المُغذي.

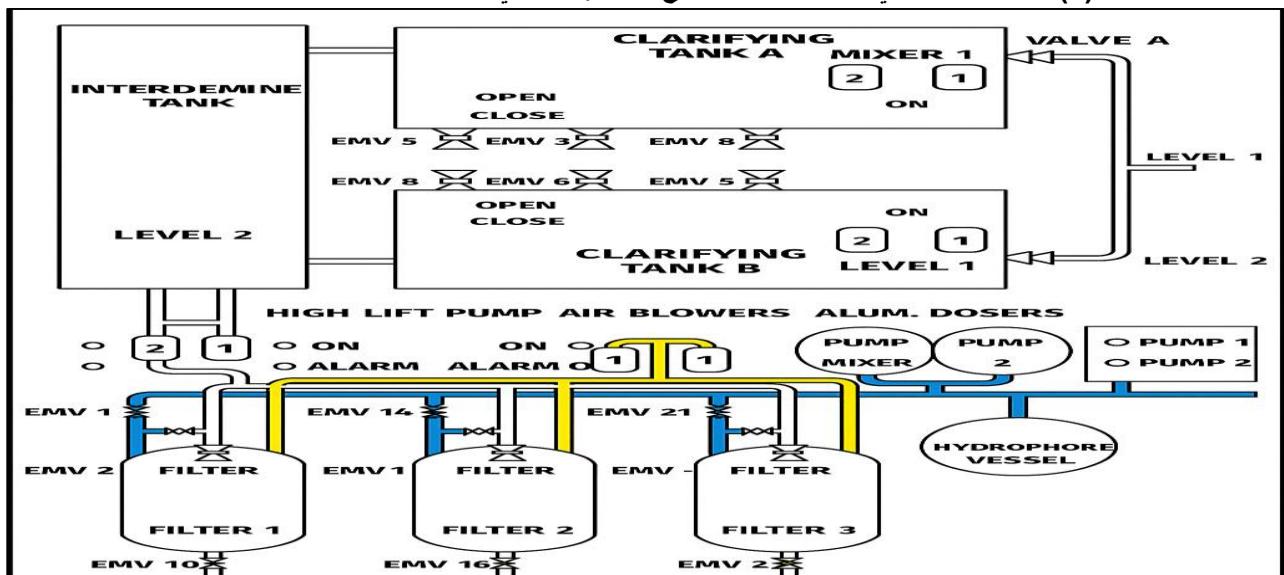
خريطة (2) التوزيع المكاني لمجمعات مياه الإسالة في مدينة الكوت لعام 2025.

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكفاءة النوعية



المصدر: الباحث بالاعتماد على مديرية ماء واسط, شعبة GIS.

شكل (1) المخطط الهندسي لعملية تنقية وتوزيع مياه الإسالة في أحد مجمعات ماء النصر.



المصدر: إدارة مجمعات ماء النصر.

بـ- مجمع ماء شرقي حي الحوراء الأولى (زين القوس الأولى):

يقع هذا المجمع على الضفة الشرقية من حي الحوراء الأولى (المعروفة محلياً بـ "زين القوس الأولى")، وتقدر طاقته التشغيلية بـ 200 م³/ساعة، ما يجعله من المجمعات المتوسطة من حيث القدرة الإنتاجية ضمن شبكة الإسالة في مدينة الكويت.

يعتمد المجمع في تشغيله على نفس البنية الفنية والتشغيلية للمجموعات الأخرى في المنطقة، حيث يبدأ بسحب المياه الخام من نهر الغراف عبر وحدة ضخ غاطسة، لتنقل المياه إلى حوض الترسيب الأولى، حيث تترسب المواد العالقة والطمي. وتُستخدم في هذه المرحلة مادة الشب كمخثر أساسي، تحقق بنساب محددة من خلال وحدة تحكم نصف أوتوماتيكية، لضمان فعالية الترسيب وتقليل العكورة.

ينقل الماء بعد ذلك إلى وحدة المزج السريع، ثم إلى حوض الفلترة الذي يتكون من ثلاثة طبقات ترشيح (حصى خشن - حصى متوسط - رمل ناعم)، مما يحقق نقاءً مائياً عالياً. كما يتحقق الماء المعالج بغاز الكلور عبر نظام تعقيم مستمر لضمان تطهيره من الملوثات البكتيرية قبل صدره إلى شبكة التوزيع. يقوم المجمع بتغذية مناطق حي الحوراء الأولى والمناطق السكنية المجاورة لها، ضمن شبكة توزيع متفرعة تعتمد على أنابيب نقل رئيسية بقطر 300 ملم، وتتفرع إلى خطوط فرعية تغذي الوحدات السكنية. وتشير التقديرات الفنية إلى أن هذا المجمع يغطي احتياجات يومياً يقارب 4800 م³/يوم، اعتماداً على عدد السكان في نطاق الخدمة وكفاءة التشغيل.

وتُظهر البيانات الميدانية أن المجتمع يعمل بكفاءة مستقرة نسبياً، مع بعض التذبذب الموسمي في نوعية المياه بسبب ارتفاع درجة الحرارة في الصيف وزيادة نسبة العكور.

ج - مجمع ماء شرقي حي الحوراء الثانية (زين القوس الثانية):

يقع هذا المجمع في الجهة الشرقية من حي الحوراء الثانية، ويُعدّ من المجمعات الحيوية ضمن شبكة مياه الإسالة في مدينة الكوت. تُقدر طاقته التشغيلية بـ 200 م³/ساعة، ويعتمد في تصميمه وتشغيله على الأسس التقنية ذاتها المستخدمة في بقية المجمعات الحضرية. ويقوم المجمع بتغذية حي الحوراء الثانية (زين القوس)، إلى جانب المدينة الرياضية، ومنطقة الجوبة التي تشهد توسيعًا عمرانيًا متسارعًا في السنوات الأخيرة.

