

# قياس الكدرة لتقييم كفاءة الشب المستخدم في محطات تصفية مياه شرب محافظة بابل

إسراء سعدي عبد الامير سماكة

جامعة بابل – كلية الهندسة

## الخلاصة

تم تحديد ستة عشر محطة تصفية مياه شرب واقعة ضمن الحدود الادارية لمحافظة بابل وتمت دراسة وتحليل النتائج لها بالنسبة للماء الخام والماء بعد استخدام الشب للفترة من كانون الثاني الى آيار للعام ٢٠٠٥ لتقييم كفاءة الشب المستخدم في عملية التخثير من خلال فحص خاصية الكدرة (Turbidity) للماء الخام والكدرة المتبقية بعد التخثير كمقياس للكفاءة.

وتم توضيح التباينات لقيم الكدرة للماء الخام والماء بعد استخدام الشب لكل محطة خلال فترة الدراسة. وتبين ان عملية المعالجة (التخثير) بالشب قد تسببت في خفض تراكيز الكدرة لمعظم المحطات ماعدا بعض المحطات (المحطة رقم ٢، ٥، ١٢، ١٣) قد ارتفعت قيمة الكدرة بعد استخدام الشب عما هي عليه في الماء الخام، وهذه الحالة هي عكس ما يتوقع، ويعود تفسير هذه الحالة الى الفهم الخاطيء من قبل الكوادر العاملة في محطات المعالجة سبباً في زيادة تراكيز الشب المستخدم لخفض الكدرة الموجودة في المياه، مما سبب في انخفاض كفاءة الازالة.

تمت معاملة النتائج احصائياً ولكل محطة من محطات الدراسة ورسم خط الانتشار ثم ايجاد النموذج الرياضي المتحكم بالتنبؤ عن الكدرة بعد استخدام الشب كمتغير معتمد وكدرة الماء الخام كمتغير مستقل، وكان هناك ترابطاً معنوياً عالياً (R) لكل موديل محطة والتي لم يسيء فيها استخدام الشب عن الحد الطبيعي، كما ثبت احصائياً بان درجة ميل خط الانتشار تعكس كفاءة الازالة للشب وتكون العلاقة طردية.

## Abstract

Sixteen water treatment plants located at different sites in Babylon Governorate were studied. The results related with raw water and water treated by using alum were studied and analyzed for the period from January to May, 2005 to evaluate the efficiency of alum used in coagulation-process by use the test of turbidity of raw water and residual turbidity after this process as an indicator of efficiency.

The variations of turbidity of raw water and treated water were explained for each plant through the study period. The residual turbidity concentrations reduced after using alum for most plants except (plant no. 2, 5, 12, 13), when residual turbidity concentrations after using alum were greater than of raw water. This is due to weak knowledge of workers in treatment plants when they increased the alum dose to reduce the water turbidity, so that, the efficiency was dropped.

The results of each plant analyzed by using the regression technique and the predicted mathematical model was found to predict the turbidity after using alum as dependent variable, and the raw water turbidity as independent variable.

There was a high significant correlation coefficient (R) for each plant model in which the using of alum was good and not greater than the normal limit.

Statistically, the degree of the regression line slope reflects the removal efficiency of alum and the relationship is positive.

## المقدمة

ان الماء عصب الحياة للإنسان، لذلك بدأ الاهتمام بنوعية الماء منذ اكثر من خمسة آلاف سنة، واقتصر هذا الاهتمام على لون المياه وطعمها ورائحتها، ولهذا فقد استخدمت وبشكل محدود بعض عمليات المعالجة وخلال فترات تاريخية متباعدة (مثل الغليان والترشيح والترسيب واستخدام الاملاح مثل الشب). ان غالبية الدول العربية لا تمتلك وحدات معالجة متقدمة، لذا فهي تعتمد بشكل رئيسي على وحدات المعالجة التقليدية، والتي تقود الى التخلص من ثلاثة انواع من الشوائب: المواد العالقة، المواد العضوية، والاحياء المجهرية والمسببات المرضية الاخرى (Al-Rawi and Hassan, 1997).

ان التخثير هي واحدة من اهم العمليات الضرورية لمعالجة الماء، وهي اساسية في كل انظمة المعالجة المتبعة، لانها تزيل المواد المسببة للكدر (الجسيمات الغروانية، حبيبات الطين، العضويات، البكتيريا، والطحالب) واللون من المياه السطحية، والتي تنتج من تحلل المخلفات الصناعية او الزراعية. ان الطعم والرائحة المتسببان عن الطحالب، تحلل العضويات، او الملوثات من مياه الفضلات، تتم ازالتهن بواسطة التخثير (Viessman and Hammer, 1985).

ان الاستخدام التجاري الواسع لاملاح الالمنيوم بدأ منذ بدايات القرن العشرين، عندما بدأ الشب يستخدم كمخثر لازالة اللون والكدر (Berberich, 1998).

هناك دراسات عديدة حول تقييم عمل محطات تصفية مياه الشرب في العراق عموماً ولمحافظة بابل خصوصاً، حيث درس (Al-Tufaily, 1999) كفاءة احواض الترسيب والترشيح لعدد من محطات التصفية لمحافظة النجف، حيث اكد في دراسته على ازالة الكدر كخاصية من خواص الماء الاخرى. ودرس (Muhammed, 1988) تأثير نوعية ماء دجلة على كفاءة محطات معالجة المياه لمحافظة نينوى وكانت الكدر واحدة من اهم الخصائص المؤثرة للكفاءة.

بشكل عام فان خصائص ومميزات نوعية الماء والتي تكون خاصية الكدر جزءاً مهماً منها قد درست لمواقع وفترات مختلفة وتم تحليل هذه الخصائص بتطبيق مختلف الموديلات الاحصائية لغرض اعداد المقارنات بين البيانات والمعايير المسموح بها ومن هؤلاء الباحثين (Al-Masri, 1986) لمدينة بغداد، و (Ahmed and Wais, 1980) لمدينة الموصل، وقام (Jalut, 1998) بتقييم محطات تصفية محطات الشرب لمحافظة بابل حيث تضمنت العكارة كأحدى مؤشرات التقييم. ان الدراسة الحالية تهدف الى:

١- تقييم كفاءة الاداء للشب المستخدم كمخثر في عملية التخثير في محطات معالجة مياه الشرب لمحافظة بابل للفترة من كانون الثاني الى آيار - ٢٠٠٥. حيث تم اعتماد ستة عشر محطة موزعة على عموم المحافظة، وتم فحص خاصية الكدر (Turbidity) كمؤشر لتحديد قدرة الشب على ازالة الكدر القادمة مع الماء الخام من المياه السطحية لنهر الفرات، والتي تعطي فكرة عن نوعية المياه الخام عند المأخذ، والتغيرات التي تحصل على مياه نهر الفرات خلال فترة الدراسة.

٢- معاملة النتائج التحليلية لنماذج الماء الخام والماء بعد استخدام الشب احصائياً ولكل محطة باستخدام معادلة الانحدار الخطي البسيط بغية الحصول على افضل معادلة (موديل رياضي) يربط بين تلك المعطيات للتعرف على كفاءة الشب لازالة العكارة لاي معطيات مستقبلاً ولاي محطة.

٣- اعطاء فكرة ضرورية عن طبيعة عملية المعالجة التي يتم فيها استخدام المواد المخثرة لتكون قاعدة يمكن من خلالها تجنب الكثير من المشاكل التي يمكن ان تحصل في محطة المعالجة. ومن ثم الوصول الى ادارة فنية وعلمية عالية وذلك للارتقاء بمستوى هذه المياه الى الحد المرغوب ولتحسين نوعيتها لتتطابق بدرجة اكبر جميع المواصفات

والحدود الموضوعية للمواد الموجودة داخل هذه المياه.  
وتبين ان الشب ذو كفاءة في اغلب المحطات، ماعدا بعض المحطات التي حصل فيها سوء الاستخدام والفهم لجرع الشب المضافة اثناء عملية التخثير.

### نظرية التخثير

قبل البدء بالحديث عن ازالة الكدرة خلال عملية التخثير / التليد، لابد من تعريف الكدرة بأنها تقليل او انخفاض في شفافية المحلول والتي تعزى الى وجود مواد عالقة او ذائبة والتي تسبب تشتت الضوء الساقط وانعكاسه او اضعافه بدلاً من نفوذه بشكل خطوط مستقيمة، وكلما كانت شدة تشتت واضعاف الضوء كبيرة كلما كانت الكدرة عالية (Peavy and Rowe, 1986).

