دراسة مستوى تركيز الالمنيوم في نهر دجلة ومشاريع مياه الشرب في محافظة نينوى وبعض مناطق شبكاتها

رياض محمود صالح العبيدي
مركز بحوث البيئة والسيطرةعلى التلوث
جامعة الموصل

سجى عبدالكريم سعدالله العزاوي
مديرية ماء نينوى

ميادة غانم محمد العزاوي
قسم الهندسة المدنية
جامعة الموصل

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة للأهمية التي يتصف بها عنصر الألمنيوم في مياه الشرب من الناحية الصحية في دول العالم، تمت في هذه الدراسة متابعة تركيز الألمنيوم في نهر دجلة ومشاريع تصفية الماء (في اكبر أربعة مشاريع في مدينة الموصل) وكذلك في شبكات الإسالة؛ مشاريع الماء هي مشروع الأيمن الموحد ومشروع الأيسر الجديد (القبّة) ومشروع الأيسرالقديم (حي العربي) وكذلك مشروع مجمع الدندان. كشفت الدراسة عن ان تركيز الألمنيوم في النهر ليس عالياً مقارنة ببعض انهار الولايات المتحدة وأوروبا إذ تراوح تركيز الألمنيوم في النهر بين 7–37 مايكرو غرام/لتر. كما تبين ان مشاريع الإسالة في موسم الأمطار ترفع هذا التركيز في ماء الشرب ليصل إلى ما يقرب من 25–50 مايكرو غرام /لتر (ppb)، وذلك بسبب اضافة الشب أثناء ارتفاع عكورة ماء النهر. ولم تؤثر شبكات الإسالة في تركيز الألمنيوم إذ كانت اغلب الأحيان مقاربة لما يخرج من المحطة. كما كان هناك ترابط بين درجة الحرارة وتركيز الألمنيوم في بعض المحطات المدروسة.

وأخيراً يمكن القول بأن تركيز الألمنيوم عند عدم اضافة الشب في المحطات لا يتجاوز ما اقترحته الكثير من المنظمات الصحية العالمية.

الكلمات الدالة: الالمنيوم ، ماء الشرب ، محطة تصفية، نهر دجلة

Study Of Aluminum concentration levels in Tigris river , Drinking water Treatment Plants and supply network in Nineveh Governorate

R. M. S. Al-Obaidi
Environment Research center
Mosul University

S. A.Al-Azawi
Nineveh Water Office

M. Gh.Al-Azawi
Civil Engg. Dept.
Univ.of Mosul

Abstract

This study has been done due to the raising importance of aluminum in drinking water from health point of view. Survey of Al^{+3} concentrations has been done in Tigris river, in the water purification plants and water supply network. These plants are the larger ones in the city (unified right side plant, Al-Qubba plant, the old left side plant (Al-Arabi restrict) and Al-Danadan complex project). Results revealed that the Al^{+3} concentration on the river (through Mosul city) ranged from 7-37μg/L. The plants have increased this concentration in raining times (turbidity increasing times) to about 25-50 μg/L (ppb), because of adding alum in its work. Water distribution network does not affect the residual Al^{+3} in this study. There was a correlation between Al^{+3} and temperature. Finally, it can be said that Al^{+3} concentration in drinking water is in the safe side according to several international health organizations if the plants do not add alum.

Keywords; Aluminum, drinking water, treatment plant, Tigris river.

أستلم في 2008/12/17 قبل في 2009/3/29

المقدمة:

يحتوي الماء عادة بمختلف مصادره على نسبة من الشوائب التي قد يكون مصدرها طبيعياً يكتسبه الماء خلال مرحلة من مراحل دورته في الطبيعة لحين وصوله الى محطات الاسالة والتصفية، او قد يكتسبها حين مروره في شبكات الاسالة او غيرها. هذه الشوائب قد تكون ذات تأثير سلبي على نوعية المياه ومدى ملائمة استخدامه للاغراض البشرية وغيرها من الاغراض. والكثير من الشوائب كان يُظن في السابق انها لا تؤثر على استخدامات المياه بسبب تأخر الدراسات التي تثبت تسببها في اي من الامراض او المشاكل لدى استخدام المياه الحاوية عليها، وفي كل فترة تظهر دراسات تفند النظريات السابقة وتظهر ترابطاً في ظهور انواع معينة من الامراض بين المستهلكين للماء ووجود شوائب بتراكيز معينة، وهذا يدفع بشكل مستمر الى تغير محددات ومواصفات مياه الشرب لتكون بدرجة من القبول للاستهلاك دون مشاكل؛ مثال ذلك الالمنيوم ، وهو من المعادن التي يكثر تواجدها في المياه الطبيعية بتراكيز متفاوتة وذلك بحكم ان الالمنيوم هو من اكثر المعادن انتشاراً وهو يأتي بالدرجة الثالثة من حيث وفرته بعد الاوكسجين والسليكون [1] في قشرة الارض وهو واسع الانتشار عليها حيث يشكل نسبة 8% من الطبقة السطحية للارض. والالمنيوم عنصر فعال جداً ونادراً ما يوجد بشكل حر في الطبيعة، وتستخدم مركبات الألمنيوم في عدة تطبيقات ومن ابرزها في معالجة المياه كمخثر (الشب). ويمكن الدخول لموضوع التأثير الصحي للألمنيوم من خلال السؤال التالي :

- *هل هناك تأثير صحي للالمنيوم على المستهلكين للمياه الحاوية عليه ؟ [2].*

أُستُخدِمَ الألمنيوم بشكل واسع في صناعة اواني الطبخ، والحاويات ومواد الانشاء في البنايات، فضلاً عن صناعة الزجاج والاصباغ والمطاط والسيراميك. ويستخدم بعدة اشكال مثل هيدروكسيد الالمنيوم (في الادوية المضادة للحموضة) وكلورهيدرات الالمنيوم (في مواد مزيل الروائح) ولكن الشكل والتركيب الابرز هو كبريتات الالمنيوم (الشب).

يتعرض جسم الإنسان إلى نسب متفاوتة من الالمنيوم يومياً وتقريباً 90% من هذه النسب تأتي في الطعام الذي يتناوله الانسان ولكن هذا يكون بشكل مترابط مع المواد الاخرى في الغذاء ولايمكن امتصاصه من قبل مجاري الدم. خلافاً لذلك فان الألمنيوم الموجود في الماء يمكن امتصاصه من قبل الانسان ذلك لوجوده بعد المعالجة بتراكيز كبيرة نسبياً بشكل غير مترابط (حر). ولكن على الرغم من ذلك فان نسبة مايمتص من الالمنيوم تكون عادة قليلة.

ان وجود الألمنيوم بتراكيز قليلة في الطعام والهواء والماء قد لايكون مضراً بالصحة [2]. ولكن عند التراكيز العالية وجدت بعض الاثباتات على ترابطها مع بعض الامراض التي تصيب المستهلكين لها، وهي أمراض خاصة بالجهاز العصبي، مثل مرض الزهايمر Alzheimer وغيره. ووجد ان المصابين بمثل هذ ا المرض يمتلكون تراكيز عالية من الالمنيوم في بعض المناطق من الاغشية الدماغية لديهم. ولا يُعلم هل إن الألمنيوم هو سبب المرض ام ان الالمنيوم يتراكم في هذه الاغشية لدى الناس المصابين بهذه الامراض. كما ان هناك قلقاً بأن الالمنيوم يسبب مشاكل للعظام. اما بالنسبة للسرطان فقد وجدت منظمة EPA في دراسات خاصة ان الالمنيوم لم يكن مسرطناً بالنسبة للحيوانات المجرى عليها الاختبار، ولم تحدد نسبة احتمالية ان يكون الالمنيوم مسرطناً للبشر [3].

وهناك دراسات عدة تشير إلى (أو تؤكد على) إن الألمنيوم قد يكون سبباً مهماً في الاصابة بامراض الخرف المبكر (الزهايمر) (حيث لاحظ عدد من الخبراء ان مرضى الكلى والذين يتعرضون لنسب كبيرة من الالمنيوم في سوائل الديلزة dialysis fluid والعقاقير الحاوية عليه) يصابون بنوع متقدم من الخرف يتصف بتغيرات التكلم والسلوكيات ، وارتجاف ، واضطرابات مع نوبات ضحك، وكذلك هَوَس. وقد اتفق الخبراء على ان الالمنيوم في سوائل الديلزة هو السبب في حصول تلك الاعراض وان تقليل تلك السوائل وتقنينها يقلل من حدوث تلك الأعراض [4].