تشمل مراحل التشغيل سحب المياه الخام من نهر الغراف عبر مضخة غاطسة، ثم تمريرها إلى أحواض الترسيب والترويب، يعقبها حقن مادة الشب وغاز الكلور وفق نسب م دروسة، قبل أن تُصنف المياه من خلال أحواض الفترة متعددة الطبقات، وتُضخ بعدها إلى شبكة التوزيع لتلبية الطلب الحضري اليومي.

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكافأة النوعية

م. م حيدر معارج ساجت العابدي

ومن الجوانب الفنية المهمة في هذا المجمع وجود حوض إنقاذ مخصص لحالات الطوارئ المرتبطة بتسرب غاز الكلور، وهو حوض مصمم لاحتواء أي تسرب ناتج عن خلل في قناني الكلور، إذ إن غاز الكلور عالي السمية ويدوّب بسرعة في الماء. ويُعد هذا الحوض إجراء احترازياً بالغ الأهمية للوقاية من حوادث بيئية خطيرة قد تطال العاملين أو السكان القريبين في حال حدوث تسرب غير مسيطر عليه. إلا أن الملاحظات الميدانية تشير إلى ضعف في الاهتمام الفني بهذا الحوض في بعض المجمعات، حيث يُترك فارغاً أو غير مهيأ للعمل الفوري، مما يُعد ثغرة خطيرة في نظام الأمان الهيدرولوجي.

وبالنظر إلى محمل الطاقة التشغيلية لمجمعات حي النصر، والتي تضم مجمعات العزة والحوراء الأولى والثانية، فإن الطاقة الكلية تبلغ نحو $800 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، مما يُعد كافياً نسبياً لتغطية الأحياء المعنية، شريطة الحفاظ على كفاءة التشغيل وسلامة المعدات.

2- مجمعات ماء حي الجهاد :

تقع مجمعات مياه الإسالة الخاصة بـحي الجهاد في الجزء الغربي من مدينة الكوت، ضمن منطقة زويريجات، وتتوسط على الضفة اليسرى لنهر الغراف، مما يمنحها موقعاً استراتيجياً قريباً من مصدر المياه الخام. وتتألف هذه المنظومة من سبعة مجمعات مائية رئيسية، موزعة ضمن إطار حضري متنوع لتغطية أحياء متعددة في نطاق حي الجهاد والمناطق المجاورة.

أ- مجمع ماء شمال حي الجهاد :

يُعد هذا المجمع الأكبر ضمن منظومة حي الجهاد، إذ تبلغ طاقته التشغيلية $400 \text{ م}^3/\text{ساعة}$. يبدأ تشغيله بسحب المياه الخام من نهر الغراف بواسطة وحدة ضخ غاطسة، حيث تُنقل إلى حوض الترسيب الأولى المزود بعدة قواطع داخلية لتسهيل ترسيب الطين والشوائب العالقة.

تُجمع المياه لاحقاً في حوض التجميع، حيث تُحقن بغاز الكلور لتعقيمها من البكتيريا، وتُضاف إليها مادة الشب بعد تخميرها في حوض مخصص لتعزيز عملية الترويب.

يلي ذلك انتقال المياه إلى حوض الفلترة متعدد الطبقات، والذي يتكون من ثلاثة طبقات من الحصى (خشن - متوسط - ناعم) تعلوها طبقة من الرمل النقي، مما يُحقق نقاءً عالياً. تُضخ المياه بعد المعالجة إلى شبكة التوزيع لاستخدامها في الأغراض البشرية، والزراعية، والحيوانية، ويعني هذا المجمع مناطق واسعة من حي الجهاد، منها: سوق الجهاد، محلة التأمين، محلة التقلين، ومحلة الجتاية.

ب- مجمع ماء جنوب حي الجهاد :

تبلغ طاقته التشغيلية $200 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، ويعتمد في تشغيله على النظام ذاته المستخدم في المجمع الشمالي. يغطي هذا المجمع المناطق الجنوبية من حي الجهاد، بما في ذلك: محلة السجاد، شارع بيت صبر، وبيت أبو سعدون.

ج- مجمع ماء الزنابرة:

بطاقة تشغيلية تبلغ $200 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، يخدم هذا المجمع منطقة الزنابرة والمناطق الواقعة إلى الشمال الغربي من حي الجهاد. ويدار وفقاً للآلية التشغيلية المعتمدة في بقية مجمعات حي الجهاد.

د- مجمع ماء السفحة الأولى وقرية التضامن:

تبلغ طاقته التشغيلية $200 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، ويُخدم منطقة السفحة الأولى وقرية التضامن الواقعة إلى الجنوب من حي الجهاد، والتي تُعد من المناطق ذات الامتداد العشوائي في النمو الحضري.

ه- مجمع ماء السفحة الثانية وقرية عتبة:

بطاقة تشغيلية تبلغ $200 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، ويعطي منطقة السفحة الثانية، وهي الحشد، بالإضافة إلى قرية عتبة. ويُتبع المجمع في تشغيله النظام الفني ذاته المعتمد في مجمعات الجهاد.

س- مجمع ماء حي الحوراء الأولى (زين القوس):

رغم تبعيته الجغرافية لحي الحوراء، إلا أن هذا المجمع يتبع منظومة تشغيل مجمعات الجهاد من حيث البنية والنظام. تبلغ طاقته التشغيلية $200 \text{ m}^3/\text{ساعة}$ ، ويخدم الجهة الغربية من حي الحوراء الأولى، تحديداً المناطق المحاذية لنهر الدجلة.