ان الخصائص الفيزيائية ومميزات الدقائق العالقة(الجسيمات) في الماء الخام يمكن ان تصنف الى ثلاثة اصناف اعتماداً الى اصلها (EPAGMTP, 1999):

1. المواد الغير العضوية مثل الرمل والمعادن.
  2. المادة العضوية الميتة او الحية.
  3. المواد الحيوية (احيائية) وتشمل الطحالب، الفيروسات والبكتريا.
- ان الجسيمات الغروية لأتحدد باي مجموعة محددة من المواد ولكن تعرف بواسطة الحجم. ان مجال الحجم لهذه الغروانيات بشكل عام يُدرج ليشمل من (1nm) الى (1µm) والبعض يرى ان هذا المجال ممكن ان يمتد ليشمل الحجم ((10µm)).

### اختيار المخثر

تدخل وحدات المعالجة التقليدية (التخثير / التليد) ضمن وحدات المعالجة المتقدمة باعتبارها وحدات اساسية والتي تعتمد على استخدام مواد كيميائية لاحداث نوع من الانقلاب داخل النموذج. واكثر المواد الكيميائية استخداماً هي املاح الالمنيوم والحديد، وجاء التركيز في هذه الدراسة على املاح الالمنيوم لكونها الاكثر استخداماً في محطات تصفية مياه الشرب لمحافظة بابل وعموم القطر، وبسبب تقارب حدود الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه الطبيعية للحدود المثلى لتفاعل هذا المعدن. فضلاً عن ان ميكانيكية هذا المعدن مشابهة لمعدن الحديد.

### الشب (كبريتات الالمنيوم)

استخدم الشب كمخثر لمعالجة المياه منذ عصر الرومان، ومازال يستخدم لحد الآن وبكميات كبيرة. حيث تستخدم كبريتات الالمنيوم  $Al_2(SO_4)_3 \cdot XH_2O$  والمعروفة باسم الشب حيث تكون (X) مساوية الى (14) على نطاق واسع في جميع انحاء العالم (Al-Rawi and Hassan, 1997).

ان الشب يمثل الاولوية بالنسبة للمخثرات وذلك يعزى الى: فعالية الشب في ازالة الاستقرارية للغروانيات ذات الشحنات السالبة السائدة الموجودة في المياه، كلفته منخفضة نسبياً، يذوب ببطئ في مجال لـ (pH) الطبيعي. كذلك عند استخدامه تكون تراكيز الايونات المعدنية المتبقية واطئة، والذي يعتبر هذا العمل مهماً لانتاج الماء الصالح للشرب، متوفر وسهل المداولة والتطبيق، ويخلف خبث اقل من (lime). (Berberich , 1998; Ebeling *et al.*, 2003).

لذلك يعتبر الشب المادة التي تجعل الماء اكثر مستساغاً وذلك بالترويق وازالة الكثير من الشوائب ذات التأثير على نوعيته.

## كيمائية التخثير

قبل الشروع في توضيح كيمائية التخثير لا بد من اعطاء صورة بسيطة عن الاجسام التي يتم التعامل معها.  
ان الفة الاجسام هي ميزة مهمة جداً وتقسّم الى قطاعين (Al-Rawi and Hassan, 1997):

الاول: كارهة للماء (Hydrophobic) مثل المواد اللاعضوية كالطين.

الثاني: محب للماء (Hydrophilic) مثل المواد العضوية كالبروتينات وغيرها.

ان النوع الاول لايمكك الفة للماء ولها صفة الاستقرار (الثبوتية) ولكنها اقل ثباتاً من النوع الثاني وتأتي هذه الصفة نتيجة لحصول ظاهرة امتلاك الشحنة الكهربائية (Electrical Charge) والناجمة بسبب امتزاز طبقة من الايونات على سطوحها، او التأين الحاصل بسبب تغير بعض خصائص وسط التشتت. وتكون هذه الاجسام مبنلة بالماء ايضاً. ولكن ليست محاطة بطبقات من جزيئات الماء كما هو الحال في المحبة للماء. لذلك وبسبب امتلاك الشحنات المتشابهة سوف تخلق حالة التنافر بين هذه الجسيمات. ان هذه الشحنات ترفع من القدرة الامتزازية المفضلة للايونات من النوع الواحد كما ترفع من التركيب الكيمائي لسطح الجسيمات نفسها (Al-Layle et al., 1980; Al-Rawi and Hassan, 1997).

اما النوع الثاني فتمتلك الفة مميزة للماء والتي تعمل على جزيئات كبيرة من الماء على سطوحها وتسمى هذه الظاهرة (التميو) وهي سبب استقراريتها. في مثل هذه الحالة تكون هذه الجزيئات على شكل طبقة او اكثر محيطة بسطح هذه الجسيمات تعمل على عزلها عن الالكتروليتات المضافة الى الوسط المتشتت لتحقيق الاستقرارية، يعني ذلك انها امتكك صفة بقائها مستقرة بسبب الاحاطة بالماء.

اضافة الى هذه الخاصية تمتكك هذه الاجسام شحنة كهربائية ايضاً والتي تشارك في هذه الثبوتية (Al-Rawi and Hassan, 1997).

بشكل عام عندما تكون الغروانيات المنتشرة في الماء مشحونة بشحنات متشابهة فان هذا العالق سيكون ثابت (مستقر) بسبب قوى التنافر الطبيعية بين الشحنات والتي تمنع الجسيمات من ان تتجمع وتبقى بوضعها الانفصالي المستقر. تحت تأثير الحركة البراونية وقوى Vander waals للتجاذب.

يتكون عندئذ جهد عند الحاجز او المنطقة بين الجسيمات الصلبة يسمى جهد زيتا (Zeta Potential) ويرتبط مع شحنة الجزيئات وثن الطبقة المزدوجة. لذلك تهدف عملية التخثير الفعالة الى تخفيض جهد زيتا والذي يتراوح بين (10-200mV) الى (0.5 mV) لنقطة التعادل وهي نقطة تساوي الجهد الكهربائي (Fair et al., 1968).

تأتي الشحنة الموجودة على سطوح النوعين من هذه الاجسام من عدة مصادر منها: (Al-Rawi and Hassan, 1997)

أ. نقص حاصل في التركيب الشبكي. ب- التفضيل في امتزاز بعض الايونات. ج- التفاعلات الكيمائية التي تحصل على سطح الجسم.

ان التخثير هي عملية تكيف الجسيمات العالقة لتشجيعها على التجمع وتكون حبيبات اكبر حجماً ليتم ازالتها بسهولة خلال عمليات المعالجة المتعاقبة الاخرى (EPAGMTP, 1999). والتي خلالها ستقل او تتعادل الشحنة الكهربائية المحمولة على الحبيبات العالقة او تقليل جهد زيتا (Zeta potential). ان الشحنات الكهربائية المتشابهة على الحبيبات الصغيرة في الماء تحقق حالة التنافر، الامر الذي يجعل الغروانيات الصغيرة محتفظة بصفة الاستقرارية كعوالق. لذلك ستكون عملية التخثير/ التلييد بمعادلة او تقليل الشحنة السالبة على الحبيبات.

ان هذا سيسمح لقوة التجاذب (Van der Waals) بتشجيع التجمع الاولي للغروانيات والمواد العالقة الناعمة لتكوين اللبادات الدقيقة (Ebeling et al., 2003).

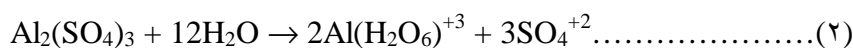
في حالات كثيرة تمتاز المواد العضوية الذائبة على سطوح الحبيبات العالقة فتكون بذلك عملية التخثير فعالة في ازالة هذه المواد (AWWA and ASCE, 1990).  
تأتي عملية التليد لتكمل عمل التخثير حيث انها عملية تقتصر على جلب اللبادات الدقيقة لتقرب من بعضها في آلية المزج البطيء لتشكيل تجمعات اكبر منها حجماً.  
عند اضافة الشب الى الماء وبعد تهيئة القاعدية لان الشب مادة حامضية تحتاج الى وسط قاعدي للتفاعل وسيحدث التفاعل الاتي:



ان هيدروكسيد الالمنيوم هو مادة غير ذائبة وهي مادة جيلاتينية تترسب ببطء خلال الماء ومنذ نزولها ستجرف معها المواد العالقة. ان القاعدية مطلوبة في وسط التفاعل وبحسب تهيئتها باضافة بمعدل 0.45 mg/l على هيئة كربونات الكالسيوم (CaCO<sub>3</sub>) لكل 1mg/L شب (Idan, 2002; Ebeling *et al.*, 2003).  
ان كيميائية ايون الالمنيوم معقدة ويمتاز هذا الايون بإمكانية تفاعله مع ايونات سالبة مختلفة، مثل ايون الهيدروكسيد (OH<sup>-</sup>) والكبريتات (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) والفوسفات (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) مؤدياً الى تكوين نواتج ذائبة او غير ذائبة. هذه النواتج تؤثر على كمية الجرعة المطلوبة للوصول الى المستوى المطلوب من حالة الاستقرارية للجسام المسببة للكدر.  
عند اضافة الشب الى الماء ستحصل التفاعلات الكيميائية التالية (Dentel, 1991; Al-Rawi and Hassan, 1997):

#### أ. الذوبان (ذوبان الشب) (التميو)

يتمياً ايون الالمنيوم وذلك باحاطة بستة جزيئات ماء لحظة اذابة املاح الالمنيوم في الماء مكوناً ايون المعدن المائي والذي يرمز له كيميائياً  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$  كما في المعادلة (2).  
تميل عندئذ كثافة الالكترونات باتجاه ذرة المعدن نفسه مسببة بذلك ضعف في الأصرة بين ذرة الاوكسجين وذرتي الهيدروجين.