وعلى العموم فهناك الكثير من الدراسات التي تبين ان هناك ترابطاً مهماً بين أمراض الجهاز العصبي وبين التراكيز العالية للالمنيوم في جسم الانسان.

تلك الدراسات دفعت المنظمات البيئية والصحية الى وضع محددات جديدة (لم تكن موجودة سابقاً) لتركيز الالمنيوم في الماء لتجعل الماء ملائماً للاستهلاك البشري دون مخاطر صحية.. ومن تلك منظمات محلية(أي محلية في مدنها وليس لها طابع دولي) وعالمية... وكما يلي:

وكالة حماية بيئة كاليفورنيا / دائرة تخمين المخاطر الصحية البيئية، وضعت هدفا للصحة العامة PHG (public health goal) ليكون الألمنيوم في ماء الشرب بتركيز (0.06 mg/L). وقد تم حساب ذلك بمعادلة حسابية تتعلق بمدى تأثر الانسان بتركيز الالمنيوم [1].

اما وكالة حماية البيئة الأميركية USEPA فقد وضعت مستوى الشائبة الاقصى الموصى به RMCL (recommended maximum contaminate level) وهو (0.05 – 0.02 mg/L) اعتماداً على منع تلوث الماء ومنع الترسب في شبكة الاسالة [5]. وفي عام 1998 وضعت المنظمة الالمنيوم ضمن قائمة الشوائب والملوثات contaminants التي تحتاج إلى مزيد من الدراسات [6]. وفي عام 1998 وضعت دائرة صحة كندا [7] توصيات لمحطات الاسالة التي تستخدم الشب في المعالجة فجعلت القيم العملية للالمنيوم الكلي اقل من (0.1 mg/L) للمحطات

التقليدية وأقل من (0.2 mg/L) لانظمة المعالجة الاخرى (غير التقليدية). وهذه القيم تحدد اعتماداً على نماذج شهرية وأخذ المعدل لها لمدة (12) شهراً.

اما منظمة الصحة العالمية WHO ففي الطبعة الثانية لها لمحددات مياه الشرب [8] لم تشر الى الالمنيوم واشارت الى ضرورة اجراء المزيد من الدراسات حول تأثير الالمنيوم وتسببه في الزهايمر ولكن عام 1998 اكدت ان هناك ترابطاً لايمكن اهماله بين المرض وتراكيز الالمنيوم العالية في الماء ولكنها لاسباب عدة ايضاً لم تحدد تركيزاً محدداً للالمنيوم في الماء [9]. وخلصت مؤخراً الى انه المستوى العملي للالمنيوم في الماء المعالج الصافي هو 0.2 mg/L او اقل.

اهداف البحث

1- معرفة مستوى تركيز الامنيوم في نهر دجلة في الاشهر المختلفة من السنة .
2- معرفة مدى تراكيز الالمنيوم في مياه الشرب في مدينة الموصل في المراحل المختلفة.
3- معرفة تأثير الشبكة على مستوى الالمنيوم في الماء الواصل للمستهلكين.

الدراسات السابقة

هناك العديد من الدراسات السابقة المتعلقة بموضوع البحث، فبعضها يتناول الجانب الصحي وتأثره بوجود الألمنيوم في الماء، وبعضها الآخر يتناول تغاير الألمنيوم وتركيزه في المياه بشكل عام وتغايره بتغير الظروف المختلفة.

أجرى [10] دراسة وجدوا فيها ترابطاً بين ما يصل الجسم من ألمنيوم وبين اضطرابات الجهاز العصبي.

وأشار [11] الى ان أخذ الألمنيوم بتراكيز عالية يمكن أن يكون سبباً في بعض أمراض الجهاز العصبي كمرض الزهايمر والخرف المبكر.

أما [12] فقد وجدوا ان مرضى الكلى الذين يتناولون بعلاجهم كمية من الألمنيوم ويتعرضون لتراكيز عالية منه قد يتعرضون لتلين الدماغ فضلاً عن مشاكل ترسب المعادن في العظام.

ودرس [13] تأثير نسبة المواد العضوية الطبيعية (Natural Organic Material NOM) على أشكال الألمنيوم الموجودة في المياه المعالجة، واستعانوا بفحص الجرة واستخدام نسبة من الكاربون العضوي المذاب لتمثيل الحالة، وقد وجدوا ان نسبة (الشب / الكاربون العضوي المذاب) (Alum / DOC) تؤثر في شكل الألمنيوم الموجود (عالق particulate او مذاب) ووجدا انه حين تكون هذه النسبة = 5.3 فإن معظم الألمنيوم في الماء المرشح يكون عالقاً. كما ازدادت نسبة الألمنيوم المذاب العضوي مقارنة بالماء الخام. ووجدا ان الألمنيوم المرتبط عضوياً Organically Bonded Aluminumازداد من (8 ppb) الى (15 ppb) في الماء المنتج حينما كانت نسبة Alum / DOC = (1.53).

واقترحا ان تكون النسبة العملية هي 7.3 للحصول على نسبة التشغيل الموصى بها (100 ppb) كألمنيوم كلي من قبل الصحة الكندية. والتي تؤدي الى وجود ألمنيوم مذاب في الماء المنتج بحدود (35 – 40 ppb).

وفي دراسة أجراها [14] على ثلاث محطات لتصفية المياه في الولايات المتحدة وُجِدَ أن معظم الألمنيوم المتبقي بعد المعالجة يكون بشكل عالق particulate أو مذاب (monomeric aluminum) واقترحا بأنه لتقليل تركيز الألمنيوم المتبقي في الماء يجب الحفاظ على الأس الهيدروجيني ضمن المدى (6.5-7). كما اقترحا ان تكون العكورة للماء المرشح أقل من (0.1 NTU) لتقليل تركيز الألمنيوم العالق في الماء المنتج.

وفي دراسة تدل على أهمية معرفة مستوى الألمنيوم في شبكات الإسالة وما يصل للمستهلكين، استخدم [15] نظام المعلومات الجغرافية GIS والتحليل الإحصائي لقراءات مختلفة في بعض شبكات الإسالة لتوضيح التغاير الواسع في مستوى تركيز الألمنيوم في شبكة الإسالة، وقد أشارا إلى إن المواقع عالية التركيز بالألمنيوم تكون غالباً مرتبطة بمحطات إسالة تستعمل الشب بكثرة في عملها. وأحيانا يصل تركيز الألمنيوم في الشبكة إلى خمسة أضعاف ما هو موجود في الماء الخام (سواء كان جوفياً أو سطحياً) وأثبتا ضرورة هذه الدراسة للتحقق من نجاعة الوسائل المتبعة في محطات الإسالة لتقليل تركيز الألمنيوم في الماء المنتج.

كما صمم [16] في دراسة أجريت في استراليا وحدات الكتروكيميائية ترتبط مباشرة بالانترنت (وهذه دراسة أخرى تؤكد ضرورة التنبه لموضوع وجود الألمنيوم في مياه الإسالة). وباستخدام وسائل فحص أوتوماتيكية وربط معلوماتها بالحاسب الآلي واستخدام دقة مقبولة للفحص وجدوا (وبالاستعانة بمحطة تصفية بمقياس مختبري pilot plant) لتمثيل واقع محطة المعالجة وجدوا انه حين تكون المحطة في غير ظروف التشغيل المثالية يزداد تركيز الألمنيوم المرتبط عضوياً في مياه الشبكة.

وفي دراسة أجراها [17] بيّنوا ان المياه السطحية أكثر عرضة لوجود الألمنيوم من المياه الجوفية، حيث وجدوا ان 9% فقط من المياه الجوفية (في أمريكا) تحتوي على كميات محسوسة من الألمنيوم (الحد الأعلى المحسوس حسب دراستهم 14 ppb)، بينما 78% من المياه السطحية تحتوي على كميات محسوسة من الألمنيوم.
وفي مسح أُجري في اونتاريو عام 1987 وُجِد إن مستوى الألمنيوم في المياه المعالجة تراوح بين (3-4600 ppb) بمعدل (160 ppb) [18].
وفي الولايات المتحدة وبمسح 80 محطة تصفية (لمياه سطحية) تستخدم الشب، بيَّن [19] إن معدل تركيز الألمنيوم الكلي كان (85 ppb).