ح- مجمع ماء حي الحوراء الثانية (زين القوس):

يقع إلى الغرب من حي الحوراء الثانية، بمحاذاة نهر الدجلة، وتبلغ طاقته التشغيلية $200 \text{ m}^3/\text{ساعة}$. يعتمد المجمع على بنية فنية مطابقة للمجمعات السابقة، ويعزى المناطق السكنية المجاورة له.

3- مجمعات ماء الكرامة:

تُعد مجمعات ماء الكرامة من المكونات الأساسية لشبكة مياه الإسالة في مدينة الكوت، وتقع في الجانب الأيمن من نهر دجلة، ضمن منطقة ذات كثافة سكانية متوسطة وأهمية خدمية عالية. وت تكون هذه المنظومة من خمسة مجمعات مائية مستقلة من الناحية التشغيلية، لكنها مترابطة في الوظيفة التوزيعية ضمن شبكة إسالة موحدة نسبياً.

أ- المجمع الأول والثاني والثالث (مجمع مشترك):

يُشكّل كل من المجمع الأول والثاني والثالث وحدة تشغيلية مترابطة، تبلغ الطاقة التشغيلية لكل منها 200 $\text{m}^3/\text{ساعة}$ ، ما يجعل القدرة التشغيلية الإجمالية لهذه الوحدة $600 \text{ m}^3/\text{ساعة}$. وتقوم هذه المجمعات مجتمعة بتغذية مناطق حي الفلاحية، حي أنوار الصدر، ومستشفى الكرامة التعليمي، وهي مناطق تُعد ذات حساسية عالية من حيث الحاجة إلى المياه المستقرة والنظيفة، نظراً لوجود مركز صحي كبير وسكان دائمين. تعتمد المجمعات الثلاثة على نظام تشغيل تقليدي يتبع نموذج المعالجة الفيزيائية والكيميائية المستخدم في مجمعات النصر والجهاد، ويتضمن:

سحب المياه من نهر دجلة عبر مضخات غاطسة، نقلها إلى أحواض الترسيب لإزالة العوالق، حقنها بمادة الشب والكلور، ثم تمريرها عبر وحدات الفلترة متعددة الطبقات لضمان نقاوة المياه. يُراعى في تشغيل هذه المجمعات توزيع الحمل الهيدروليكي بينها لضمان استقرار الضخ وتقليل الضغط على كل وحدة، وخاصة في فترات الذروة اليومية (الصباحية والمسائية). كما تُعد هذه المجمعات من المواقع التي يُنصح بتحديثها دورياً نظراً لقادم بنيتها التحتية وارتفاع الكثافة السكانية في المناطق المغذاة، الأمر الذي قد يؤدي إلى ضغوط تشغيلية تؤثر على استمرارية الخدمة وجودتها على المدى الطويل.

ب- المجمع الرابع:

يُعد المجمع الرابع من مجمعات الكرامة وحدة تشغيلية مستقلة نسبياً من حيث البنية والتوزيع، إذ تبلغ طاقته التشغيلية نحو $250 \text{ m}^3/\text{ساعة}$ ، ما يجعله أعلى كفاءة من المجمعات الثلاثة السابقة ضمن المنطقة نفسها.

يقوم هذا المجمع بتغذية ثلاث مناطق حضرية مهمة هي: حي أنوار الصدر (قطاع الـ 200)، منطقة سيد أبو الحسن، ومنطقة الكارضية، وهي مناطق ذات نمو سكاني مستمر، تتتنوع فيها الاستخدامات بين السكنية والخدمية، مما يفرض على نظام التشغيل الحفاظ على ضغط مياه ثابت ونوعية معالجة مستقرة. تتبع آلية التشغيل في هذا المجمع النمط التقليدي لمعالجة مياه الإسالة، بدءاً من السحب المباشر من نهر دجلة باستخدام مضخات غاطسة عالية الكفاءة، مروراً بمراحل الترسيب، الترويب، الفلترة، والتعقيم بالكلور. ويُلاحظ أن المجمع مزود بنظام متكامل لضبط تدفق المياه إلى الأحياء المغذاة، من خلال شبكة أنابيب رئيسية بقطر يصل إلى 300 ملم، تتفرع إلى خطوط فرعية محلية لتغطية النطاق السكني بدقة. وتشير الملاحظات الفنية إلى أن المجمع، رغم كفاءته التشغيلية المقبولة، يواجه أحياناً اختناقات هيدروليكيّة خلال فترات الذروة نتيجة الضغط المتزايد من المستهلكين، ما يستدعي تطوير البنية التحتية أو تعزيز الربط مع المجمعات المجاورة لتقليل الأحمال.

ج- المجمع الخامس:

يُعد المجمع الخامس من أكبر وحدات الإسالة ضمن منظومة مجمعات الكرامة، حيث تبلغ طاقته التشغيلية نحو $400 \text{ m}^3/\text{ساعة}$ ، مما يؤهلها لتلبية احتياجات سكانية مرتفعة، ويجعله من بين المجمعات المحورية في الجانب الأيمن لمدينة الكوت.

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكافأة النوعية

م. م حيدر معارج ساجت العابدي

يتولى هذا المجمع تغذية ثلاثة مناطق حضرية رئيسية هي: حي السياسيين، حي الجامعة، ومجمع الشهيدة إسراء السكني، وجميعها تُعد من المناطق ذات التوسيع العمراني المنظم والطلب المرتفع على المياه، سواء للسكن الدائم أو للأنشطة الخدمية والتعليمية، خصوصاً في حي الجامعة.

يعتمد المجمع في تشغيله على نظام متكامل يشمل:

مضخات سحب غاطسة لضمان تدفق مستقر من نهر دجلة، أحواض ترسيب متعددة الفواطع لترسيب العوالق والمواد الطينية، حقن دقيق لمادة الشب في وحدات التخثير، نظام تعقيم بالكلور لضمان جودة صحية عالية، إضافة إلى أحواض فلترة متعددة الطبقات تشمل الحصى والرمل، لإنتاج مياه صالحة للشرب والاستخدامات اليومية.