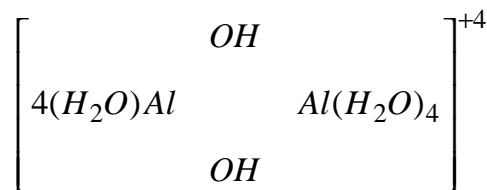


#### ب. التحلل المائي

بعد ذوبان كبريتات الالمنيوم فان أي تغير حاصل في قيمة الرقم الهيدروجيني او في كمية المختر المضاف، سينتج عنه عملية التحلل المائي (مغادرة لايون او اكثر من ايونات الهيدروجين) مكونة بذلك مركبات كيميائية غير متبلرة.

#### ج. البلمرة

تتحد نواتج التحلل المائي الاحادي غير المتبلرة لتكوين مجموعة من المركبات المتعددة النويات التي تحتوي على ايونين او اكثر من ايون الالمنيوم.



وهناك اشكال كثيرة لهذا النوع من التبلر مثل :



## إزالة الثبوتية (الاستقرارية) للغروانيات المنتشرة

ان الهدف الاساس لعملية التخثير هو ازالة الاستقرارية للغروانيات لتشجيعها على التجميع لتترسب بتأثير وزنها، ولتحقيق ازالة الاستقرارية وتجميع الحبيبات الغروانية لأبد من تقليل مدة التناثر (يعني ذلك ان الحبيبات يجب ان تفقد استقراريته)، و انتقال او حركة الحبيبات وذلك يتحقق عند حصول التجاذب بين الحبيبات الفاقدة للاستقرارية (Stumm and O'Melia, 1968).

## ميكانيكيات إزالة الاستقرارية

ان ميكانيكيات ازالة الاستقرارية تشمل (AL-Rawi and Hassn,1997; Idan, 2002) :

### أ - انضغاط الطبقة الكهربائية المزدوجة

يحصل خفض جهد زيتا نتيجة لتقليل سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة ، ويتم هذا عن طريق زيادة تركيز الايون في المحلول. ان اضافة ايون احادي التكافؤ مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) يعمل على تحقيق ميكانيكية التخثير بواسطة هذه النظرية، وكذلك يلاحظ بانه كلما ازداد تكافؤ الايون كلما حقق التخثير بقوة اكبر. واكدت الكثير من الدراسات ان هذه الميكانيكية تحصل عندما تكون قيمة الرقم الهيدروجيني اقل من (4). عندما سيكون ايون الالمنيوم المائي ونتيجة لتحقيق هذه الميكانيكية.

### ب - التجاذب الكهربائي

بالاضافة الى عملية انضغاط الطبقة الكهربائية المزدوجة، فان فقدان الاستقرارية للجسيمات الغروية، يحصل نتيجة لاختلاف نوع الشحنات الكهربائية التي تحملها سطوح هذه الجسيمات. ان نوع الشحنة على سطح الجسم الغروي تعتمد على قيمة الرقم الهيدروجيني، وقد تكون هذه الشحنة سالبة او موجبة. وعلى هذا الاساس فان الرقم الهيدروجيني ، الذي عنده تكون الشحنة مساوية للصفر على سطح الجسم الغروي، يعرف بنقطة تساوي الجهد الكهربائي (Isoelectric point). وعند تجاوز هذه القيمة تكون الشحنة سالبة، اما اذا انخفضت القيمة ستكون الشحنة موجبة على سطح الجسم الغروي، في حين ان تقليل الجهد الكهربائي على سطح الجسم الغروي، اما بتغيير قيمة الرقم الهيدروجيني او اضافة ايونات معينة مخالفة في الشحنة قابلة للامتزاز على سطوح الاجسام الغروية ستكون قادرة على معادلة الشحنة (Charge neutralization) الموجودة على هذه السطوح .

وهذه الميكانيكية تحصل عندما يكون (pH=4-6)، اذ تتكون في بداية هذا المدى هيدروكسيدات الالمنيوم المتبلر، ومع ارتفاع قيمة الرقم الهيدروجيني ستتكون هيدروكسيدات الالمنيوم الاحادية، والفرق بين هذه الميكانيكية والتي تسبقها انه في الحالة الاولى لايمكن قلب قيمة جهد زيتا من السالب الى الموجب في حالة زيادة تركيز الايون الموجب . بينما في الحالة الثانية فهو ممكن، وقد يؤدي الى تكوين نوع آخر من الغرويات التي تحمل شحنة موجبة.

### ج - الربط المتقاطع لجزيئات البوليمر

ان السلاسل الطويلة للبوليمرات والتي تحمل شحنة سالبة تستطيع ان تكون جسوراً بين الجسيمات. وتكون هذه الميكانيكية فعالة بالنسبة للغرويات الحيوية، التي تحمل نفس الشحنة على سطحها، اذ ان هذه السلاسل الطويلة والتي تحمل شحنات سالبة، تستطيع ان تكون جسوراً بين الجسيمات، ومن ثم تعمل على فقدان استقراريته وهذه الميكانيكية تكون فعالة للبكتريا والطحالب.

#### د - الاضطراب

تحصل هذه الميكانيكية، في حالة استخدام كميات كبيرة من الشب. ان فقدان الجسيمات الغروية استقراريتها، يحصل عندما يكون تركيز الالمنيوم قد تجاوز حد الاشباع ( $1.2 \times 10^{-4}$ ), وعندما تكون قيمة الرقم الهيدروجيني محصورة بين (6-8)، حيث ان الجسيمات الصغيرة سيصطادها هيدروكسيد المعدن غير المتبلور، والذي هو عبارة عن مادة جيلاتينية بيضاء اللون له قابلية كبيرة على تحقيق عملية الازالة وخفض الكدرة. وقد يحصل ان تكون هذه الجسيمات الصغيرة نويات لهذه المواد المترسبة مؤدية الى تكوين لبادات ذات حجم كبير وبالتالي كسح (Sweep) الاجسام الاخرى.

#### النمذجة الحقلية وجمع البيانات

تم اختيار ستة عشر محطة واقعة ضمن الحدود الادارية لمحافظة بابل وكما موضحة في الشكل رقم (1).



شكل رقم (1): خارطة مدينة الحلة موزعة عليها محطات الدراسة .

تم إجراء الفحص المتعلق بخاصية الكدرة لكل محطة شهرياً ولمدة خمسة اشهر وللفترة من كانون الثاني الى أيار للعام ٢٠٠٥. وشملت البيانات (الماء الخام قبل المعالجة بالشب والماء بعد اضافة الشب وانهاء عملية التخثير).

ان المحطات التي شملتها الدراسة وارقامها حسب ورودها في البحث هي: مجمع ماء القاسم القديم(١)، مجمع ماء القاسم الجديد(٢)، مشروع ماء الحلة القديم(٣)، مشروع ماء الحلة الجديد(٤)، مشروع ماء الطيارة القديم(٥)، مجمع ماء النيل الجديد(٦)، مشروع ماء المحاويل الجديد(٧)، مشروع ماء السدة(٨)، مجمع ماء عوفي القديم(٩)، مجمع ماء الكفل الجديد(١٠)، مشروع ماء الهاشمية(١١)، مشروع ماء المدحتية(١٢)، مجمع ماء العتايج(١٣)، مشروع ماء الحصين(١٤)، (مجمع ماء الامير -١-)(١٥)، (مجمع ماء الامير -٢-)(١٦).