المواد وطرائق العمل

لتحقيق أهداف الدراسة تم أتباع برنامج نمذجة (اخذ عينات) متواصل على مدار ما يقارب من 10 أشهر ابتدأت من آب 2007 وانتهت بشهر أيار 2008، بمراقبة مستمرة (ولكن لكل موقع من المواقع الرئيسية الاربعة تكون النمذجة أسبوعية أو نصف شهرية بينما للمواقع الاخرى فتكون نصف شهرية أو شهرية)، وقد أُخذت نماذج من النهر لمواقع عدة مختارة على طول النهر في مساره ضمن محافظة نينوى (كما يبينه الجدول 1 والشكل 1 الذي يُمثل خارطة تبين مواقع النمذجة).
وقد تم فحص النماذج بعد نصف ساعة تقريباً من أخذها في مختبرات مديرية ماء نينوى وكذلك مختبرات جامعة الموصل، بينما بعض الفحوصات كانت تُجرى حقلياً في موقع النمذجة كدرجة الحرارة وغيرها. وقد تم إجراء فحص الألمنيوم بالطريقة اللونية وحسب ورودها في الطرق القياسية لفحوص المياه [20]،. وتجدر الاشارة الى ان النماذج أخذت بشكل مباشر من مآخذ المحطات (لتمثل كنموذج نهري) أو من الماء الجاهز للضخ من تلك المحطات (لتمثل الماء المنتج من المحطة).

النتائج والمناقشة

أولا: وجود الألمنيوم في نهر دجلة :-

كما عُلم من طرائق العمل فقد تمت متابعة تراكيز الألمنيوم على طول النهر ضمن محافظة نينوى بنماذج اسبوعية أو نصف شهرية أو شهرية (حسب المواقع المبينة في الجدول 1) واعتبرت هذه النماذج ممثلة للحالة لكون أن النهر لا تحصل فيه تغايرات يومية أو اسبوعية من شأنها التأثير على تركيز الألمنيوم في النهر خلال الشهر الواحد (فضلا عن ذلك فإن المسح لخصائص الانهار تكفيه النماذج الشهرية لوصف الحالة وهذا ما اعتمدته كثير من الدراسات ولا يمكن حصرها)، والجدول (1) يبين المعدل السنوي لتركيز الألمنيوم في المناطق المختلفة على نهر دجلة وقد تفاوت تركيز الألمنيوم بين بضعة مايكرو غرامات في اللتر الواحد وما يقرب من 37 ppb (ppb=مايكرو غرام /لتر) في مختلف المواقع من النهر. ويعتمد تركيز الألمنيوم على درجة الحرارة بشكل كبير وذلك بتأثير ذوبانية الألمنيوم بها بسبب ارتفاع ثابت الانثالبي (التفكك الحراري) له [21].
لقد تم فحص كل من الألمنيوم المذاب والكلي (Total and Dissolved Aluminum) وقد وجد أن الفارق بينهما ضئيل جدا في أغلب الحالات بل يكاد يكونان متساويين لذا تم الاستغناء عن فحص الألمنيوم المذاب والاكتفاء بفحص الألمنيوم الكلي، وذلك التساوي بين الألمنيوم المذاب والكلي سببه ندرة وجود الألمنيوم في المياه الطبيعية بشكل عالق [22] .
ان وجود الألمنيوم في المواقع المختلفة لنهر دجلة (ضمن مدينة الموصل) يقع ضمن الحدود المسموحة لمياه الشرب حسب ما اعتمدته بعض المواصفات الدولية والحكومية في بعض المدن والولايات (0.05 ppm). لذا يعد الماء أميناً على المستهلكين من ناحية مستوى تركيز الالمنيوم فيه في حالة عدم استخدام محطات التصفية للشب ، ولكن اذا استخدم الشب فإن تركيز الالمنيوم سيرتفع بدرجة ما في ماء الشرب تبعاً لذلك.
ويمكن ملاحظة رغم قلة وتقارب تركيز الألمنيوم إن هناك ارتفاعاً طفيفاً في أشهر الصيف ، ولابد من الإشارة إلى إن الألمنيوم قد يكون مرتبطاً بوجود المواد العضوية الطبيعية (NOM) Natural Organic Material. وهذه المواد العضوية تظهر بشكل اكبر في فترات الصيف ويساهم وجودها في احتواء كميات من الألمنيوم.
ولابد من الإشارة ايضاً إلى ان مستوى الألمنيوم هذا قد لا يختلف كثيرا عما وجده [23]. حيث كان مستوى الألمنيوم في الأنهار الموجودة شمال أميركا يتراوح بين (12-2250ppb).

ثانياً : وجود الألمنيوم بعد محطات المعالجة:-

هناك الكثير من العوامل التي تؤثر في وجود الألمنيوم في المياه الناتجة من محطة التصفية وأبرزها:
1- إضافة الشب من عدمها.2-درجة الحرارة، 3-الأس الهيدروجيني

فضلاً عن مدى وجود المواد العضوية الطبيعية في المياه الخام وغيرها من الأمور وفي هذه الدراسة تم التركيز على أربعة مشاريع مياه هي ذات الطاقة الإنتاجية الأكبر في المحافظة وجرى مراقبة تركيز الألمنيوم في المياه المارة خلالها والناتجة منها وهي كما مبينة بالجدول (2). والأشكال 2 ، 3 ، 4 ،5 تبين مستويات الألمنيوم في الماء المنتج من المحطات المدروسة.

الجدول (1) : مواقع اخذ النماذج الشهرية (أو نصف شهرية) من النهر ومعدلات تركيز الألمنيوم في النهر والمنتج من المحطات

التسلسل	اسم الموقع *	عدد العينات	مدى تركيز الألمنيوم في النهر (ppb)	معدل تركيز الألمنيوم في النهر (ppb)	معدل تركيز الألمنيوم في الماء المنتج في هذه المحطات (ppb)
1	وانة	11	11 – 6	7.2	7.2
2	اسكي موصل	11	9 – 5	6.5	6.5
3	خواجة خليل	16	38 – 8	31	32
A	الأيمن الموحد	19	20 – 7	17	–
B	الأيسر الجديد(القبة)	18	37 – 8	20.8	–
4	الرشيدية	13	16 – 4	12.4	19
C	الأيسر القديم (حي العربي)	17	25 – 9	20.9	–
D	الدندان	19	37 – 11	24.7	–
5	الغزلاني	14	37 – 6	8.5	20.1
6	البوسيف	11	11 – 5	7	7
7	العريج	10	15 – 7	9.5	34.5
8	قبر العبد	10	14 – 8	10	33
9	حمام العليل	10	11 – 5	9	11
10	الشورة	10	15 – 8	9.5	15

* ملاحظة : هذه المواقع هي محطات تصفية (بعضها من نوع Package plant) فالمأخذ يمثل النهر ، والعمود الأخير يمثل المنتج من هذه المحطات ، (بإضافة الشب او عدمها).

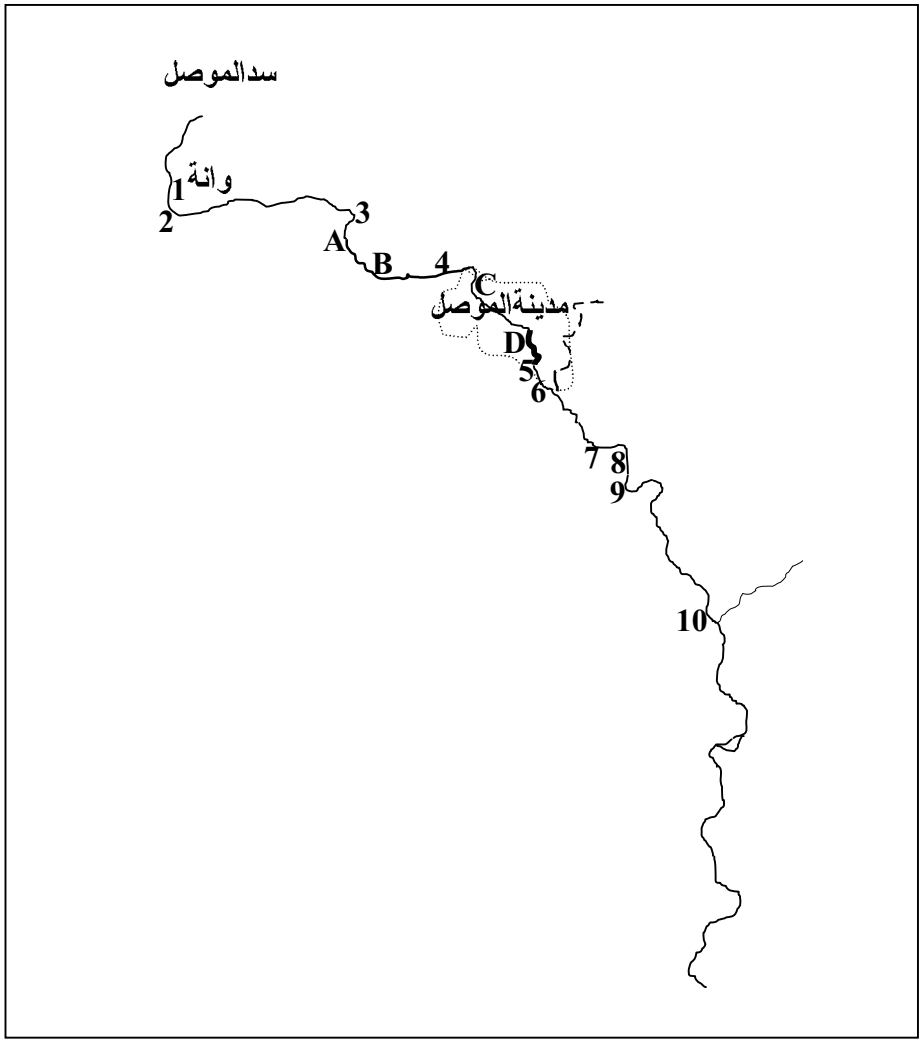
الجدول (2): المحطات المدروسة وطاقتها الإنتاجية