وتتوزع المياه المعالجة من هذا المجمع عبر شبكة أنابيب رئيسية ذات قطرات كبيرة، مع نقاط توزيع فرعية لضمان العدالة في التغطية المكانية وتقليل الفاقد. ويُعد هذا المجمع من بين المجمعات التي تُظهر استقراراً تشغيلياً جيداً، إلا أن الضغط المتزايد في ساعات الذروة يتطلب مراقبة دورية للبنية التحتية وصيانتها، لا سيما مع تزايد الكثافة السكانية في حي الجامعة والمجمعات السكنية الحديثة.

4- مجمعات ماء داموك والشهداء:

تُعد مجمعات ماء داموك والشهداء من أبرز منظومات الإسالة في القطاع الجنوبي الغربي من مدينة الكوت، وتتألف من أربعة مجمعات متراقبة وظيفياً ومشتركة في شبكة التوزيع، وتبلغ الطاقة التشغيلية لكل منها $200 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، مما يجعل الطاقة الإجمالية لهذه المنظومة $800 \text{ م}^3/\text{ساعة}$.

تتولى هذه المجمعات تغذية مجموعة من الأحياء الحضرية الكثيفة، تشمل: حي داموك، حي الزهراء، حي الشهداء، حي الطشاش، دور الخليج، حي الدبية، وهي الكوت الجديدة. وتميز هذه المناطق بتنوع نمط الاستخدام ما بين السكني والخدمي، مع توسيع عمراني مستمر، ما يفرض ضغوطاً تشغيلية على نظام الإسالة.

تبدأ منظومة التشغيل من خلال جهاز يُعرف محلياً باسم "جك لف"، وهو صمام أمان هيدروليكي يُستخدم في سحب المياه من نهر دجلة نحو المضخة. وتكون أهميته في كونه يمنع رجوع المياه إلى النهر عند انقطاع التيار الكهربائي، مما يحافظ على الضغط داخل الشبكة ويمنع تلوث المصدر المائي.

بعد ذلك، تمرر المياه إلى وحدة تنظيم التدفق (كاك)، التي تضبط معدل السحب وتوجه المياه إلى أحواض الترسيب، المجهزة بفوائل داخلية ومسارات انسياحية تسمح بترسيب الطين والمواد العالقة على مراحل. كما تحتوي هذه الأحواض على مكسرات (خلاطات ميكانيكية) تقوم بتحريك الأطين لمنع تراكمها في قاع الحوض وضمان ترسيب متدرج وفعال.

تنتقل المياه بعد ذلك إلى أحواض التجميع، حيث تُضاف إليها مادة الشب المذابة مسبقاً في أحواض تخمير مخصصة، ثم تُحقن بجرعات دقيقة من غاز الكلور لضمان التعقيم التام. والجدير بالذكر أن حوض التجميع في هذه المجمعات يُصمم بدون قواطع، مما يُسرّع من عملية المزج والانتقال إلى مرحلة الفلترة.

أما أحواض الفلترة فتتكون من ثلاثة طبقات ترشيح (حصى خشن، متوسط، ثم ناعم)، تعلوها طبقة من الرمل، وتجهز من الأسفل بما يُعرف باسم "النوزل"، وهي فوئات دقيقة تسمح بمرور المياه المصفاة ومنع ارتداد الرواسب. ويحتوي كل حوض فلترة على نحو 550 نوزل، موزعة بدقة لتحقيق كفاءة ترشيح عالية.

تُضخ المياه بعد ذلك إلى شبكة التوزيع لتلبية مختلف الاستعمالات، سواء البشرية أو الزراعية أو الخدمية. ويُشار إلى أن نظام التشغيل المستخدم في هذه المجمعات هو نظام فرنسي الصنع، يتميز بالدقة والاعتماد على آليات نصف أوتوماتيكية، مما يعزز من استقرار الضخ ويقلل الفاقد المائي خلال التشغيل.

ومن المهم الإشارة إلى أن جميع مجمعات مياه الإسالة التي تم تناولها في تعود في تصميمها وتشغيلها إلى النصف الأول من عقد التسعينيات من القرن الماضي، الأمر الذي يفسر محدودية بعض البنى التقنية المستخدمة فيها، وافتقارها إلى الأنظمة الأوتوماتيكية الحديثة. وقد انعكس ذلك على كفاءة التشغيل، واستجابة المجمعات لتزايد الأحمال السكانية، مما يجعل من الضروري النظر في تحديث البنية التحتية بما ينسجم مع التوسيع الحضري المتتسارع في مدينة الكوت.

5- مشروع ماء الكوت المركزي:

يُعد مشروع ماء الكوت المركزي من أضخم مشاريع الإسالة في مدينة الكوت، إذ تبلغ طاقته التشغيلية حوالي $2000 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، ما يجعله الركيزة الأساسية لشبكة التوزيع المائي في المدينة. ويتولى المشروع تغذية قطاعات حضرية رئيسية تشمل: مركز الكوت (السوق والمشروع)، الحي الشرقي، الحاوي، حي الإمام علي (الهورة)، الحيدرية، الكفاءات، جامعة واسط، الجعفرية، العباسية، حي تمور، وحي السلام، وهي مناطق ذات كثافة سكانية مرتفعة ونمو حضري مستمر.

يمتاز المشروع بتصميم هندسي فريد ونظام تشغيل متقدم نسبياً مقارنة ببقية المجمعات، حيث يبدأ بسحب المياه الخام من نهر دجلة باستخدام مضخات سحب رئيسية، وتُوجه المياه مباشرة إلى أحواض الترسيب العمودية، التي تتميز بوجود كاسحات دوارة في مركز الحوض، تعمل على تنظيف قاع الحوض من الرواسب والطين بشكل مستمر على مدار 24 ساعة، مما يحافظ على كفاءة عملية الترسيب.

يُشار إلى أن أحواض الترسيب ترتفع عن مستوى الأرض بحدود 14 متراً، وتبلغ سعة كل منها حوالي $1000 \text{ م}^3/\text{ساعة}$. وتوجد في قاع الأحواض غطاسات مخصصة لإعادة الرواسب إلى مجرى النهر، ضمن نظام تفريغ هندسي مصمم لمنع تراكم الطمي وضمان تدفق منتظم.

بعد مرحلة الترسيب، تنتقل المياه إلى حوض التجميع المركزي، حيث تُضاف إليها مادة الشب (Alum) لتحسين الترسيب والترويب، ثم تُحقن بغاز الكلور لتعقيمها قبل دخولها إلى وحدات الفلترة. يحتوي المشروع على ثمانية فلاتر رئيسية (أربعة لكل حوض)، يتراوح عمقها ما بين 6 إلى 8 أمتار، وبعرض يقارب 8 أمتار، وتجهز بنظام تنظيف دوري باستخدام الهواء المضغوط في ساعات الليل، لمنع تراكم الرواسب الدقيقة وسد الفتحات، ما يعزز استمرارية الأداء وكفاءة التقنية.

تنتقل المياه المفلترة إلى خزان أرضي كبير بعمق 17 متراً ومساحة تقارب 800 م^2 ، مقسم إلى غرف تنظيمية، وتحضن من هناك إلى شبكات التوزيع العامة لتلبية مختلف الاستعمالات البشرية، والزراعية، والخدمية.

ويُلاحظ وجود غرفة إنقاذ مخصصة للطوارئ الكيميائية، مجهزة بحوض طوارئ ودش خاص يستخدم في حال حدوث تسرب في أسطوانات الكلور، مما يُعد أحد عناصر الأمان الكيميائي الحيوية في المنشآت المائية.

ومن الجدير بالذكر أن تصميم المشروع ونظام تشغيله يعود إلى سبعينيات القرن الماضي، وهو ما يتطلب إعادة تأهيل تدريجي وتحديث بعض مكوناته لمواكبة الطلب المتزايد وضمان الاستدامة التشغيلية.

المبحث الثاني:

الخصائص النوعية لمياه الإسالة في مدينة الكوت:

أولاً: الخصائص الكيميائية لمياه الإسالة:

تُعد العناصر الكيميائية من أهم مكونات المياه الطبيعية، وغالباً ما يكون وجودها في تركيزات متوازنة ضرورياً للحفاظ على جودة المياه وصلاحيتها للاستهلاك البشري. إلا أن ارتفاع هذه التراكيز عن الحدود المسموح بها قد يؤدي إلى تدنّي نوعية المياه وتحولها إلى مصدر تهديد صحي، مما يتطلب إجراء عمليات معالجة مستمرة للحفاظ على توازنها الكيميائي (وزارة البيئة العراقية).

وقد أظهرت نتائج الفحوصات المختبرية الخاصة بمجمعات مياه الإسالة في مدينة الكوت، أن أغلب القياسات الكيميائية تقع ضمن الحدود القياسية المسموح بها حسب محدّدات منظمة الصحة العالمية (WHO) والضوابط البيئية العراقية.

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكافأة
والنوعية
م. م حيدر معارج ساجت العابدي

على سبيل المثال، بلغت قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) خلال فصل الشتاء والصيف على حد سواء (7.4 ملغم/لتر)، وهي قيمة معتدلة تقع ضمن النطاق المقبول (6.5 – 8.5 ملغم/لتر)، مما يدل على توازن وسط الماء وعدم ميله للحموضة أو القلوية الزائدة. كما بيّنت التحاليل وجود تراكيز من العناصر الأخرى مثل العسرة الكلية، والكلوريد، والكبريتات، والنترات، ضمن الحدود البيئية والصحية، وهو ما يشير إلى كفاءة عمليات المعالجة الكيميائية في محطات الإسالة.

جدول (1) الخصائص الكيميائية لمياه الإسالة في مدينة الكوت

العنصر الكيميائي	التركيز في الشتاء (ملغم/لتر)	التركيز في الصيف (ملغم/لتر)	الحد الأعلى حسب WHO (ملغم/لتر)	النتيجة مقارنة بالمحددات
pH	7.4	7.4	6.5–8.5	ضمن الحد المسموح
عسرة كلية	150	160	500	ضمن الحد المسموح
كلوريد	180	190	250	ضمن الحد المسموح
كبريتات	200	210	250	ضمن الحد المسموح
نترات	25	30	50	ضمن الحد المسموح

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج الفحوصات المختبرية من مديرية ماء واسط / شعبة المختبرات لسنة 2024، وتحليل بياناتها باستخدام برنامج Python و Excel، وزارة البيئة العراقية.

ثانيًا: الخصائص الفيزيائية لمياه الإسالة في مدينة الكوت:

تُعد الخصائص الفيزيائية من المؤشرات الأساسية التي تُستخدم لتقدير مدى صلاحية المياه لأغراض الشرب والاستخدامات اليومية (عبد الله، ع. ح.، ومحمد، س. ع. 2018)، وتشمل: درجة الحرارة، العكورة، المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، التوصيلية الكهربائية (EC)، تركيز الألمنيوم (Al)، وتركيز الصوديوم (Na). وتُعد هذه المعايير ضرورية لمراقبة جودة المياه ومقارنتها للمعايير الصحية المعتمدة.

وبتحليل البيانات الموسمية المستخلصة من مجمعات مياه الإسالة في مدينة الكوت، خلال فصل الشتاء (كانون الثاني) وفصل الصيف (تموز)، تبيّن أن جميع القياسات الفيزيائية كانت ضمن الحدود المقبولة حسب محددات منظمة الصحة العالمية (WHO) والمحددات البيئية العراقية، وذلك على النحو الآتي:

- درجة الحرارة تراوحت بين (12.0 °م) شتاءً و(33.4 °م) صيفاً، وهي دون الحد الأعلى (35 °م).
- العكورة (NTU) انخفضت من (5.00) في الشتاء إلى (3.00) في الصيف، وهي قيم تقع ضمن الحدود الصحية المقبولة (≥ 5).
- TDS بلغت (816 ملغم/لتر) شتاءً و(990 ملغم/لتر) صيفاً، ولم تتجاوز الحد العراقي الأعلى (1000 ملغم/لتر).

- التوصيلية الكهربائية (EC) كانت ($\mu\text{S}/\text{cm}$ 1300) شتاءً و($\mu\text{S}/\text{cm}$ 1540) صيفاً، وهي أقل من الحد العالمي والعربي ($\mu\text{S}/\text{cm}$ 2000).
- الألمنيوم (Al) لم يتجاوز (0.08 ملغم/لتر) صيفاً، وهو أقل بكثير من الحد المسموح به (0.2 ملغم/لتر).
- الصوديوم (Na) تراوح بين (84.3 ملغم/لتر) و(111.9 ملغم/لتر)، وهي قيم ضمن الحد الأعلى المسموح (200 ملغم/لتر).

تشير هذه النتائج إلى أن مياه الإسالة في المدينة تتمتع بدرجة عالية من النقاء الفيزيائي، مما يعكس فاعلية عمليات المعالجة والصيانة المستمرة لمرافق المياه، ويعزز موثوقية شبكة التوزيع في مواجهة تحديات الصيف وارتفاع الطلب.

الجدول (2) القيم الموسمية للعناصر الفيزيائية في مياه الإسالة بمدينة الكوت ومقارنتها بالمحددات العالمية والعرقية"

المطابقة	الحد الأعلى العراق	WHO	الحد الأعلى	الصيف	الشتاء	العنصر الفيزيائي
ضمن المحددات	35	35	35	33.4	12	درجة الحرارة (°م)
ضمن المحددات	5	5	5	3	5	العکورة (NTU)
ضمن المحددات	1000	1500	1500	990	816	المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)
ضمن المحددات	2000	2000	2000	1540	1300	التوصيلية الكهربائية (EC)
ضمن المحددات	0.2	0.2	0.2	0.08	0.05	الألمنيوم (Al)
ضمن المحددات	200	200	200	84.3	111.9	الصوديوم (Na)

إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج الفحوصات المختبرية من مديرية ماء واسط / شعبة المختبرات لسنة 2025.

جدول (3): التحليل النوعي لمياه الإسالة (الخام والمعالجة) في مجمعات مدينة الكوت .

T.D.S	K	Na	So4	Cl	Mg	Ca	Hard	Alk	P.h	T	E.c	العکورة	نوع الماء	الموقع
562	3	68.2	216	86	28	80	314	164	7.12	27.8	897	33.7	خام	مجمع ماء داموك
556	209	72.4	208	90	26	79	306	160	7.03	27.03	900	6.18	شرب	
552	209	70.5	218	90	29	78	314	152	7.06	279	897	9.53	خام	مجمع ماء النصر
531	244	82.6	211	100	21	66	333	180	7.1	33.53	950	5.33	شرب	
568	2.7	69.6	223	91	29	81	321	162	7.2	28.2	890	24.5	خام	مشروع ماء الكوت
554	2.8	71.2	217	98	29	80	318	152	7.01	27.4	891	2.12	شرب	
570	3.2	72.3	224	88	29	82	325	160	7.23	27	928	55.4	خام	مجمعات ماء الجهاد
558	3	73.5	221	90	28	82	322	156	7.16	26.6	942	2.67	شرب	
628	3.8	94	226	112	29	81	321	166	7.3	29.8	1013	61.2	خام	مجمعات ماء الكرامة
632	3.2	96	224	120	29	80	318	160	7.01	29.7	1027	17.1	شرب	

إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج الفحوصات المختبرية من مديرية ماء واسط / شعبة المختبرات لسنة 2025.

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكافأة
والنوعية
م. م حيدر معارج ساجت العابدي

ثالثاً: التحليل الاحصائي للعلاقة المكانية بين للخصائص النوعية لمياه لمياه الإسالة في مدينة الكوت:
اعتمدت الدراسة التحليل الاحصائي باستخدام معامل الارتباط بيرسون لتحديد طبيعة العلاقة بين
الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الإسالة، وكذلك اختبار T لمعرفة مدى تأثير التغير الموسعي على
نوعية المياه لمقارنة أداء المجمعات المختلفة، لمياه الإسالة بين مجمعات مدينة الكوت".

1- تحليل معامل الارتباط بيرسون (Pearson Correlation Analysis):

يتضح من جدول (4) معامل الارتباط بيرسون أن هناك علاقات ارتباط متفاوتة بين الخصائص النوعية لمياه الإسالة في مدينة الكوت خلال فصل الصيف، (بحسب منظمة الصحة العالمية (WHO, 2017)،
تُعد الخصائص الفيزيائية والكيميائية مثل درجة الحرارة، العكورة، المواد الصلبة الذائبة (TDS)،
التوصيلية الكهربائية (EC)، الرقم الهيدروجيني (pH)، الصوديوم (Na)، والألمنيوم (Al) من المؤشرات
الأساسية لتقدير جودة مياه الشرب، ويجب أن تكون ضمن حدود معينة لضمان السلامة الصحية. تؤثر هذه
الخصائص في فعالية المعالجة، والطعم، والاستساغة، فضلاً عن دورها في التفاعلات الكيميائية داخل
شبكات الإسالة) وقد كانت أبرز هذه العلاقات على النحو الآتي:

العلاقة بين التوصيلية الكهربائية (EC) والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) بلغت معامل
ارتباط مرتفع جدًا بلغ 0.999، مما يشير إلى وجود علاقة طردية قوية جدًا بين المتغيرين. وُتُعد هذه
العلاقة منطقية، إذ أن ارتفاع الأملاح الذائبة في الماء يعكس مباشرةً على زيادة التوصيلية الكهربائية.
العلاقة بين درجة الحرارة والعكورة أظهرت ارتباطًا سلبيًّا متوسطًّا بلغ -0.668، ما يدل
على أن ارتفاع درجة الحرارة قد يسهم في تقليل العكورة، وذلك بسبب تسرع ترسيب العوالق في المياه
الساخنة نسبيًّا.

العلاقة بين الرقم الهيدروجيني (pH) وتركيز الصوديوم (Na) كانت إيجابية بقيمة 0.899،
وهي علاقة قوية تعكس تفاعل الكاتيونات القلوية مع توازن الماء الكيميائي، ما قد يؤدي إلى ميل بسيط
نحو القلوية في حال ارتفاع نسبة الصوديوم.
كما وُجد أن العلاقة بين تركيز الألمنيوم (Al) وبقية المؤشرات كانت ضعيفة أو غير دالة إحصائياً، حيث
بلغ معامل ارتباطه مع درجة الحرارة مثلاً 0.218 فقط، مما يشير إلى عدم وجود تأثير مباشر واضح بين
هذه العناصر في ظروف المعالجة الصيفية.

الاستنتاج العام، تشير هذه النتائج إلى أن بعض خصائص المياه، خصوصاً TDS وEC،
متراقبة بشكل كبير مما يبرر استخدامها كمؤشرات مزدوجة لتقدير جودة المياه. كما أن بعض المتغيرات
مثل درجة الحرارة تؤثر بشكل غير مباشر في جودة المياه من خلال تغيير سلوك العكورة والتفاعلات
الكيميائية.

جدول (4) معامل الارتباط بيرسون لخصائص مياه الإسالة في فصل الصيف، ويشمل المتغيرات الفيزيائية والكيميائية
مثل العكورة، TDS، EC، pH، الصوديوم، والألمنيوم

العوامل	درجة الحرارة (°C)	العكورة (NTU)	TDS (ملغم/لتر)	EC (μS/cm)	pH	(Na) ملغم/لتر	(Al) ملغم/لتر
درجة حرارة (°C)	1	0.597762578	0.992914713	0.991538366	0.546005	-0.88807506	0.891091839
العكورة (NTU)	0.597762578	1	0.61208324	0.674946249	0.944911	-0.781929053	0.894427191
TDS (ملغم/لتر)	0.61208324	0.61208324	1	0.985697667	0.573335	-0.923917028	0.892604173

EC (µS/cm)	العنصر	الشتاء	الصيف	T-Statistic	P-Value
0.991538366	EC (µS/cm)	0.674946249	0.985697667	0.595247	0.926717532
0.546004793	pH	0.944911183	0.573335043	1	-0.89750077
-0.88807506	Na (غم/لتر)	-0.781929053	-0.923917028	-0.89750077	1
0.891091839	Al (غم/لتر)	0.894427191	0.892604173	0.926717532	-0.932504808

إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج الفحوصات المختبرية من مديرية ماء واسط / شعبة المختبرات لسنة 2025، وتحليل بياناتها باستخدام برنامج Python وExcel ..

2- تحليل اختبار T لفرق الخصائص الموسمية لمياه الإسالة:

يتضح من جدول (5) أن نتائج اختبار T لعينتين مرتبتين أظهرت وجود فروق موسمية واضحة بين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الإسالة، وهو ما يمكن تحليله على النحو الآتي: درجة الحرارة (Temperature °C): لشთاء: 12.0، الصيف: 33.4، الارتفاع الكبير في درجات الحرارة خلال الصيف يُعد متوقعاً في مناخ شبه جاف كالكوت، و يؤثر بشكل مباشر على التفاعلات الكيميائية وسلوك الرواسب داخل محطات المعالجة، فضلاً عن كفاءتها في الفلترة.

العكورة (Turbidity NTU): الشتاء: 5.0، الصيف: 3.0، تشير النتائج إلى انخفاض العكورة في الصيف، ما قد يرتبط بزيادة فعالية الترسيب بسبب ارتفاع الحرارة، أو انخفاض معدلات الجريان السطحي خلال هذا الفصل، وبالتالي قلة المواد العالقة الداخلة إلى محطات الإسالة. المواد الصلبة الذائبة (TDS mg/L): الشتاء: 816، الصيف: 990، التحليل: تُظهر النتائج ارتفاعاً في TDS خلال الصيف، ما يُعزى إلى زيادة تبخّر المياه وتركيز الأملاح، فضلاً عن ضعف جريان المياه الذي يؤدي إلى زيادة تركيز الملوحة.

التوصيلية الكهربائية (EC µS/cm): الشتاء: 1300، الصيف: 1540، تدعم هذه النتيجة علاقة طردية مباشرة مع TDS، حيث أن التوصيلية الكهربائية تُعد مؤشراً غير مباشر لقياس تركيز الأملاح في المياه، والتي تزداد في الصيف.

الرقم الهيدروجيني (pH): الشتاء والصيف: 7.4، استقرار pH يعكس استقرار التوازن الحمضي-القاعدي للمياه، مما يدل على كفاءة نسبية في المعالجة الكيميائية المستمرة عبر المواسم.