## النتائج والمناقشة

تم اعتماد الجانب الإحصائي في تحليل ومناقشة النتائج التي تم الوصول إليها، حيث تم ادراج المعالم الاحصائية المهمة لكدر الماء الخام والماء بعد استخدام الشب. لستة عشرة محطة تم اعتمادها في البحث وبواقع خمسة قراءات في الشهر لكل محطة وعلى مدى خمسة اشهر من خلال الجدول رقم (1).

**جدول (1): الوصف الاحصائي لعكارة الماء الخام والماء بعد استخدام الشب لمحطات الدراسة.**

التباين Variance	الانحراف المعياري Std. Deviation	المعدل Mean	القيمة القصى Max.	القيمة الدنيا Min.	المدى Range	نوع النموذج
٢٥.٨٩٧	٥.٠٨٨٩٢	١٠.١٩٣ ٧	٣٠.٠٠	٣.٠٠	٢٧.٠٠	كدر الماء الخام (NTU)
١٩.٣٤٩	٤.٣٩٨٧٨	٧.٤٦٥٦	٣٠.٠٠	٣.٠٠	٢٧.٠٠	كدر الماء بعد استخدام الشب (NTU)

تم اعتماد فحص خاصية الكدر لتقييم كفاءة الشب المستخدم في محطات التصفية لماء الشرب لكونها اكثر العوامل تأثراً بالمعالجة وذلك من خلال المقارنة بين كدر الماء الخام قبل المعالجة والكدر المتبقية للماء بعد عملية التخثير باستخدام الشب ومن ثم الترسيب.

يوضح الجدول أعلاه المدى أي الفرق بين اقل قيمة واعلى قيمة حصلت عند المحطات ومعدل القراءات لجميع المحطات وانحراف كل قيمة عن وسطها الحسابي (Std. deviation) وتباين تلك القيم.

الاشكال من (٢) الى (١٧) توضح التباينات في قيم الكدر للماء الخام والماء بعد استخدام الشب للترسيب الكيميائي لكل محطة على انفراد، حيث يتضح ان اقل قيمة لكدر الماء الخام قد رصدت للمحطة رقم (٨) لشهر كانون الثاني واعلى قيمة للمحطة رقم (٤) لشهر آيار خلال فترة الدراسة. ان هذه القيم لكدر الماء الخام تعتبر واطئة اذا ما قورنت مع العكارة لنهر دجلة التي عادة ماتصل في بعض الحالات الى (400 NTU).

يلاحظ ان في بعض المحطات (المحطة رقم ١٣، ١٢، ٥، ٢) ترتفع قيمة الكدر للماء بعد استخدام الشب عما هي عليه في الماء الخام (قبل استخدام الشب)، وهذه الحالة هي عكس ما يتوقع، ويعود تفسير هذه الحالة الى ان زيادة تركيز الشب عن الجرعة الامثل التي يمكن الحصول عليها من فحص الجرة ستؤدي الى حصول آثار سلبية، بمعنى آخر حدوث انخفاض في كفاءة الازالة.

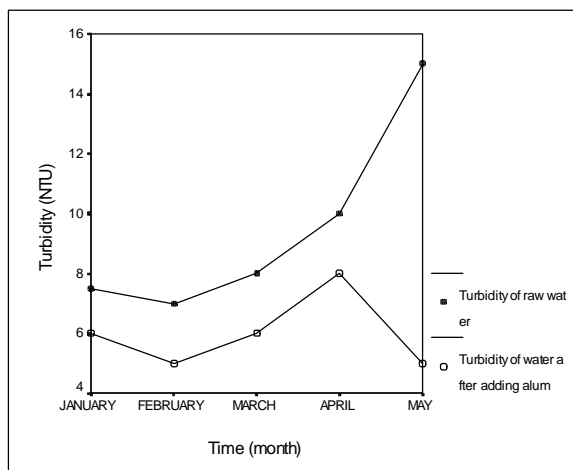
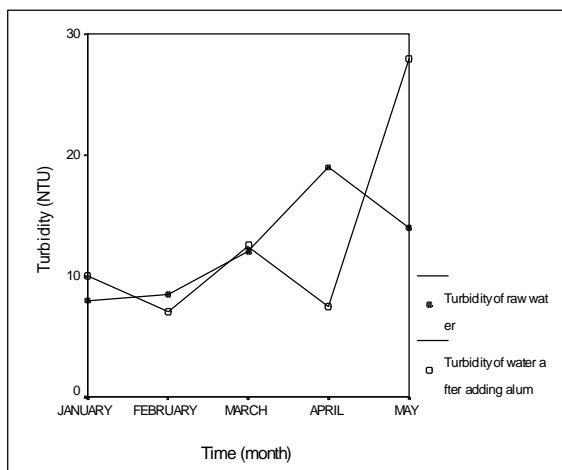
ان هذا الانخفاض حصل بسبب الزيادة في تركيز الالمنيوم المضاف الذي كان سبباً في تكوين غرويات ذات شحنة موجبة مما قاد الى توليد عكارة في النموذج مرة ثانية أي الرجوع الى منطقة اعادة الثبوتية.

يتبين ان هناك خطأ فادحاً يمكن ان ينتج عن الاستخدام السيء للشب في محطات المعالجة لتحقيق افضل ازالة في نظر الشخص المعالج، حيث انه ارتكب خطأ في تقدير نسبة الشب الملائمة لحصول افضل ازالة.

من هذا يتضح ان فاعلية ايون الالمنيوم تكون عند حد معين، وان زيادة تركيز هذا الايون، تؤدي الى حصول آثار سلبية من ناحية الازالة حاله حال نقصانه، يعني ذلك ان حالة اللااستقرارية ستحصل مرة اخرى ، حيث ان زيادة تركيز ايون الالمنيوم، معناه زيادة تركيز الشحنة الموجبة بعد حصول تغيير في شحنة اللبادة من نقطة التعادل او السالب الى الموجب، عند هذه النقطة نجد ان جذر الكبريتات ( $SO_4^{2-}$ ) سيتجه لمعادلة هذه الشحنات الموجبة، لاجل

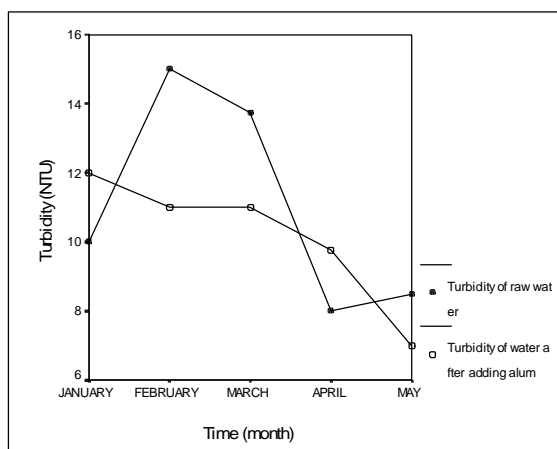
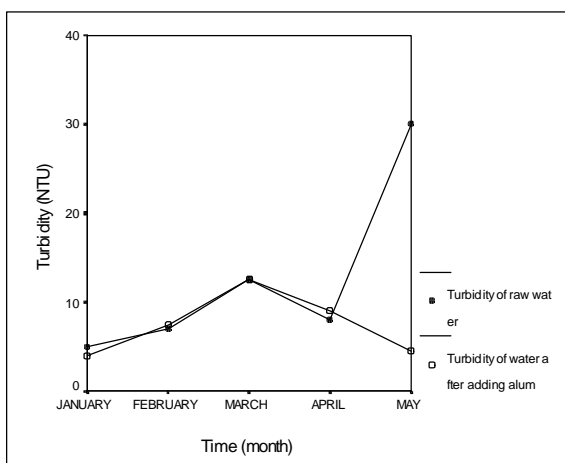


اعادة الاستقرارية، ومن هنا تكون زيادة تركيز الالمنيوم ستؤدي الى زيادة نسبة الكبريتات المفقودة. وعند حصول هذه الحالة للماء فستكون له آثار سلبية صحية ونوعية.