اسم المحطة	الرمز	الطاقة الفعلية (الف متر مكعب/يوم)*
1- الأيمن الموحد	A	183.6
2- الأيسر الجديد (القبة)	B	225.5
3- الأيسر القديم (الحي العربي)	C	54.0
4- مجمع الدندان	D	16.72

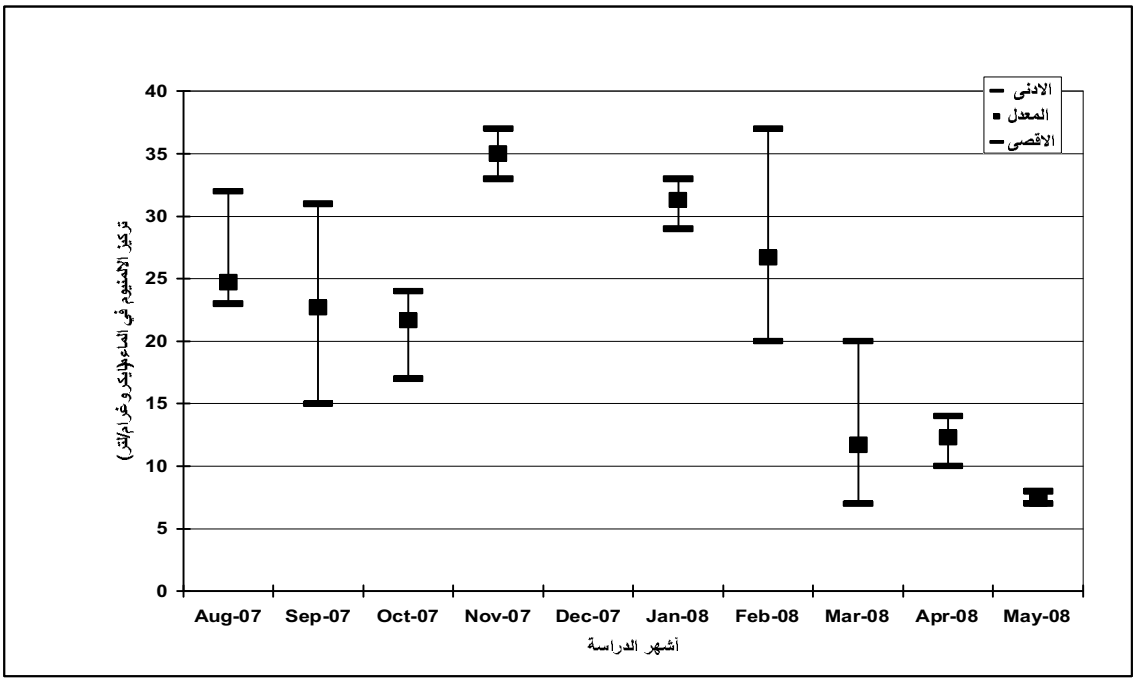
- حسب معلومات مديرية ماء نينوى

أسباب تذبذب تركيز الألمنيوم في المحطات

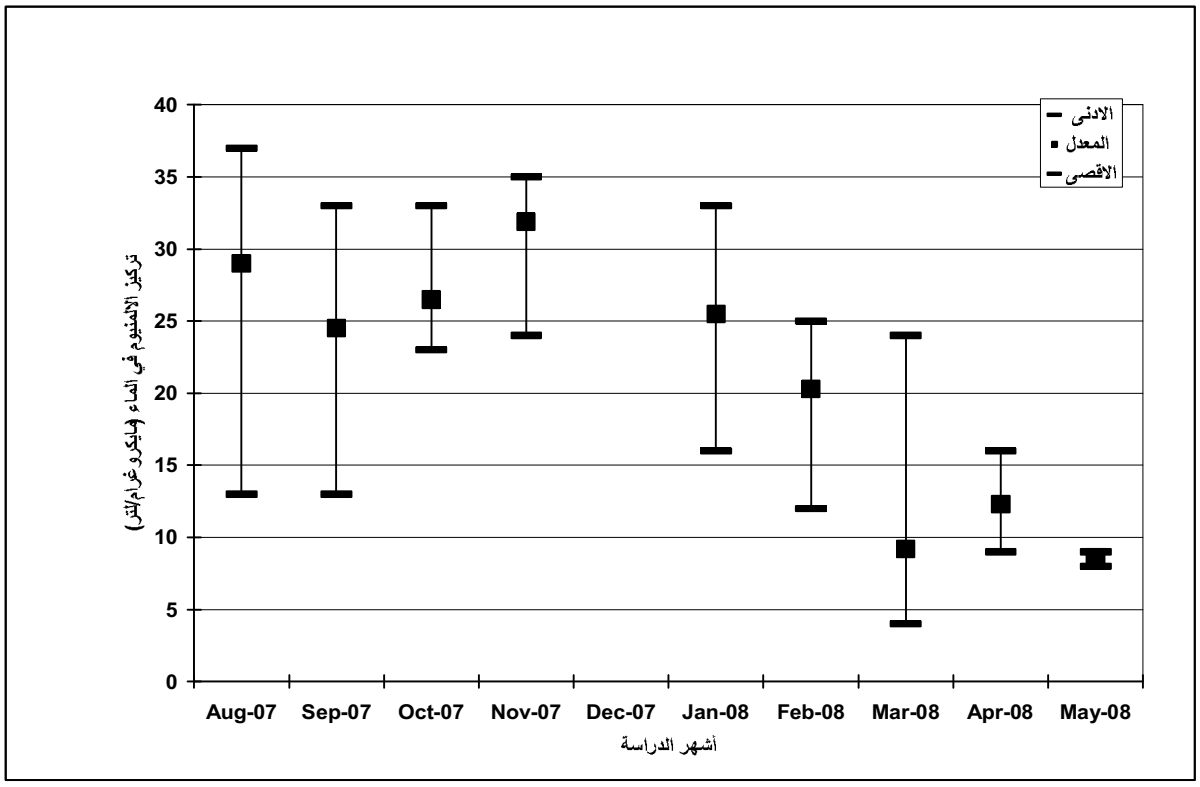
هناك عدة أسباب تؤدي إلى تذبذب تركيز الألمنيوم في مياه المحطة أبرزها إضافة الشب من عدمه ومن ثم درجة الحرارة والأس الهيدروجيني pH وكذلك pOH والقاعدية [24] ، ذلك فضلاً عن حال وحدات التصفية كوحدة الترشيح وأحواض الترسيب وغيرها.