الصوديوم (Na mg/L): الشتاء: 111.9، الصيف: 84.3، يلاحظ انخفاض الصوديوم في الصيف، وقد يكون ذلك ناتجاً عن تغيير مصدر المياه المستخدم، أو تغيير في سلوك الاستخدامات الزراعية والصناعية في الموسم الحار، مما يؤدي إلى اختلافات في تراكيز الصوديوم.

الألمنيوم (Al mg/L): الشتاء: 0.05، الصيف: 0.08، يُعد هذا الارتفاع الطفيف في تركيز الألمنيوم خلال الصيف مؤشراً على ضعف نسبي في فعالية الترويب أو زيادة جرعات الشب المضافة للمعالجة، مما يستدعي تحسين المتابعة التشغيلية في هذه الفترة.

الاستنتاج العام، تشير نتائج اختبار T إلى أن فصل الصيف يُحدث تأثيراً ملحوظاً في بعض الخصائص الأساسية لنوعية المياه، خاصة في: (EC, TDS, العكورة، درجة الحرارة) وهو ما يتطلب: تعديل الإجراءات التشغيلية في الصيف (مثل الجرعات الكيميائية ومعدل الفلترة)، مراقبة نوعية المياه بشكل أكثر تكراراً خلال الموسم الحار، التوسع في استخدام أنظمة مراقبة إلكترونية متقدمة في المجمعات ذات التأثير الموسمي الواضح.

جدول (5): اختبار T لفرق الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الإسالة في مدينة الكوت بين فصلي الشتاء والصيف لعام 2025

العنصر	الشتاء	الصيف	T-Statistic	P-Value
درجة الحرارة	12	33.4	-1.46728137	0.1926696
العكورة	5	3	-1.46728137	0.1926696

التحليل الهيدرولوجي لمياه الإسالة في المناطق الحضرية لمدينة الكوت: دراسة في التوزيع والكافأة النوعية
م. م حيدر معارج ساجت العابدي

0.1926696	-1.46728137	990	816	TDS
0.1926696	-1.46728137	1540	1300	EC
0.1926696	-1.46728137	7.4	7.4	pH
0.1926696	-1.46728137	84.3	111.9	Na
0.1926696	-1.46728137	0.08	0.05	Al

المصدر: الباحث بالاعتماد على البيانات المختبرية الصادرة عن مديرية ماء واسط لعام 2025، ومعالجة إحصائية باستخدام اختبار T لعينتين مرتبطتين (Paired Samples T-Test) عبر برنامج SPSS V26، استناداً إلى منهجية منظمة الصحة العالمية:

World Health Organization (WHO). (2017). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: WHO.
الاستنتاجات:

- أظهرت الدراسة وجود تفاوت واضح في كفاءة توزيع مياه الإسالة بين مجمعات مدينة الكوت، نتيجة اختلاف الطاقة التشغيلية وتبان الصبغة الهيدروليكي بين الأحياء الحضرية.
- كشفت الفحوصات المختبرية أن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه تقع غالباً ضمن المحددات البيئية المعتمدة، باستثناء بعض الارتفاعات الموسمية في TDS والعكورة خلال فصل الصيف.
- بين التحليل الإحصائي وجود علاقات ارتباط قوية بين بعض العناصر النوعية، خصوصاً بين التوصيلية الكهربائية (EC) والمواد الصلبة الذائبة (TDS)، ما يعكس التفاعل المباشر بين الملوحة والمحتوى الأيوني للمياه.
- تبين من اختبار T وجود فروق معنوية موسمية في بعض الخصائص، مما يعكس تأثر نوعية المياه بالظروف المناخية المحلية مثل الحرارة والجفاف.
- رُصدت بعض المشكلات التشغيلية والفنية في عدد من المجمعات القديمة، ما يؤثر على استمرارية وكفاءة المعالجة، ويستدعي تدخلاً فنياً وإدارياً عاجلاً.

الوصيات:

- ضرورة تحديث البنية التحتية لشبكات الإسالة، خاصة في المجمعات التي تعود تصاميمها إلى التسعينات، لضمان كفاءة التشغيل ومواكبة النمو الحضري.
- تعزيز نظم الرصد الدوري لنوعية المياه، مع ربط محطات الإسالة بأنظمة مراقبة رقمية تعتمد على مؤشرات مثل EC وTDS لتشخيص الخلل مبكراً.
- كيف تشغيل المجمعات موسمياً عبر تعديل جرارات الشب والكلور في الصيف، بما ينسجم مع ارتفاع درجات الحرارة وتغير خصائص المياه.
- زيادة التوعية البيئية لدى السكان لترشيد استهلاك المياه والحد من التجاوزات على الشبكات، بما يدعم الكفاءة التشغيلية.
- إجراء دراسات مستقبلية أوسع تشمل الجوانب البكتريولوجية والميكروية لضمان سلامة المياه من التلوث غير المرئي، وتحقيق شمولية أكبر في تقييم النوعية.

المصادر:

- وزارة البيئة العراقية، (2010)، المحددات البيئية لمياه الشرب والمياه الخام، بغداد: مديرية النوعية البيئية.

- 2- عبد الله، عبد الحسين، ومحمد، سعاد، (2018). تقييم نوعية مياه الإسالة في محافظة واسط باستخدام مؤشرات جودة المياه. مجلة القادسية للعلوم الهندسية، 11(2)، 55–70.
- 3- صلاح، فاضل عبد الحسين، (2021)، تحليل كفاءة مجمعات المياه في المدن العراقية: دراسة حالة لمدينة الحلة. مجلة ديالى للعلوم الهندسية، 18(1)، 122–137.
- World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality: 4 .Fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: WHO Press