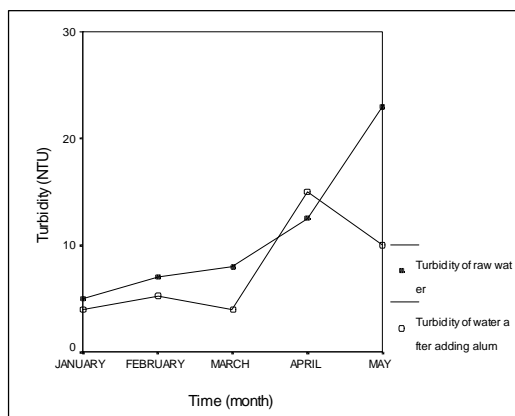
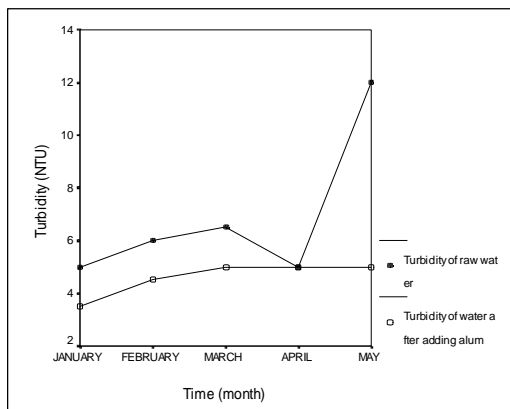
شكل رقم (٣): الماء الخام بعد استخدام الشب للمحطة رقم

شكل رقم (٢): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١). (٢)

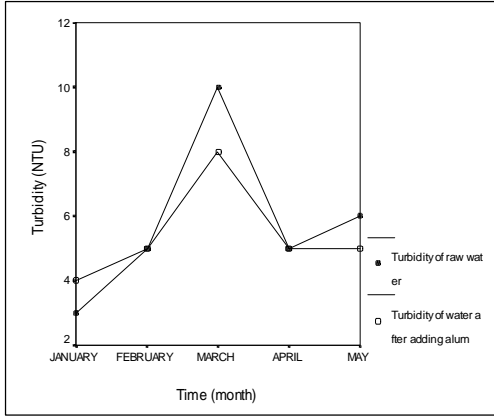


شكل رقم (٥): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم

شكل رقم (٤): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٣). (٤)

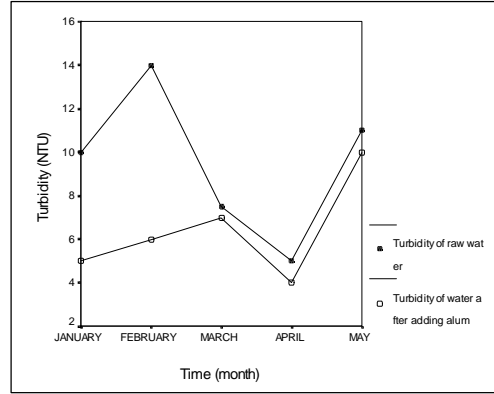


شكل رقم (٧): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم

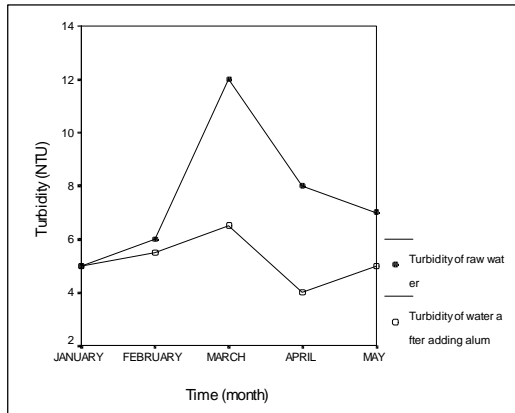


شكل رقم (٦): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٥).

(٦).

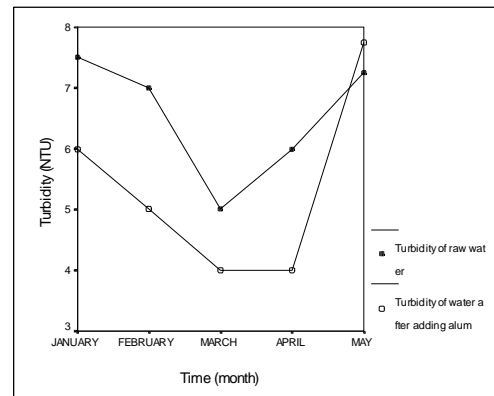


شكل رقم (٩): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم

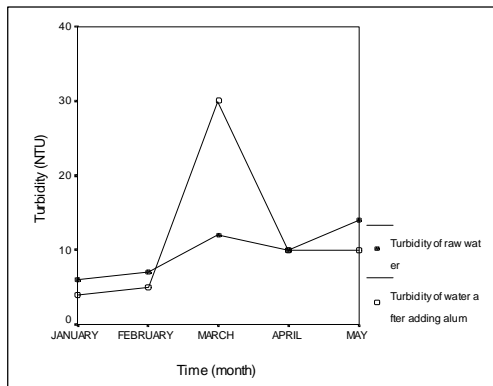


شكل رقم (٨): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٧).

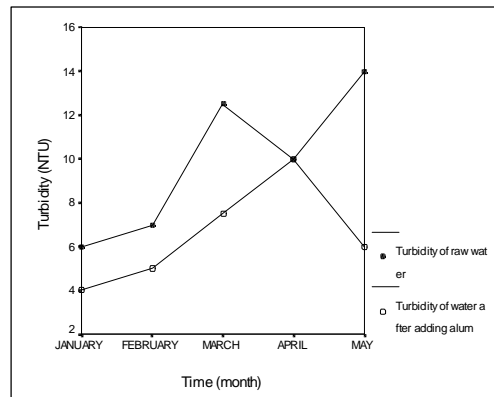
(٨).



شكل رقم (١١): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١٠).



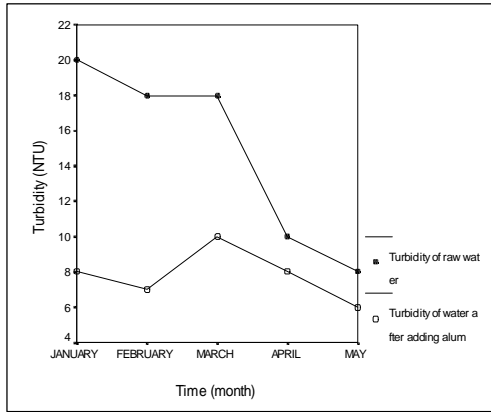
شكل رقم (١٠): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٩).



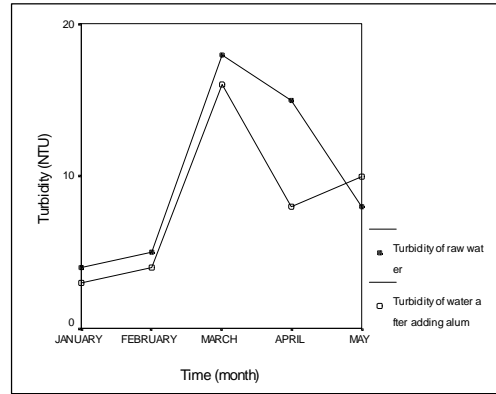
شكل رقم (١٣): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم

شكل رقم (١٢): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١١).

(١٢).

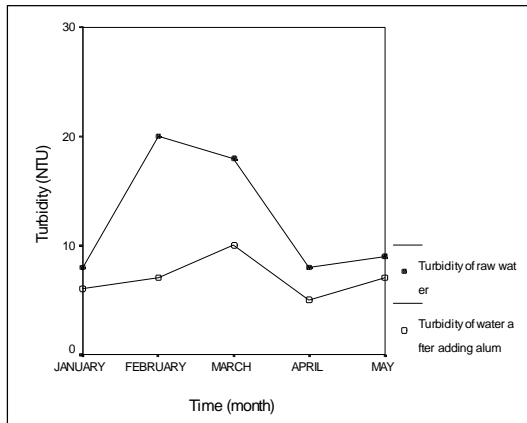


شكل رقم (١٥): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم

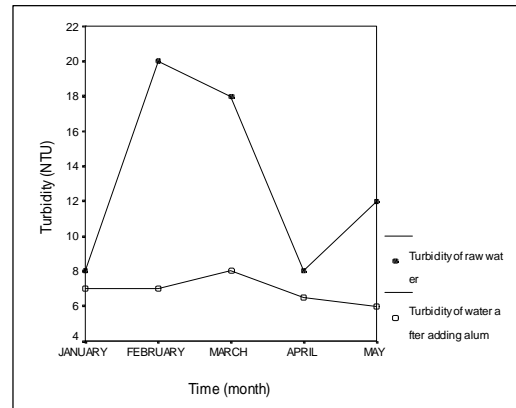


شكل رقم (١٤): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١٣).

(١٤)



شكل رقم (١٧): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم



شكل رقم (١٦): الماء الخام والماء بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١٥).

(١٦)

## النماذج الرياضية

عولمت النتائج والبيانات لكافة محطات الدراسة معاملة احصائية باستخدام تحليل معادلات الانحدار البسيط، بغية الحصول على نموذج رياضي امثل يربط المتغير المستقل (X) والمتغير المعتمد ( $\hat{Y}$ )، حيث تم اعتماد نوعية (كدرية) المياه الخام متغير مستقل وكدرية المياه بعد استخدام الشب متغير معتمد. يمكن التعبير عن الصيغة العامة للموديل الاحصائي المعتمد وفق المعادلة:

$$(\hat{Y}) = A_0 + A_1 X \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان:  $A_0, A_1$  : معاملات الانحدار الواجب ايجادها.

( )

X : المتغير المستقل .

( $\hat{Y}$ ) : المتغير المعتمد (المخمن)

ولابد من الإشارة الى ان الموديل الرياضي ليس بالضرورة ان يكون خطياً (linear) بل ممكن تمثيل البيانات بعلاقة (موديل) قد تكون منحني من أي درجة كانت، او دالة لوجارتمية، او غيرها .

ولكن تبقى مسألة اختيار الموديل الامثل متعلقة بالموديل الذي يعطي اكبر قيمة للمعامل (R Correlation Coefficient) والذي يمثل عمق وقوة الترابط بين المتغير المستقل والمعتمد .

الاشكال من (18) الى (33) توضح رسم الانتشار لقيم الكدرة للماء الخام والماء بعد استخدام الشب وضمن فترة ثقة 95% لكل محطة من محطات الدراسة لوصف واقع حال كفاءة الشب المستخدم في تلك المحطات .

تم تثبيت الموديل الرياضي المتحكم بكل محطة في الجدول رقم (2) حيث تم ادراج قيمة معامل الارتباط (R) و ( $R^2$ ) (معامل التحديد Determination Coefficient) ، وقيمة F المحسوبة احصائياً، وقيمة  $\beta$  (percentage contribution)، الخطأ القياسي للتخمين (Standard error of the estimate) وكذلك (p-value) (والتي تكون جيدة كلما كانت قريبة من الصفر).

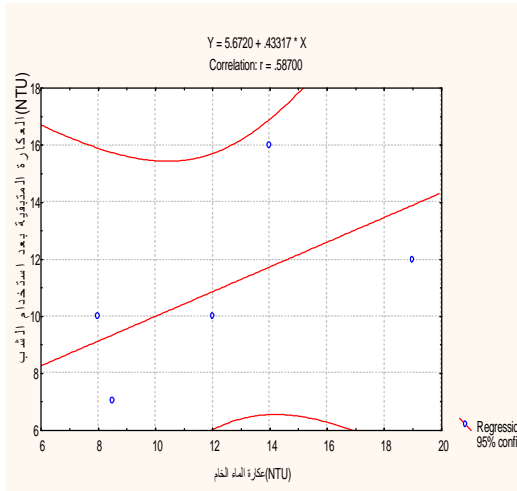
ولابد من الإشارة الى ان ميل خط الانتشار يعكس درجة او كفاءة الازالة للكدرة فالخط الذي يكون بميل اكبر يكون عنده الشب بكفاءة اعلى للازالة .

جدول رقم (2): الموديل الرياضي ومدلولات دقة الموديل لكل محطة من محطات الدراسة.

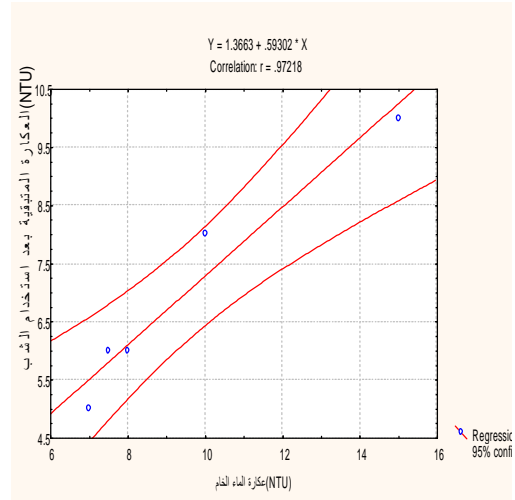
Station	Regression model	R	$R^2$	b	$F_{(1,3)}$	P<	Std. error of the estimate
1	$(\hat{Y})=1.3663+0.593X$	0.97218	0.945	0.97217	51.675	0.00555	0.54
2	$(\hat{Y})=5.672+0.433X$	0.587	0.344	0.587	1.5771	0.29808	3.1005
3	$(\hat{Y})=3.2447+0.538X$	0.95	0.903	0.95	27.977	0.01318	0.642
4	$(\hat{Y})=1.8669+0.6186X$	0.99	0.98	0.99	151.19	0.0011	1.0225
5	$(\hat{Y})=3.2746+0.394X$	0.6	0.36	0.6	1.16164	0.293	4.46
6	$(\hat{Y})=-0.2105+0.842X$	0.971	0.943	0.97	50.269	0.005	0.694
7	$(\hat{Y})=1.233+0.67X$	0.915	0.837	0.915	15.492	0.0292	1.167
8	$(\hat{Y})=2.06+0.574X$	0.98	0.96	0.98	75.68	0.003	0.341
9	$(\hat{Y})=-0.287+0.875X$	0.978	0.957	0.97	66.818	0.0038	0.214
10	$(\hat{Y})=2.568+0.438X$	0.951	0.904	0.95	28.577	0.012	0.44
11	$(\hat{Y})=0.1652+0.771X$	0.959	0.911	0.95	30.86	0.011	0.953
12	$(\hat{Y})=-5.875+1.8X$	0.572	0.327	0.57	1.4618	0.313	9.98
13	$(\hat{Y})=1.057+0.714X$	0.849	0.722	0.84	7.79	0.06	3.174
14	$(\hat{Y})=3.013+0.431X$	0.968	0.937	0.968	44.932	0.006	0.695

( )

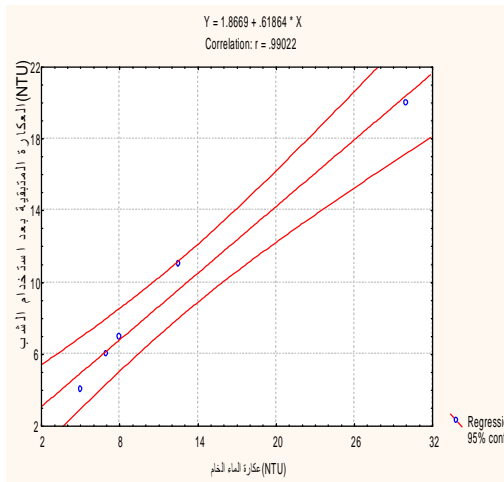
15	$(\hat{Y})=0.605+0.658X$	0.921	0.848	0.921	16.816	0.02	1.794
16	$(\hat{Y})=1.9353+0.481X$	0.973	0.948	0.97	55.238	0.005	0.764



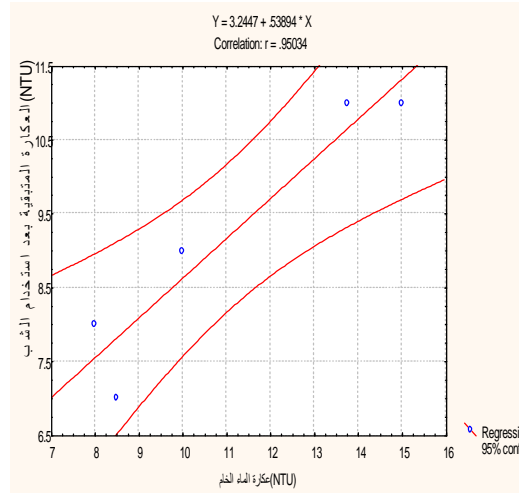
شكل رقم (١٩): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٢).



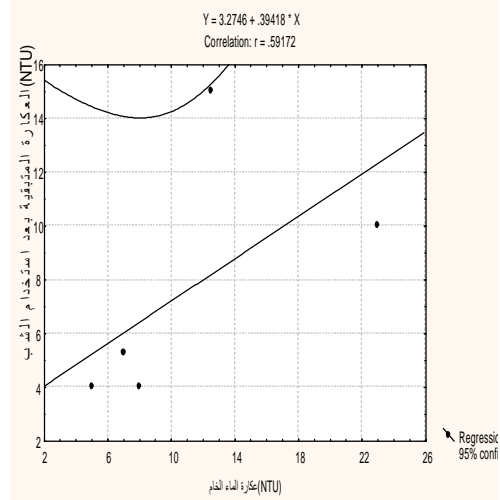
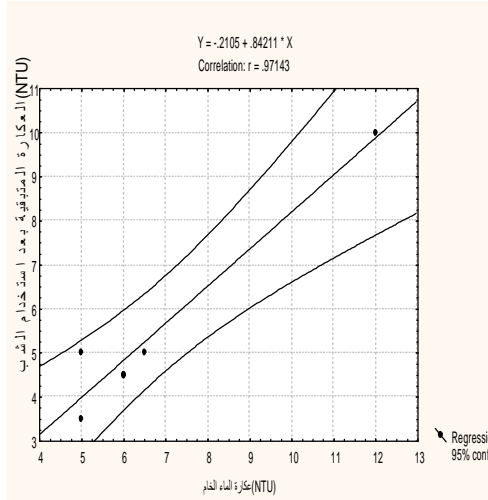
شكل رقم (١٨): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١).



شكل رقم (٢١): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٤).

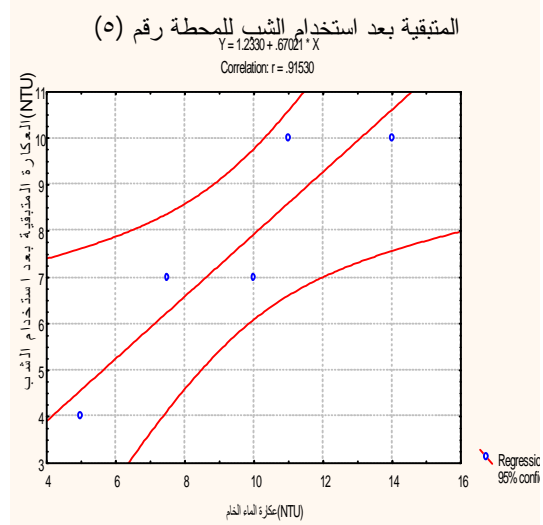
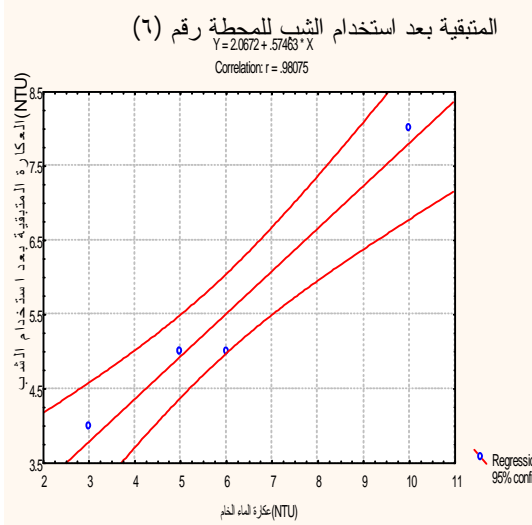


شكل رقم (20): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٣).



شكل رقم (٢٣): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية

شكل رقم (٢٢): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية

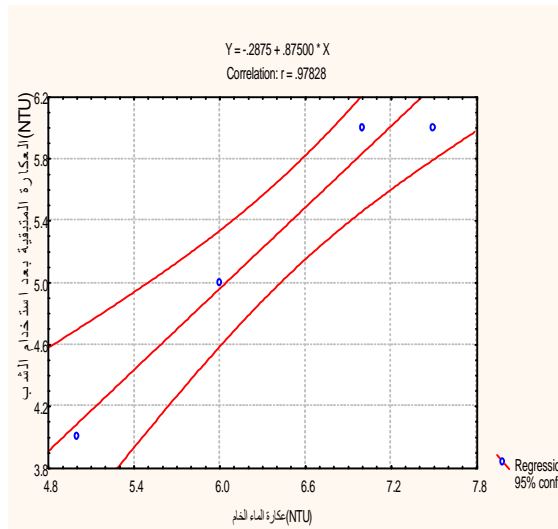
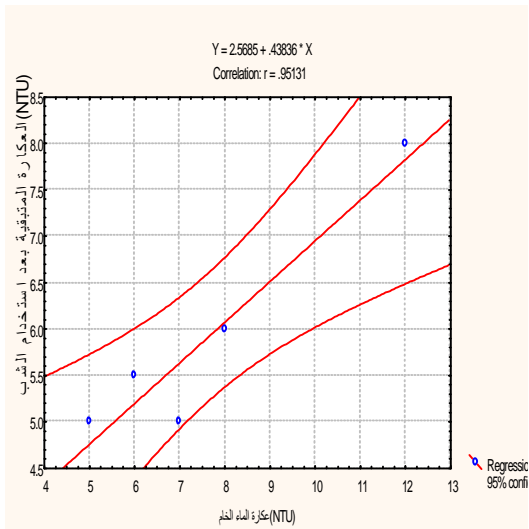


شكل رقم (٢٥): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية المتبقية

شكل رقم (٢٤): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية المتبقية بعد

بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٨)

استخدام الشب للمحطة رقم (٧)



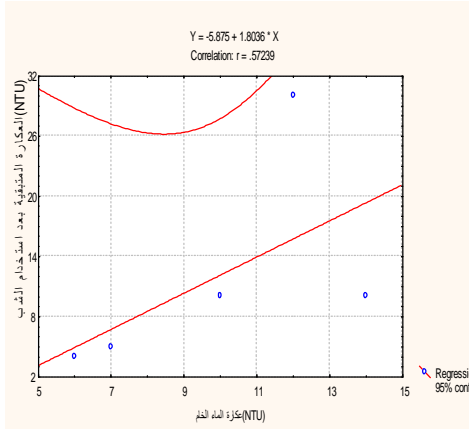
شكل رقم (٢٧): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية المتبقية بعد استخدام

شكل رقم (٢٦): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرية

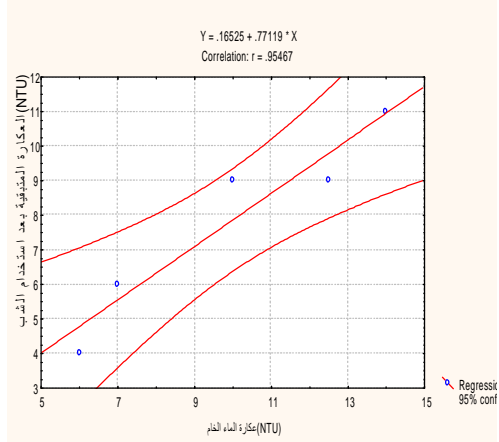
الشب للمحطة رقم (١٠)

المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (٩)

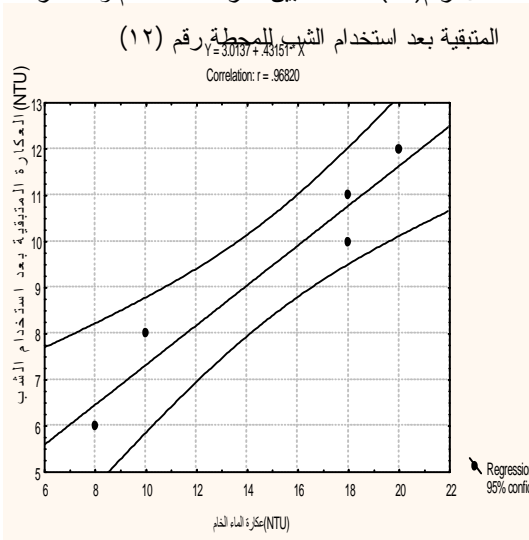
( )



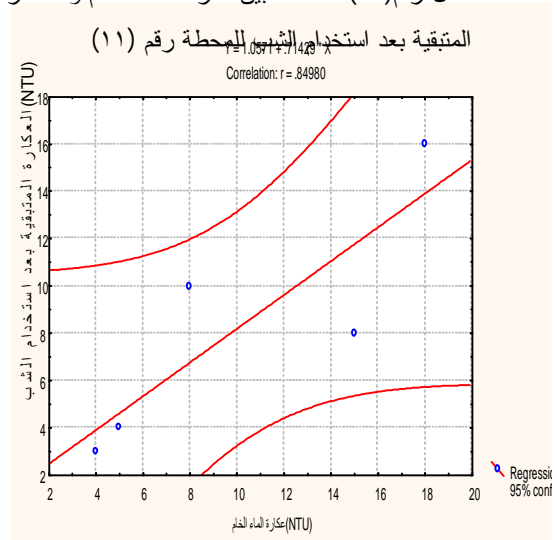
شكل رقم (٢٩): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرة



شكل رقم (٢٨): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرة



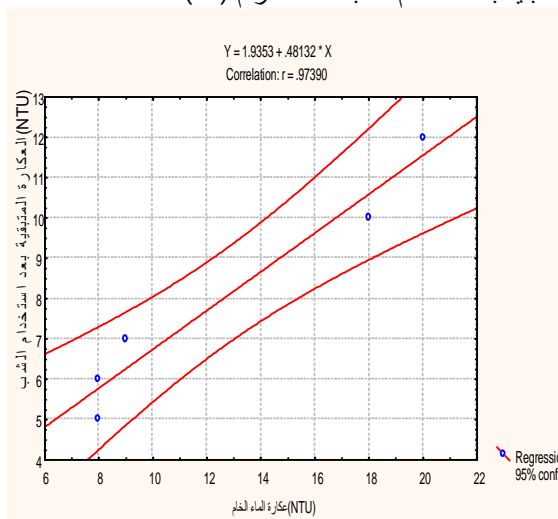
المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١٢)



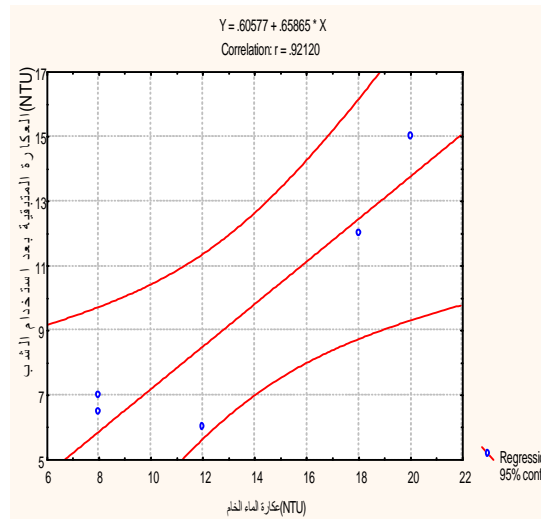
المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١١)

شكل رقم (٣١): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرة المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١٤).

شكل رقم (٣٠): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرة المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١٣).



شكل رقم (٣٣): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرة المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١٦)



شكل رقم (٣٢): العلاقة بين كدرة الماء الخام والكدرة المتبقية بعد استخدام الشب للمحطة رقم (١٥)

## الاستنتاجات

- بعد تحليل النتائج للدراسة الحالية، لا بد من الوصول الى جملة من الاستنتاجات التي يمكن إدراجها بما يلي:
1. بلغت القيمة الدنيا لكدر الماء الخام خلال فترة الدراسة (3 NTU) وأعلى قيمة (30 NTU) وبمعدل (10.19 NTU) ومدى (27 NTU)، في حين كان الانحراف المعياري لكل قيمة عن وسطها الحسابي حوالي (٥.١) وتباين مقداره ٢٥.٨٩.
  2. رصدت القيمة الدنيا لكدر الماء بعد استخدام الشب وخلال فترة الدراسة (3 NTU) وذات قيمة قصوى بلغت (30 NTU) وقيمة متوسطة (7.46 NTU) ولمدى (27)، وكان انحراف كل قيمة عن وسطها الحسابي (٤.٣٩) وتباين (١٩.٣٤).
  3. من خلال هذه الدراسة ظهر ان نتائج بعض المحطات غير مرضية أي انها ذات مردود سلبي على الصحة ولم يتخذ أي اجراء من قبل مديرية ماء بابل ويستمر ضخ ماء المحطات التي ظهر فيها الخلل الى الناس. لذلك يجب ان تقوم الجهات المسؤولة عن المحطات بأخذ نماذج عديدة وبين فترات متقاربة على مدار الشهر للسيطرة على نوعية الماء.
  4. ان معظم العاملين في المحطات والذين يتعاملون مع الشب هم لا يحملون اية شهادة.
  5. ان الفهم الخاطيء من قبل الكوادر العاملة في محطات المعالجة سبباً في زيادة تركيز الشب المستخدم لخفض الكدر الموجودة في المياه، مما نتج عن هذا ترد واضح في نوعية المياه المعالجة وحصول مشاكل اثناء معالجتها، فضلاً عن الزيادة التي حصلت في تركيز ايون الالمنيوم المتبقي والتي اكتشفت تأثيراتها الصحية الخطيرة مؤخراً.

## التوصيات

1. ضرورة اجراء فحوصات الجرة (Jar tests) لكل محطة من محطات معالجة مياه الشرب وذلك لتعيين الجرعة المثلى للشب المستخدم ، لتلافي المردود السلبي عن زيادة الجرعة عن الحد الامثل.
2. ان يكون هناك مسؤولين عن المحطات يحملون شهادة البكالوريوس في الكيمياء او علوم الحياة او هندسة البيئة لان الفحص والسيطرة على المحطة واخذ النماذج هي عملية ليست سهلة وتخص حياة الناس.
3. ان تكون هناك اجراءات تتخذ عندما تكون المحطة غير كفوءة لتنقية الماء وضخه للناس.
4. زيادة عدد الفحوصات خلال الشهر الواحد ولجميع المحطات ليتسنى السيطرة ومتابعة عمليات المعالجة.

## المصادر الأجنبية

- Dentel, S. K., 1991, "**Coagulation Control in Water Treatment**", Critical Reviews in Environmental Control, Vol.21, No.1, CRC Press, Inc., France.
- Ebeling, J. M., Philip, L. S., Ogden, S. R., and Summerfelt, S. T., 2003, "**Evaluation of Chemical Coagulation-Flocculation Aids for the Removal of Suspended Solids and Phosphorus from Intensive Recirculating Aquaculture Effluent Discharge**", Journal of Aquacultural Engineering, 29, pp.23-42, Elsevier Ltd, Online: [View as HTML-Web Search-ingenta connect.com](http://www.ingentaconnect.com).
- EPA Guidance Manual Turbidity Provisions (EPA-GMTP), 1999, "**Particles Contributing to Turbidity**". Online: <http://www.epa.gov/OGWDW/mdbp/pdf/turbidity/chap-08.pdf>.
- Idan, I. J., 2002, "**Improving The Performance of Locally Produced Alum**", MSc. Thesis, University of Babylon , Iraq.
- Berberich, C. W., 1998, "**Use of Aluminum Salts in Drinking Water Treatment**", Journal of AWWA, Vol. 90, No.1, U.S.A. . (Cited by Idan, 2002).
- Viessman, Warren Jr., and Hammer, M. J., 1985, "**Water Supply and Pollution Control**",



- 4<sup>th</sup> Edition, Harper and Row, Inc., New York. (Cited by Idan, 2002).
- Peavy, H.S., Row, D. R., and Tchohanoglous, G.; 1986, "**Environmental Engineering**", McGraw-Hill Book Company, Inc., Singapore.
- Al-Layla, M. A., Ahmad, S., and Middlebrooks, E. J. , 1980, "**Handbook of Wastewater Collection and Treatment: Principles and Practice**", GarKand Publishing, Inc., New York.
- AWWA and ASCE, 1990, "**Water Treatment Plant Design**", 2<sup>nd</sup> Edition , ASCE and AWWA, McGraw-Hill, Inc., New York, NY. (cited by EPA-GMTP , 1999c).
- Stumm, W., and O'Melia, C. R. , 1968, "**Stoichiometry of Coagulation**", Journal of AWWA, Vol.60, No.5, U.S.A. (Cited by Idan, 2002).
- Ahmed, S., Wais, M. T., 1980, "**Raw Water Quality in Mousl During Raing Season**", Journal of Rafidan Engineering, Vol.5, No.1, pp21-46.
- Al-Masri, N. A., 1986, "**Quality of Tigris River Water at Baghdad and Suitability for Drinking Purpose**", Proceeding of Fourth Scientific Conference, Biological Sciences, Scientific Research Council, Vol.5, Part.2.
- Jalut , Q. H. , 1998, "**Evaluation of Water Quality Parameters of Water Supply Stations in Babylon Govern orate**", Journal of Babylon University , Engineering Sciences, Vol.3, No.5.
- Fair, G. M., Geyer, J. C., and Okun, D. A., 1968, "**Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal**", Vol.2, John Wiley and Sons Book Companies, Inc., Singapore.

### المصادر العربية

- الراوي، ساطع محمود، حسن، علي عبد الله، ١٩٩٧، "عمليات التخثير والتلبيد"، مجلة المهندس الأردني، العدد ٦١، 1997 .
- احمد، بكر محمد، ١٩٨٨، "تأثير نوعية ماء دجلة على أداء محطة معالجة المياه"، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، العراق.
- الطفيلي، محمد عبد مسلم، ١٩٩٩، "تحديد كفاءة أحواض الترسيب والترشيح لبعض محطات المعالجة في محافظة النجف"، مجلة جامعة بابل (العلوم الهندسية)، المجلد ٤، العدد ٥.