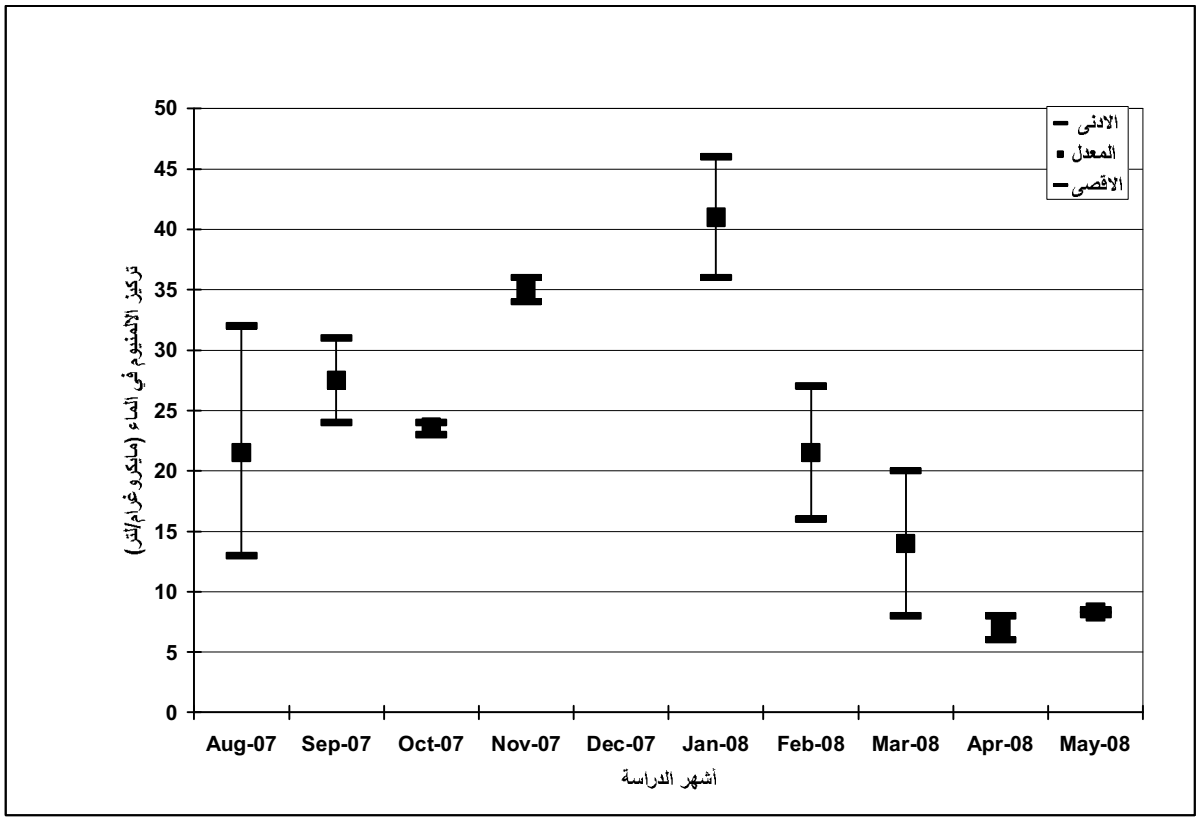
الشكل (1) : خارطة نهر دجلة ضمن محافظة نينوى ومواقع النمذجة المتبعة في الدراسة (حسب تسلسل المواقع في الجدول (1)).



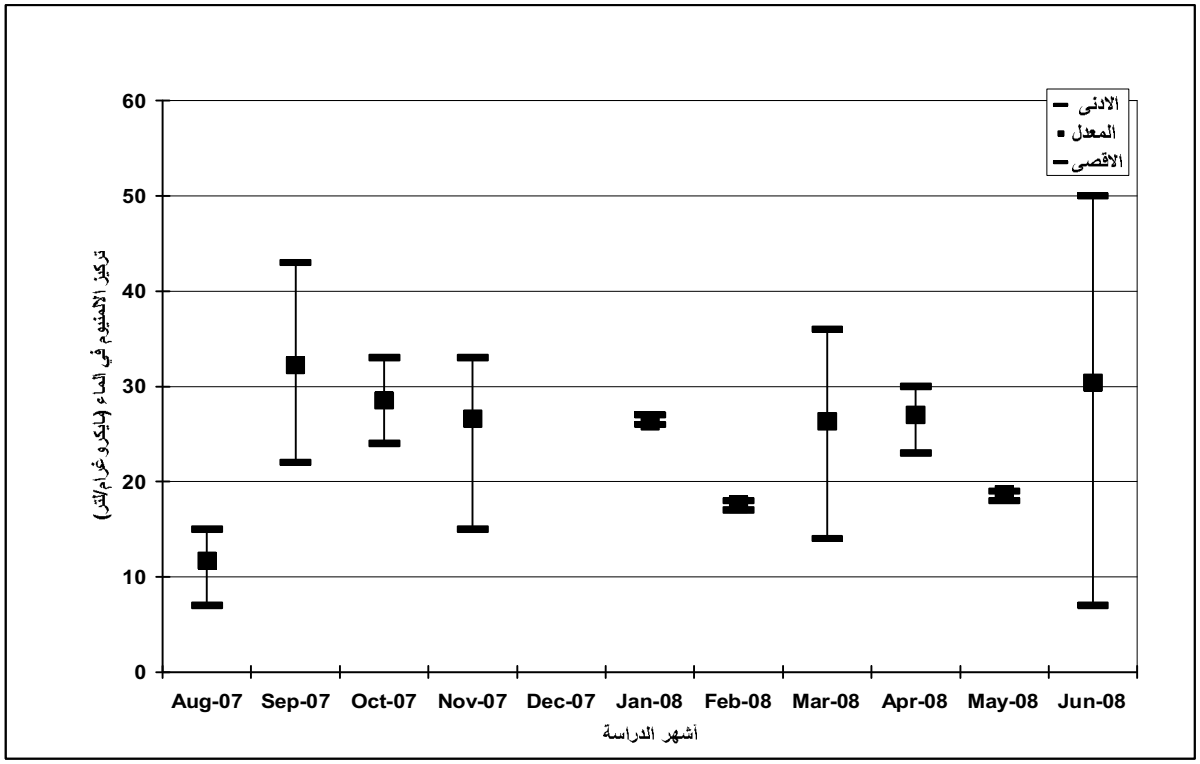
الشكل (2): معدلات تركيز الالمنيوم في الماء المنتج من محطة (A) في أشهر الدراسة



الشكل (3): معدلات تركيز الالمنيوم في الماء المنتج من محطة (B) في أشهر الدراسة.



الشكل (4): معدلات تركيز الالمنيوم في الماء المنتج من محطة (C) في أشهر الدراسة.



الشكل (5): معدلات تركيز الالمنيوم في الماء المنتج من محطة (D) في أشهر الدراسة

من خلال النتائج المبينة بالإشكال السابقة وبالمقارنة مع تركيز الألمنيوم في النهر يمكن القول إن إضافة الشب بشكل متذبذب في محطات التصفية المختلفة هي وراء ارتفاع تركيز الألمنيوم (إذ أن هذه المحطات تضيف الشب فقط عند ارتفاع العكورة في المياه الداخلة وذلك عند تساقط الأمطار) وفي هذه الدراسة معظم النماذج أخذت في وقت لم تضف فيه مادة الشب للمحطات (سوى بعض الحالات الواضحة من خلال الأشكال المبينة) رغم ذلك فترات اضافة الشب قليلة جدا.

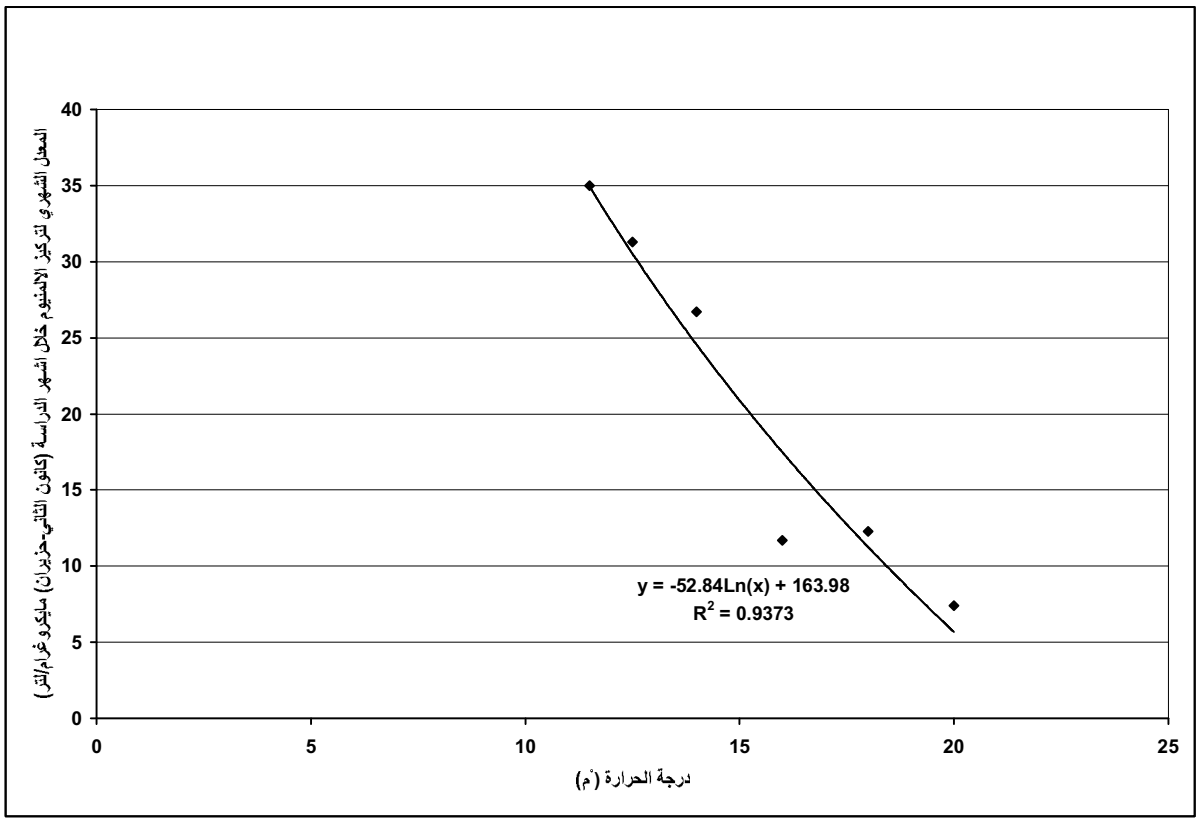
أما عن تأثير درجة الحرارة فقد لوحظ للمحطات المدروسة علاقات مهمة ولكن عكسية بين درجة الحرارة وتركيز الألمنيوم (سوى المحطة D) كما يمكن ملاحظته في الأشكال (6 ، 7 ، 8 ، 9) وذلك بسبب تناسب إضافة الشب في المحطات مع انخفاض درجة الحرارة أو بسبب جرف الامطار لنسب من الالمنيوم المتواجد في مساحة الجابية لها (معلوم إن الأمطار تسقط في مدينة الموصل في أشهر البرد على الرغم من ان السنة المنصرمة تعد سنة جفاف وهو ما أدى إلى تذبذب العلاقة بين تركيز الألمنيوم ودرجة الحرارة وبسبب عشوائية إضافة الشب في مختلف المحطات المدروسة)، وعلى عكس ما وجده [22] بأن التناسب طردي بين درجة الحرارة وتركيز الألمنيوم المتبقي (في المحطات التي تستخدم الشب بشكل مستمر) بينما لم تظهر علاقة واضحة بينهما في المحطات التي تعتمد التيسير بالنورة (Lime-softening) [22]. وهو كما حصل في هذه الدراسة بسبب عدم استخدام الشب بشكل مستمر. بينما لو لوحظ الشكل (10) والذي يمثل علاقة المعدل الشهري لتركيز الألمنيوم مع درجة الحرارة في محطة خواجة خليل (وهي قد تكون أول محطة على النهر في محافظة نينوى ويمكن القول إنها بعيدة عن التأثيرات الملوثة للأنشطة السكانية والصناعية فنجد علاقة طردية واضحة بين درجة الحرارة والألمنيوم المتبقي) وهذه مقاربة لحالة النهر ومعلوم ان المحطة لا تحدث تغييراً يذكر على تركيز الألمنيوم ما لم يضف الشب فيها،

واذا ما حصل تناقص في تركيز الألمنيوم خلال المحطة فهو بسبب كون الألمنيوم الداخل محمولاً على المواد العضوية الطبيعية (NOM) والتي تُزال مع ما تحمله من ألمنيوم في وحدتي الترسيب والترشيح [13].

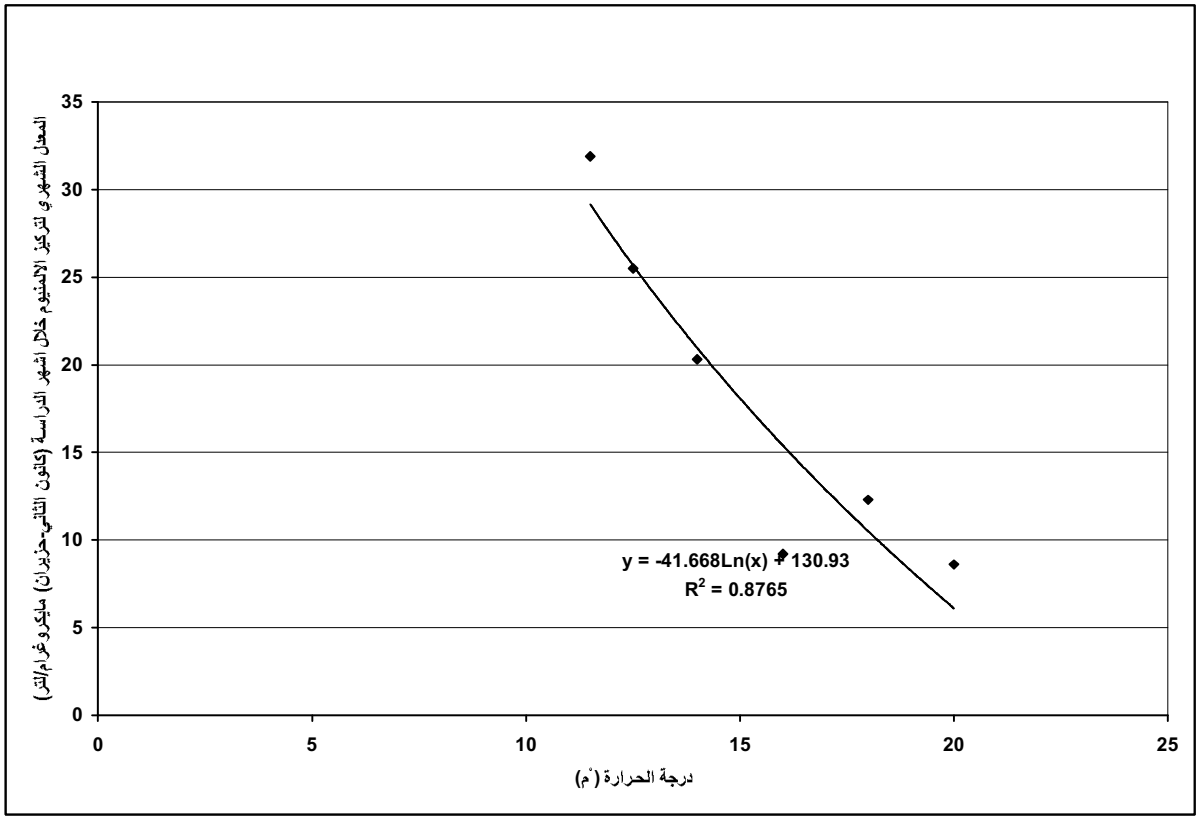
وقد لاحظ [19] ايضا علاقة مهمة بين تركيز الألمنيوم وهذه المواد العضوية مما يؤكد ذلك.

وأما إذا حصل تزايد (مع عدم إضافة الشب وهو حالة نادرة حدثت لمرة او مرتين) فهو طفيف وسببه جرف ما هو متبقي من مواد عالقة حاملة للألمنيوم سواء في وحدة الترشيح (خصوصاً عند تأخر غسلها وقد تعرضت سابقا لكميات من مركبات الالمنيوم حين اضافة الشب في وقت سابق) أم في وحدات الترسيب وذلك لعملية الجرف وإعادة الإذابة واللذان يمكن أن يحصلا بتغير الأس الهيدروجيني (لأسباب طبيعية) للمياه القادمة للمحطة. وما يدل على ذلك ما أشار

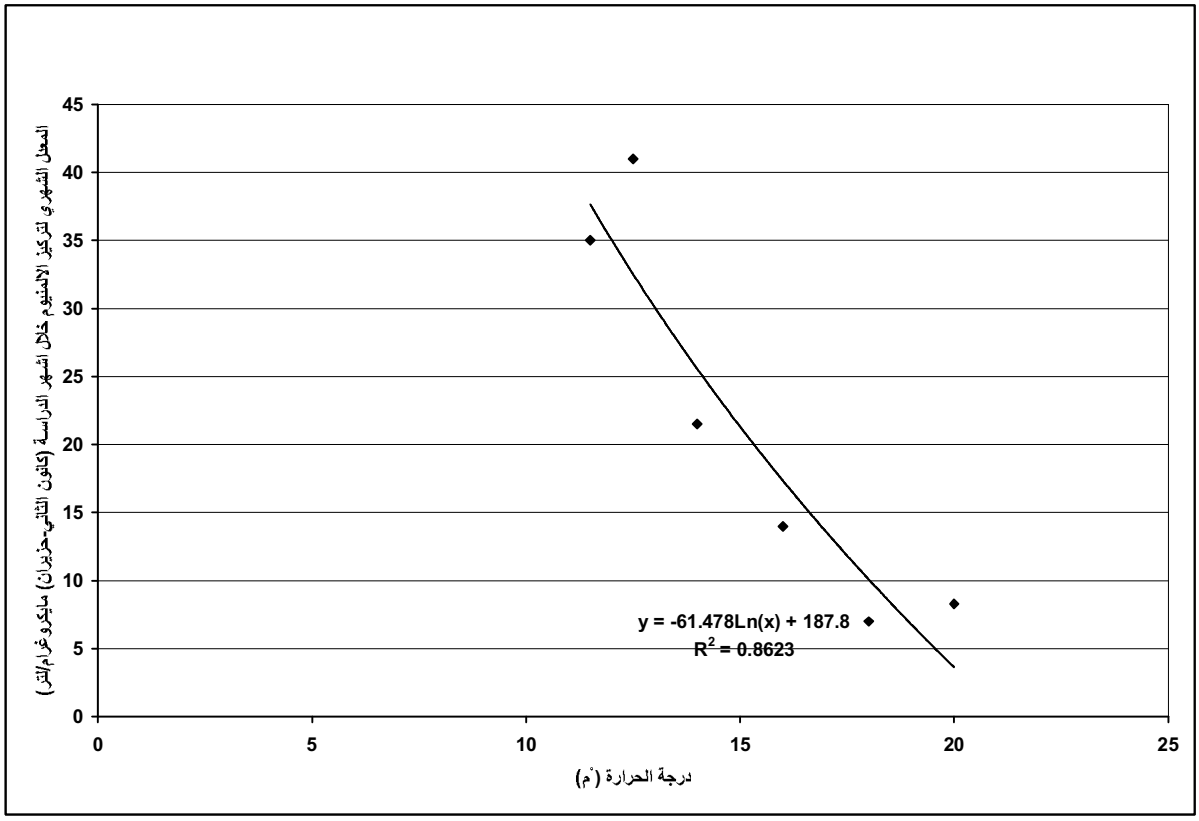
.



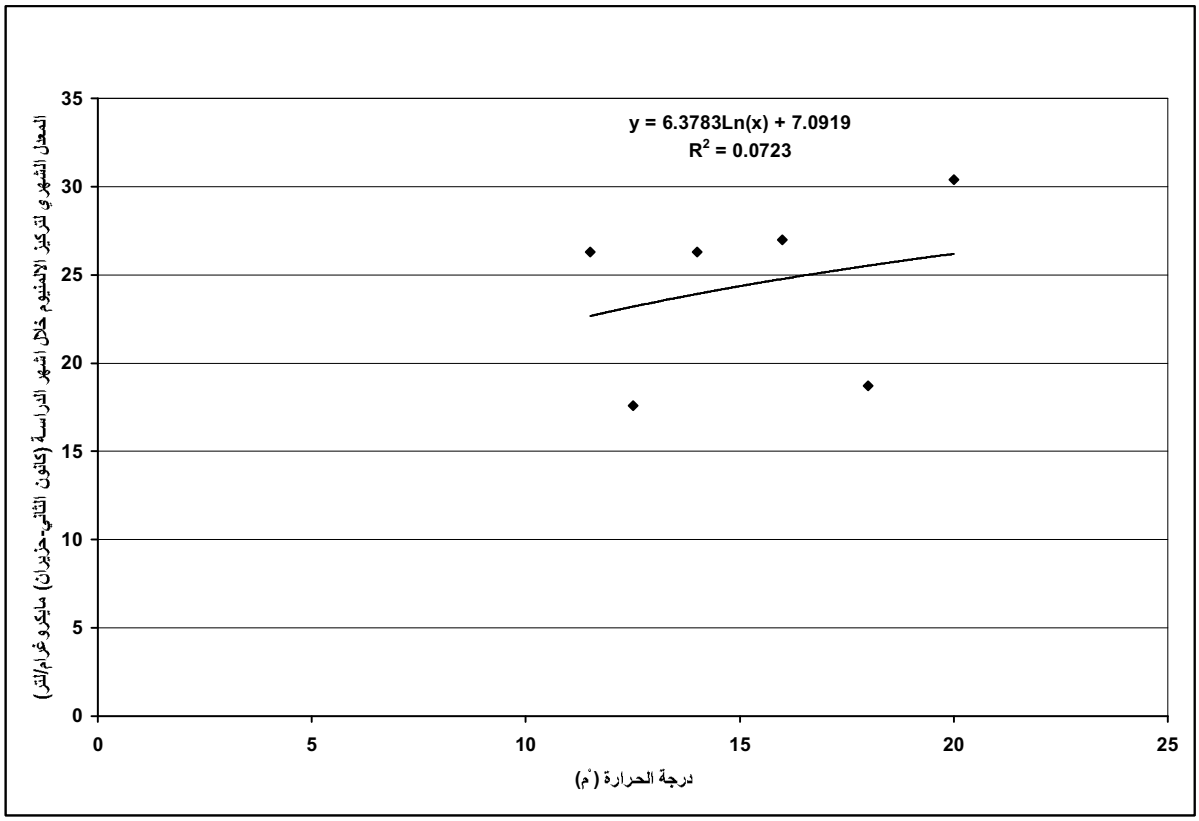
الشكل (6): تأثير درجة الحرارة على المعدل الشهري لتركيز الالمنيوم في محطة (A).



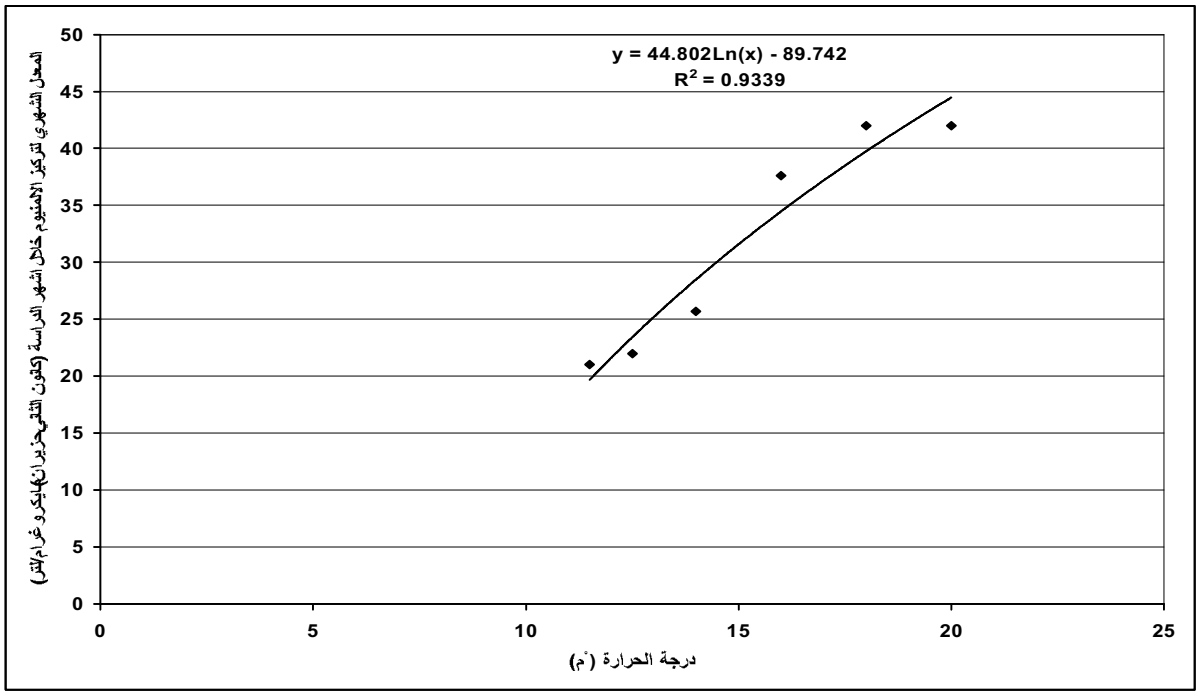
الشكل (7): تأثير درجة الحرارة على المعدل الشهري لتركيز الالمنيوم في محطة (B).



الشكل (8): تأثير درجة الحرارة على المعدل الشهري لتركيز الالمنيوم في محطة (C).



الشكل (9): تأثير درجة الحرارة على المعدل الشهري لتركيز الالمنيوم في محطة (D).



الشكل (10): تأثير درجة الحرارة على المعدل الشهري لتركيز الألمنيوم في محطة خواجة خليل.

له [25] إذ وجد أن ذوبانية الألمنيوم تزداد بزيادة الأس الهيدروجيني فوق (6) حيث يتواجد بالجذر $Al(OH)_4^-$ ، لذلك قد يُلجأ إلى إضافة حامض H_2SO_4 في المحطة لخفض الـ pH بهدف تقليل تركيز الألمنيوم في الماء المرشح (أي السيطرة على الالمنيوم المذاب أو الراسب بالتحكم بمدى ذوبانية الالمنيوم من خلال الاس الهيدروجيني). تجدر الإشارة إلى إن المياه في نهر دجلة غالباً ما تكون قاعدية (المعدل السنوي للأس الهيدروجيني حسب هذه الدراسة 7.84 أما الانحراف القياسي = 0.104) للسنة الماضية.

ثالثا : مستوى الألمنيوم في ماء الشبكة:

تم اختيار نقاط عشوائية لأماكن مختلفة من المناطق السكنية لتقدير تركيز الألمنيوم في مياه الإسالة ومدى تأثير الشبكة على مستوى الألمنيوم فيها، وقد لوحظ في معظم الحالات ان تركيز الألمنيوم مقارب جداً لتركيز الألمنيوم في مياه المحطة التي تغذي تلك المنطقة وذلك يدل على عدم تأثير الشبكة على تركيز الألمنيوم (الجدول (3) يبين معدل فرق تركيز الالمنيوم لقراءات مختارة عشوائياً في بعض مناطق الشبكة عن تركيزه في الماء المنتج من المشروع المغذي لهذه المناطق). وقد لوحظت حالة مميزة بارتفاع تركيز الألمنيوم في احد أحواض الخزن (في قضاء تلكيف والذي يستلم من محطة الايسر الجديد B) عن ما موجود في المحطة، وقد عُزي ذلك إلى ان الأنابيب او الخزانات التي تكون جديدة ومبطنة بمونة الاسمنت تسبب تزايداً في تركيز الألمنيوم (يسبب ذوبان بعض مواد التبطين) في ماء الشبكة أو الحوض. وهذا ما بينهُ [26] و[27]. ولكن بمرور الوقت ينعدم هذا التأثير للأنابيب والخزانات المبطنة بمونة الاسمنت.

الجدول (3): معدل الفرق بين تركيز الالمنيوم في ماء الشبكة عنه في الماء المنتج من المشروع لقراءات عشوائية في بعض المناطق.

المنطقة	المشروع	عدد العينات (اخذت في أشهر شباط–آذار–نيسان)	معدل الفارق بين تركيز الالمنيوم في الشبكة عن المشروع(ppb)
حي الزهور	B	3	–
الدواسة	A	4	–
تلكيف	B	3	+2
حي العربي	C	4	–

الاستنتاجات

1- يتواجد الألمنيوم في مياه نهر دجلة بتراكيز اقل من الحدود التي سمحت بها المنظمات العالمية (50 ppb).
2- قد يتواجد الألمنيوم في مياه الشرب في مدينة الموصل بتراكيز مقلقة (حتى وإن كانت ضمن المواصفات) حين استعمال الشب وعدم السيطرة على تزايد تركيز الألمنيوم في الماء الناتج.
3- لم توجد علاقات واضحة للألمنيوم بالمؤشرات الأخرى في مياه المحطات المدروسة بسبب عدم انتظام إضافة الشب فيها.

التوصيات

1- السيطرة على عملية إضافة الشب ونتاجاتها من خلال التحكم بال pH لتقليل الألمنيوم المتبقي في الماء المرشح.
2- التفكير باستخدام مخثرات بديلة عن الشب للتخلص من المحاذير الصحية للألمنيوم.
3- اجراء مزيد من الدراسات حول الموضوع وبالذات في المدن التي تستمر باضافة الشب طوال السنة (ككثير من مشاريع الاسالة في مدينة بغداد).

المصادر

1- Association of California Water Agencies ACWA (2000) "Review of the Proposed Public Health Goal for Aluminum in Drinking water" Sacramento , CA.
2- Peterson, H. (2005). (Aluminum Facts & Information)(Saskatchewan Research Council, Saskatoon) . Pure Water Products, LLC . Denton , TX. http://www.pwgazette.com/.
3- Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR(2006) . (Fact Sheet about Aluminum) . Division of Toxicology and Environmental Medicine ToxFAQsTM. Internet address is http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html.
4- Health Protection Branch of Health Canada " Aluminum in Drinking Water and Human Health". Health Canada/Santé Canada, Publications, Ottawa, Ontario, K1A 0K9, http://www.esemag.com/0197/facts.html.
5- USEPA (1991). National Secondary Drinking Water Regulations; Final Rule. Fed. Reg., 56:20:3526 (Jan. 30, 1991).
6- USEPA (1998). Announcement of the Drinking Water Contaminant Candidate List. Notice. Fed. Reg., 63:40:10274-10287 (March 2, 1998).
7- Health Canada (1998). “Aluminum” Guidelines for Drinking Water Quality, (Nov.1998).
8- WHO (1996). Guidelines for drinking-water quality. Second Edition. Geneva (1996).
9- WHO (1998). Guidelines for drinking-water quality. Second Edition. Addendum to Volume 2. Geneva.
10- Klatzo, I., Wismiewsky, H., and Streicher, E. (1965). " experimental production neorofibrillary degeneration" Jour of Neuropathology Experimental Neurology. Vol 24. (1), pp187-199. (cited in reference 1).
11- Krapper, D. R., Krishnan, S.S., and Dalton, A.J. (1973). "Brain Aluminum in Alzheimers disease and experimental neorofibrillary degeneration" Science, vol 180. pp 511-513.
12- Platts, M. M., Goode, C. C., and Hislop, J. S. (1977). "composition of domestic water supply and the incidence of fractures and encephalopathy in patients on home dialyses." British Medical Journal. Vol.2 (6078). (cited in reference 1).
13- Srinivasan, P. T and. Viraraghavan T. (2004). " Influence of Natural Organic Matter (NOM) on the Speciation of Aluminum during Water Treatment." Jour. Of Water , Air and Soil Pollution . Vol. 153. pp. 35-45.

14- Driscoll, C.T. and Letterman, R.D. (2006). "Factors regulating residual aluminium concentrations in treated waters." Environmetrics, 3: pp287–309. Copyright © 2008 John Wiley & Sons, Ltd.
15- Cech, I., & Montera J, (2000) " Spatial variation in total aluminum concentration in drinking water supplies studied by geographic Information system (GIS) Methods ". Water Research, Vol. 34, Issue 10 pp 2703-2712. (Inter Net).
16- Chow, C.W.K. , Thomas, S.D., Davey, E.D., Mulcahy, D.E. & Drikas, M., (2003) " Development of an on – line electrochemical analyzer for trace level Aluminum " Analytical Chimica Acta. Vol. 499, Issue 1-2. pp 173-181 (Inter Net).
17- Miller, R.G., Kopfler, F.C., Kelty, K.C., Stober, J.A. and Ulmer, N.S. (1984). "The occurrence of aluminum in drinking water". J. Am. Water Works Assoc., 76(1) pp 84-91.
18- Hill, R.J. and Hill, M. (1989). "An exposure assessment of the health hazards associated with the intake of aluminium." Part II of a report on the effects of aluminium on human health. Prepared for the Department of Health and Welfare, Ottawa.
19- Driscoll, C.T, and Letterman R.D, (1988) " Chemistry and Fate of Al(III) in Treated Drinking Water ". Jour. Of Environmental Engg. Div., *ASCE*. Vol. 114 , No. 1. pp21-37.
20- APHA, AWWA, WEF. (2005). "Standard Methods for the Examination of water and wastewater", 21st ed. Washington, D.C., USA.
21- Schecher, W.D.,& Driscoll, C.T. (1987). " An evaluation of uncertainty associated with Al Equilibrium Calculations " Water Resources Research., 23(4), pp 525-534.
22- Van Benschoten, J.E, Jensen, J.N., and Rahman, Md.A., (1994) " Effects of Temperature and pH on Residual Aluminum in Alkaline – Treated Waters" Jour. Of Envir. Engg. Vol. 120 No. 3, pp 543-559.
23- Jones, K.C. and Bennett, B.G.(1986). "Exposure of man to environmental aluminum — an exposure commitment assessment." Sci. Total Environ., vol. 52: pp 65–82 .
24- Edwards, M. & Krech, S. (2002). " Controls Solubility on Aluminum in drinking water at relatively low and high pH." Water Research Vol. 36, Issue 17, pp 4356-4368 (Inter Net).
25- Cohen, J.M., and Hannah, S.A. (1971). " Coagulation & Flocculation " Water Quality and Treatment, 3rd Ed., McGraw-Hill, New York, N,Y., 66-122.
26- Costello, J.J. (1984) " Post precipitation in distribution system " Jour. Of Am. Water Work Assoc., 76(11), 46-49.
27- Berend, K. and T. Trouwborst. 1999. "Cement–mortar Pipes as a Source of Aluminum." Journal AWWA, 91(7):91-100.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل