

دراسة تطور منظومة العمل الكيميائي في محطات تنقية مياه الشرب

د. سوزان شعبان*

(الإيداع: 2 آب 2023، القبول: 1 تشرين الأول 2023)

الملخص:

يدرس البحث تطور منظومة العمل الكيميائي في محطة تنقية مياه الشرب الموجودة في مدينة القصر والتي تتضمن عمليتي التعقيم والتخثير. حيث عُدل مؤخرًا نظام التعقيم باستبدال غاز الكلور بمادة هيبوكلوريت الكالسيوم التي تتضمن نسبة 70% مادة فعالة على الرغم من مزايا غاز الكلور وذلك بسبب نقص الأسطوانات، وتم عرض أهم الفروق بين نظامي التعقيم.

تضاف المادة المخثرة (كبريتات الألمنيوم المائية) بجرعة محددة 3 mg/l مع تثبيت المؤشرات التالية: (pH=(5.5–7.5)، زمن التخثير (20–60) sec)، زمن التدفيع 35 min، وقد لوحظ أنه في حال لم يتم تحريك محلول الشبة في الخزان خلال استهلاكه، أو إذا كانت عملية التحريك تستغرق زمناً طويلاً، فإن الجرعة المضافة ستصبح غير صحيحة، ويحدث انسداد في مضخات التجريخ بالمواد المترسبة في قاع الخزان وسيتشكل فلوكات ذات بنية سيئة، إضافة إلى خسارة في مادة التخثير. من هنا أوصى البحث بالنقاط التالية للحصول على مياه ناتجة بأحسن مواصفات:

- 1- يجب أن يُشغل خلاط خزان الشبة كل ساعتين نصف ساعة وبهذا تعمل مضخات التجريخ بثبات أكثر. -
- 2 يصبح تصريف مضخات تجريخ الشبة أكثر ثباتاً بتثبيت معدل الهرتز ضمن المجال (19,5–24,5)Hz خلال 24 ساعة لضبط كمية محلول كبريتات الألمنيوم المائية المجرعة لحظياً، بحيث يتناقص منسوب المحلول بمقدار 10 cm/H، بتصريف يعادل 975 L/H، (وهذه نتائج تجريبية) الأمر الذي انعكس إيجابياً على كفاءة عمل المحطة وتبين ذلك من خلال الحد من استهلاك الشبة والطاقة المستخدمة في عمليات غسيل المرشحات، وزيادة العمر الاستثماري للمعدات الميكانيكية والكهربائية المستخدمة في عملية تحضير محلول الشبة وغسيل المرشحات.

الكلمات المفتاحية: العمل الكيميائي في محطات تنقية المياه، التعقيم بهيبوكلوريت الكالسيوم مقارنة مع غاز الكلور ، ثبات تصريف مضخات تجريخ الشبة، تثبيت تناقص محلول الشبة.

Studying Changing of the Chemical Work System in Drinking Water Purification Plant

D.R: Suzan Shabaan

(Received: 2 August 2023, Accepted: 1 October 2023)

Abstract:

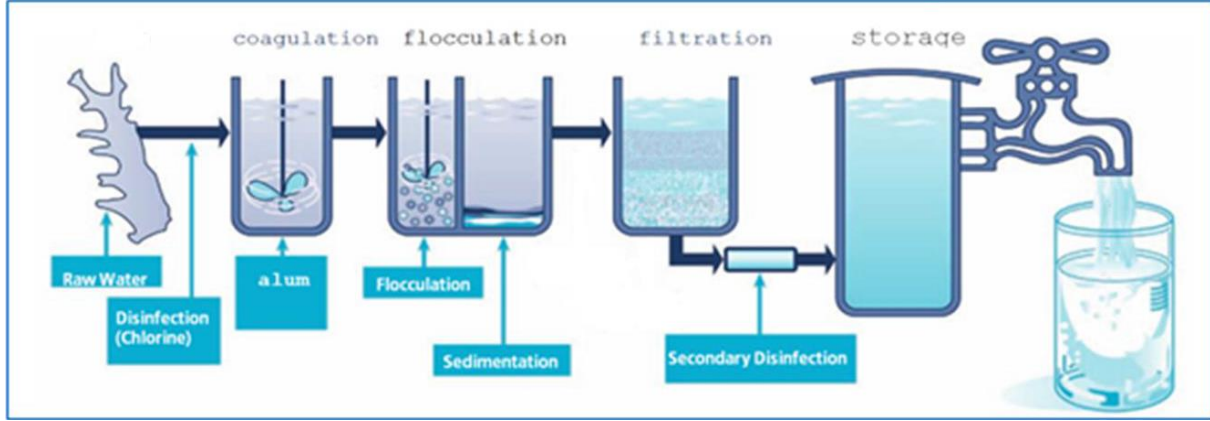
The research studied the chemical work system in AL-Qusayr plant, which includes sterilization and coagulation. Recently, the sterilization system was modified by replacing chlorine gas with calcium hypochlorite, which contains an active substance of 70%. Despite the advantages of gas sterilization, it was replaced by hypochlorite compounds due to the lack of cylinders, and work was done on new equipment for supplying powder, and studying the most important differences between the two methods. The coagulant (Aqueous Aluminum Sulfate) was added at the perfect dose 3 mg/l with the following indicators installed: pH = (5.5–7.5), coagulation time = (20–60) sec, flocculation time = 35 min. It was found that if the alum solution was not stirred in the tank during its consumption, or the stirring process took place at long intervals, the added dose would become incorrect, the dosing pumps would become clogged, and a loss in the coagulant would occur. Therefore, the research recommended the following points to obtain water with better specification: 1– The alum tank mixer must be operated every two hours for half an hour, so that the dosing pumps work more stable. 2– The discharge of the coagulant dosing pump should be stabilized by installing a Hertz converter with a value of (19.5 – 24.5) Hz within 24 hour, to control the amount of Aqueous Aluminum Sulfate solution dosed momentarily, so that the level of the solution decreases by 10 cm/h and the discharge is equivalent to 975 l/h. This was reflected positively on the efficiency of the work of station, this was shown by reducing the consumption of alum and the energy used in the filter washing operations and increasing the investment life of the mechanical and electrical equipment used in the process of preparing the alum solution and washing the filters.

Key words: Chemical action in water purification plants, Sterilization using calcium hypochlorite, Fixation of tapering alum solution, Install the coagulant dosing pump discharge.

*Lecturer at the Faculty of Civil Engineering, Hama University, Department of Environmental Engineering

1-Introduction – المقدمة:

يُفرض على المياه الطبيعية بكافة أشكالها السطحية والجوفية الدخول إلى محطات تنقية لتحسين مواصفاتها وتخليصها من كل الشوائب والملوثات الموجودة فيها وفق تسلسل العمليات المبين بالشكل رقم (1)، وتلعب المواد الكيميائية دوراً أساسياً في عمليات التنقية من خلال إضافة مركبات الكلور لإنجاز أعمال التعقيم والمخثرات الكيميائية لتجميع الشوائب على شكل ندف يسهل فصلها فيما بعد في أحواض الترسيب. [1]



الشكل رقم (1): تسلسل الأحواض في محطات تنقية مياه الشرب

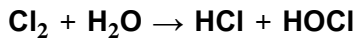
2- أهمية البحث وأهدافه: Research importance and objectives

تتجلى أهمية البحث في دراسة منظومة العمل الكيميائي وكيف تطورت وتأثيرها على مراحل العمل في محطة تنقية مياه الشرب في مدينة القصير التي تزود مدينة حماة بالمياه الصالحة للشرب إضافة إلى 65 تجمع سكاني مستفيد من مياه الشرب على طول خط الجر منها (الرسن، تليسة، بسيرين، الخالدية، سلمية، الكافات،)، إضافة لإرواء حي الوعر في محافظة حمص والتي تضم بشكل رئيسي الكلور والشبّة (كبريتات الألمنيوم المائية). [8]

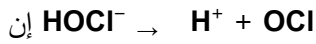
3- مواد وطرائق البحث: Research materials and methods

3-1 الكلور في محطات التنقية: Chlorine in purification plants

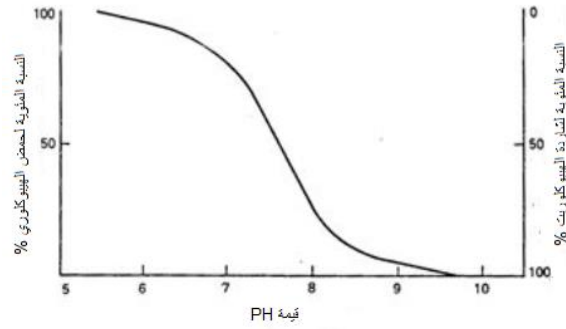
في الأحوال العادية فإن الكلور غاز مخرش لونه أخضر مصفر ذو كثافة تعادل (2.5) مرة كثافة الهواء . ويمكن أن يوجد بشكل سائل تحت ضغط منخفض نسبياً (3.7) ضغط جوي . (وهو ذو قابلية مرتفعة للانحلال في الماء . كما أنه مادة معقمة ولو كان بتركيز منخفض. إن انحلال الكلور في الماء يؤدي إلى تشكيل حمضين: حمض كلور الماء وحمض الهيپوكلوري وفق التفاعل التالي:



إن حمض كلور الماء لا يلعب دوراً في عملية التعقيم أما حمض الهيپوكلوري فهو العامل الفعال في التعقيم و يشار إليه عادة بالكلور المتوفر الحر. إن نسبة (50 %) من حمض الهيپوكلوري تتفكك عند pH للماء تعادل (7.5) تقريباً لتعطي شاردة الهيپوكلوريت، [2] كما في التفاعل التالي:



شاردة الهيپوكلوري لا تلعب دوراً هاماً في عملية التعقيم و يبين الشكل (2) علاقة نسبة HOCl إلى OCl⁻ في الماء عند قيم مختلفة pH. ولضمان تعقيم فعال يجب الحفاظ على قيمة pH للماء بحيث تكون نسبة 90% من الكلور في حالة HOCl.



الشكل رقم (2): علاقة نسبة HOCl إلى OCI في الماء عند قيم مختلفة pH

3-2 منطقة الدراسة: Study area

محطة القصير لتصفية وتنقية المياه، أنشئ هذا المشروع خصيصاً لتزويد مدينة حماه بالمياه الصالحة للشرب من نهر العاصي (نبع الهرمل) وذلك بناءً على القرار الجمهوري رقم 8 \ 1 \ 1973 وتم البدء باستثماره بتاريخ 1977 \ 3 \ 8، وتقع هذه المحطة في ريف حمص جنوب غرب منطقة القصير على الحدود السورية اللبنانية، و تبلغ طاقتها الإنتاجية $144000 m^3/day$ [8].



الشكل (3): صورة جوية لمحطة تنقية المياه في القصير

تبدأ منظومة العمل الكيميائي في المحطة بإضافة كافة الإضافات الكيميائية للمرحلة الأولى قبل الموزع الرئيسي على القناة الواصلة بين منشأة الاستقبال والموزع الرئيسي.



الشكل (4): تضيق فينتوري

4- النتائج والمناقشة Results and discussion

إن أهم المواد الكيميائية التي تتم إضافتها في المحطة هي الكلور والشبّة (كبريتات الألمنيوم المائية) أولاً الكلور: قديماً كانت الآلية المستخدمة هي منظومة التعقيم بغاز الكلور، والغرض منه هو تعقيم (تطهير) المياه وقتل كافة الجراثيم فيها.

إنّ الكلور الذي تم استخدامه في المحطة كان يأتي على شكل أسطوانات (غاز مسيل للضغط) وزنها **900kg** بدون وزن المعدن وتكفي لمدة ثلاث أيام بشكل متوسط. وتتم إضافة الكلور في المحطة عند مرحلتين:

❖ **الأولى:** قبل الموزع الرئيسي وتكون عادة. **4-6 kg/h**

يوجد في المحطة جهاز كلور غاز أولي يعطي ما يقارب **6 kg** ل **6000 m3** من الماء



الشكل رقم (6): أسطوانات غاز الكلور

الشكل رقم (5): أجهزة غاز الكلور الأولية

❖ **الثانية:** عند نهاية المعالجة وتكون عادة **1-2 kg/h**.

ويضاف غاز الكلور بواسطة أجهزة الكلورة، ومهما اختلفت في الشكل أو طريقة التشغيل إلا أنها تتفق في الأسس الرئيسية التي تتلخص في تخفيف الضغط على الغاز المسال حتى يتحول إلى غاز، ثم تمرير هذا الغاز في كمية محدودة من الماء لإذابته بنسبة عالية، ثم حقن المحلول في الماسورة الرئيسية للمياه على ألا يقل ضغط المحلول عند نقطة الحقن عن ثلاثة أمثال الضغط في الماسورة الرئيسية للمياه وذلك لضمان كفاءة عملية الحقن [4]



الشكل رقم (7): أجهزة غاز الكلور النهائية

- يتم ضخ الكلور الغاز من الأسطوانات إلى المياه بواسطة أنابيب من البولي إيثيلين أو مواسير PVC تكون مدفونة تحت الأرض. وتم تركيب نظام تعقيم متكامل يعمل أوتوماتيكياً يتم برمجته حسب النظام وتنصح به الكودات العالمية وقد تمت معايرته بحيث تكون كمية الكلور الحر في مدخل المحطة **1.5 mg/l** وفي مخرج المحطة بحدود **0.55-0.6 mg/l** لضمان وصول المياه إلى البيوت في مدينة حماة بحدود **(0.4-0.5 mg/l)**.

حديثاً: أصبحت الآلية المستخدمة هي منظومة التعقيم بمسحوق مادة هيبوكلوريت الكالسيوم. وذلك بسبب بلوغ نسبة تركيز المادة الفعالة فيه بحدود 65-70%.



الشكل رقم (8): مسحوق هيبوكلوريت الكالسيوم

- يمتلك مركب هيبوكلوريت الكالسيوم ميزات كبيرة تجعله مستخدماً بشكل كبير في الكثير من المجالات. ويعتبر هذا المركب قادراً على الذوبان بالماء بسهولة، كما أنّ له قدرة كبيرة على التعقيم وذلك لوجود نسبة كبيرة من الكلور في مكوناته، إنّ الكلور المستخدم في المحطة حالياً يأتي على شكل مسحوق (بودرة) من مادة هيبوكلوريت الكالسيوم

وتتم إضافة الكلور في المحطة عند مرحلتين:

❖ المرحلة الأولى: ويطلق عليها عملية التعقيم الأولية:

- تكون هذه العملية بعد دخول المياه الخامية مباشرة وقبل الموزع الرئيسي وهي أول إضافة كيميائية على المياه الخامية.



الشكل رقم (9): إضافة الكلور بعد دخول المياه الخامية

- يضاف مسحوق الكلور الجاف بواسطة أجهزة تغذية جرعة المسحوق (الفيدرات)، مصممة ومنفذة عند بداية قناة دخول المياه الخامية وعددها 2 أحدهما عامل والآخر احتياط (يبدأ في العمل مباشرة عند حدوث خلل في الجهاز الأول).
- تعطي أجهزة التغذية الأولية مسحوق كلور بحدود 12-24 kg/h، وبشكل عام يتم حقن 13 kg/h في الشتاء، وحقن 18 kg/h في الصيف (بسبب التبخر)،

ويتم التعقيم بجرعة كلور مناسبة حسب الحمل العضوي للمياه الخامية بحدود 1-2 mg



الشكل رقم (10): أجهزة التعقيم الأولية

❖ المرحلة الثانية: عند نهاية المعالجة وهي عملية التعقيم النهائية:

- هنا يتم التعقيم أيضاً بواسطة أجهزة تغذية جرعة المسحوق (الفيدرات)، مصممة ومنفذة عند نهاية المحطة بالقرب من الخزان الموجود أسفل المحطة وعددها 2 أحدهما عامل والآخر احتياط (يبدأ في العمل مباشرة عند حدوث خلل في الجهاز الأول).



الشكل رقم (11): أجهزة التعقيم النهائية

- تعطي أجهزة التغذية عند نهاية المعالجة مسحوق كلور بحدود $3-8 \text{ kg/h}$

يتم اختبار الماء بعد المعالجة من الخزان الموجود أسفل المحطة ليتم تحديد نسبة الكلور الحر في المياه، وعادة ما تكون بحدود $0.4-0.5 \text{ mg/l}$ ، لذلك يتم زيادة نسبة الكلور الحر إلى $0.8-0.9 \text{ mg/l}$ لنضمن وصولها إلى مدينة حماه بتركيز $0.4-0.5 \text{ mg/l}$.

تم تصميم وحدة تغذية هيبوكلوريت الكالسيوم الجاف لتقديم جرعة دقيقة من الكلور، بحيث توفر ما يصل إلى 50 kg من HTH (High Test Hypochlorite) يومياً. يتم تعبئة وعاء الخزان بما يقارب 60% من مسحوق الكلور إما يدوياً أو آلياً ويتم استخدام مثقاب عالي الدقة لحقن مسحوق الكلور في المياه. يتم التحكم بجهازي التعقيم وتحديد الحرارة والرطوبة بواسطة لوحة إلكترونية.

الجدول رقم (1): أهم الفروق بين منظومة التعقيم "بالكلور الغاز" ومنظومة التعقيم "بمسحوق هيبوكلوريد الكالسيوم":

من ناحية	منظومة التعقيم بغاز الكلور	منظومة التعقيم بمسحوق هيبوكلوريد الكالسيوم
الانحلال	يعد انحلال ذرات الغاز مع الماء أسرع من البودرة	انحلال البودرة أقل
التبخير	التبخير أقل (أي لا نخسر الكلور المنحل بنسبة كبيرة)	تكون خسارة الكلور البودرة المنحل في الماء أكثر
التآكل بالمعدات	يتلف الأنابيب مع مرور الزمن	يسبب تآكل بالأنابيب لكن أقل من الغاز
الصلاحية	ذات صلاحية كبيرة	عبوات صلاحيتها لمدة سنة
الأيدي العاملة	لا يحتاج إلى أيدي عاملة	تحتاج ليد عاملة وملابس خاصة لحماية العمال
الترسيب	الغاز لا يترسب، ينحل مباشرة بالماء	يخلف ترسبات
التركيز	تركيزه ثابت على طول مراحل المعالجة	يخف تركيزه بين مرحلة وأخرى
الضرر للإنسان والبيئة	ضرر الغاز أكبر بكثير وخصوصاً إذا حصل تسرب في الاسطوانة	ضرر أقل

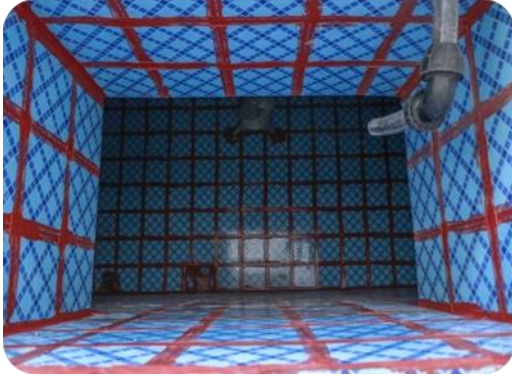
بشكل عام نجد أن التعقيم بمنظومة الغاز هي الأفضل بالرغم من خطورتها، [5] ولكن استبدالها بمنظومة مسحوق هيبوكلوريد الكالسيوم كان بسبب عدم توافر أسطوانات الغاز فتم العمل على تجهيزات جديدة للتعقيم بالبودرة.
- في السابق كانت أسطوانات الغاز أكثر اقتصادية للاستخدام



الشكل رقم (12): تلف الأنابيب نتيجة استخدام الغاز

➤ ثانياً: كبريتات الألمنيوم (الشبة) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$:

الهدف منها تخفيض عكارة المياه ويتم التفاعل على الشكل التالي:
تضاف الشبة للمياه ضمن خزانات أرضية ليصبح على شكل محلول بتركيز يحدده مخبر المحطة ويتم ضخ هذا المحلول عن طريق مضخات إلى القناة المكشوفة قبل تضيق فينتوري



الشكل رقم (14): خزان خلط الشبة



الشكل رقم (13): مضخات لضخ الشبة المنحلة

تحديد الجرعة المثالية للمخثر : Determine the ideal dose of coagulant

تعتبر عملية تحديد الجرعة المثالية من أهم المراحل اللازمة للحصول على أفضل مواصفات للمياه بأقل كلفة، حيث أن الجرعة الزائدة من الشبة تعمل على زيادة كلفة المعالجة وتأثيرات سلبية على صحة المستهلكين، وفي نفس الوقت فإن الجرعة المنخفضة (الأقل من الجرعة المثالية) تؤدي إلى ارتفاع مؤشرات مواصفات المياه وخفض كفاءة عمل المحطة. يتم تحديد الجرعة المثالية للمخثرات المضافة في مثل هذه المحطات عبر اختبار ال jar test ، الذي يعبر عن المراحل الثلاثة الأولى للمعالجة التقليدية فقط. [6]

يساعد هذا الاختبار (الذي أنجز في مخبر محطة التنقية في القصير) في:

- 1- تقدير جرعة المخثر المضافة. 2- تقدير قيمة pH المياه المثالية. 3- اختيار مواد كيميائية جديدة للمعالجة.
- 4- تجريب سرع الخلط المختلفة.

- في هذه التجربة تم استخدام أربع أو ست عينات للمياه الخامية مع خلط بسرعات مختلفة لنمذجة مراحل المعالجة المذكورة سابقاً، ومن أجل تحديد أحد المؤشرات (جرعة المخثر مثلاً) يتم تثبيت كافة المؤشرات وتغيير جرعة المخثر بين العينات المختبرة للوصول إلى الجرعة الأفضل.

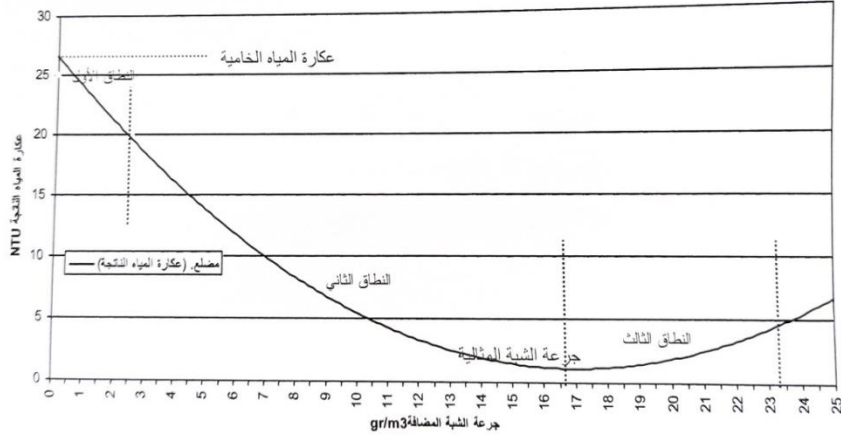
فيما يلي جدولاً يوضح مثالاً على هذه التجربة من أجل تحديد الجرعة المثالية:

الجدول رقم (2): تحديد الجرعة المثالية للمختر:

المؤشر	معطيات الـ <i>jar test</i>	معطيات محطة التنقية
عدد دورات الخلط أثناء التخثير	100 r/min	100 r/min
عدد دورات الخلط أثناء التنديف	20 r/min	20 r/min
pH المياه	6.8	(5.5–7.5) (أن المادة المرؤبة تتفاعل مع جزء من قلوية الماء والقلوية المتبقية بعد التفاعل والموجودة في المياه تعمل كمنظم تمنع الرقم الهيدروجيني للمياه من التغير وبالتالي تساعد على الترسيب الكامل للمادة المرؤبة)
قلوية المياه	180 mg/l as $CaCO_3$	180 mg/l as $CaCO_3$
جرعة المختر	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 mg/l	3 mg/l
زمن التخثير	(20–60) sec	(20–60) sec
زمن التنديف	35 min	35 min

يجب أن ندرك أنّ تجربة الـ *jar test* غير قادرة على تحديد بعض الأمور، وأهمها:

- 1- لا نستطيع الحصول على مؤشر لعملية الترشيح.
 - 2- لا يمكن الاستدلال على مؤشر الخواص الجرثومية للمياه للمعالجة والنتيجة.
 - 3- إن نتائج هذه التجربة غير دقيقة ويجب العمل على نموذج تجريبي للمحطة *pilot plant* وعلى أرض الواقع للحصول على النتائج الدقيقة المطلوبة.
- يوضح الشكل (15) تأثير جرعة المختر على عملية التخثير:
- حيث يتم تقسيم المنحني إلى ثلاثة أجزاء أو نطاقات:
- ❖ النطاق الأول: يعبر عن الأثر الضعيف للجرعة المنخفضة على تخثر الملوثات.
 - ❖ النطاق الثاني: يظهر فيه الزيادة الحادة في الأثر من أجل زيادة قليلة في الجرعة.
 - ❖ إن الحد الفاصل بين هذين النطاقين يسمى (عتبة التخثير).
 - ❖ النطاق الثالث: يظهر أن زيادة الجرعة لا تؤثر على عملية التخثير، ويأخذ المنحني شكل خط مستقيم مواز لمحور X- X أي أن زيادة الجرعة لا تؤثر على كفاءة عملية التخثير في هذا النطاق بل قد تؤدي إلى الإساءة لمواصفات المياه الناتجة. إن الحد الفاصل بين النطاقين الثاني والثالث يسمى (الجرعة المثالية). [7]

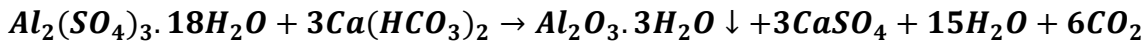


الشكل رقم (15): علاقة جرعة الشبّة المضافة بعكارة المياه الناتجة

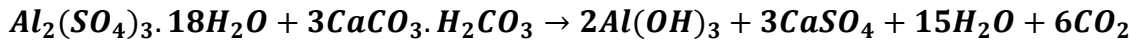
إنّ أهم العوامل المؤثرة على نواتج حلمهة المختر هي جرعة المختر وقيمة PH المياه، ونظراً لعدم إمكانية التحكم في PH المياه الخامية في محطات التنقية التقليدية فإنه يتم العمل على التحكم بقيمة PH مياه حلّ المختر مما يوسع من مجال قيمة PH المياه الخامية المناسب لعملية التخثير، وإنّ لطريقة خلط المختر مع المياه تأثيراً واضحاً على طبيعة الندف المتشكلة. إن الشكل الأكثر شيوعاً للشبّة هي البودرة.

قابلية الانحلال في الماء $36.6 \text{ gr alum} \setminus 100 \text{ gr water}$ عند درجة حرارة 20° .

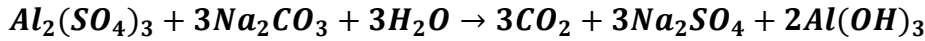
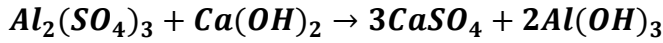
❖ تتفاعل الشبّة في المياه القلوية والمحتوية على بيكربونات الكالسيوم وفق المعادلة:



❖ ويمكن أيضاً أن تتفاعل مع القلوية الطبيعية:

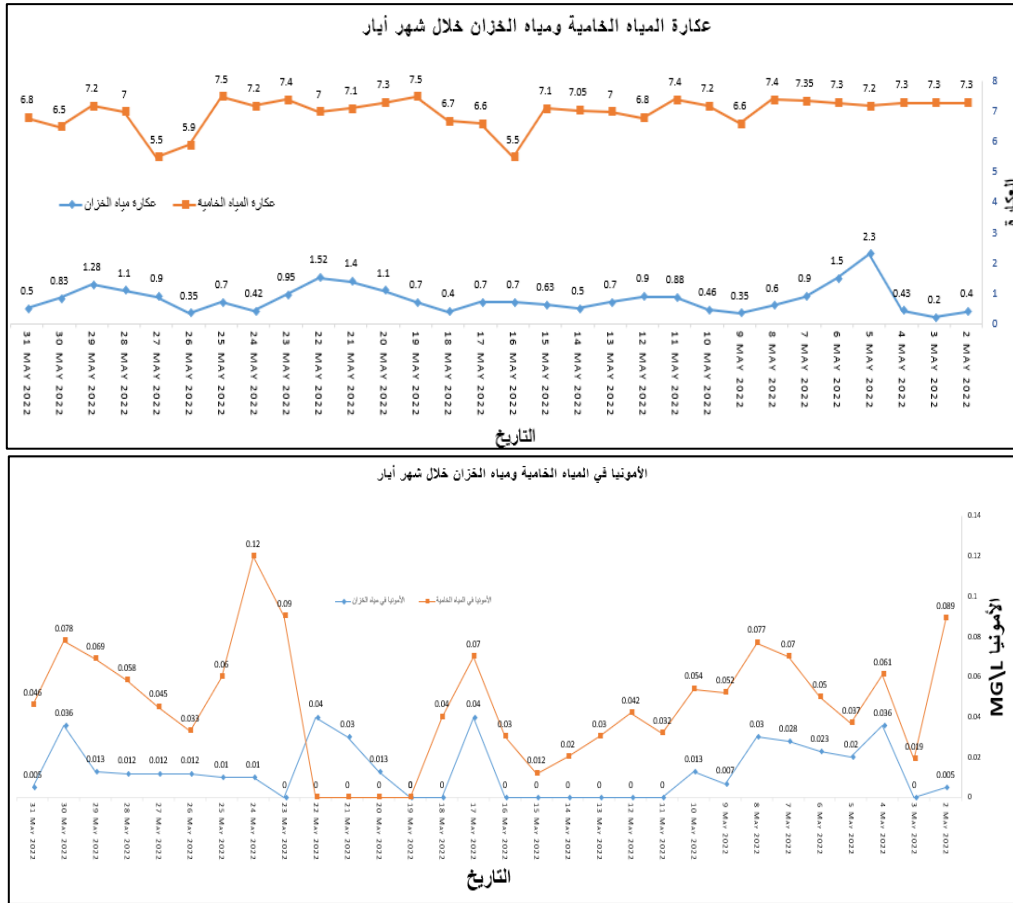


❖ هذا إذا كانت قلوية الماء الطبيعية كافية أما إذا كانت غير كافية ففي هذه الحالة يضاف الكلس المطفأ أو كربونات الصوديوم لتعديل قيمة PH المياه وفق التفاعل التالي:



- إنّ ماءات الألمنيوم المتشكلة هي مادة هلامية تقوم بتجميع الذرات الناعمة وبعض الجراثيم حيث يزداد وزنها فيسهل ترسيبها في أحواض الترسيب. كما تشكل المادة الهلامية غشاءً رقيقاً على سطح الرمل في أحواض الترشيح فتحجز مرور الطمي والجراثيم التي لم تترسب في أحواض الترسيب. من مساوئ استخدام الشبّة هي حساسيتها الزائدة لدرجة الحرارة و PH المياه المعالجة. [7]

مراحل العمل على التحكم بجرعة الشبّة: تمت متابعة العوامل المؤثرة على عملية التخثير وبشكل أساسي قيمة PH المياه، والتي لها علاقة مباشرة بجرعة الشبّة. فوجد أن قيمة PH المياه الناتجة متفاوتة على مدار اليوم وبفروق كبيرة نسبياً إضافة إلى أن نسبة التخلص من الملوثات كانت متفاوتة أيضاً، كما هو موضح في الشكل (16).



الشكل رقم (16): قيم العكارة والأمونيا في المياه الخام ومياه الخزان خلال شهر أيار

إن سبب اختلاف هذه القيم في الواقع هو إضافة جرعة الشبة فقد تم ملاحظة ما يلي:

1- يجب تحضير محلول الشبة بشكل جيد (أي خلط بدرجة الشبة أثناء تفرغها في الخزانات بشكل جيد ولمدة كافية) وتحريكه بشكل مستمر وبتوتر زمني معين طيلة فترة استهلاك المحلول من الخزان، فكلما قلت الفترة الزمنية الفاصلة بين عمليتي تحريك الخلاط كان الوضع أفضل، ويتم تحديد هذه الفترات الزمنية على أرض الواقع. في حال كان تحضير محلول الشبة في الخزانات غير جيد ولم يتم تحريك محلول الشبة في الخزان خلال استهلاكه أو تمت عملية التحريك بفواصل زمنية كبيرة ينتج ما يلي:

- تشكل طبقة لزجة (عبارة عن المادة الفعالة) في قاع الخزان ويصعب التخلص منها.
- تصبح الجرعة المضافة والمحددة بالاستعانة بتجربة *jar test* غير صحيحة.
- خسارة في مادة الشبة.
- تشكل فلوكات ذات بنية سيئة.
- انسداد مضخات التجريخ بالمواد المترسبة في قاع الخزان.
- بذل جهود كبيرة للتخلص من المادة الهلامية المترسبة.

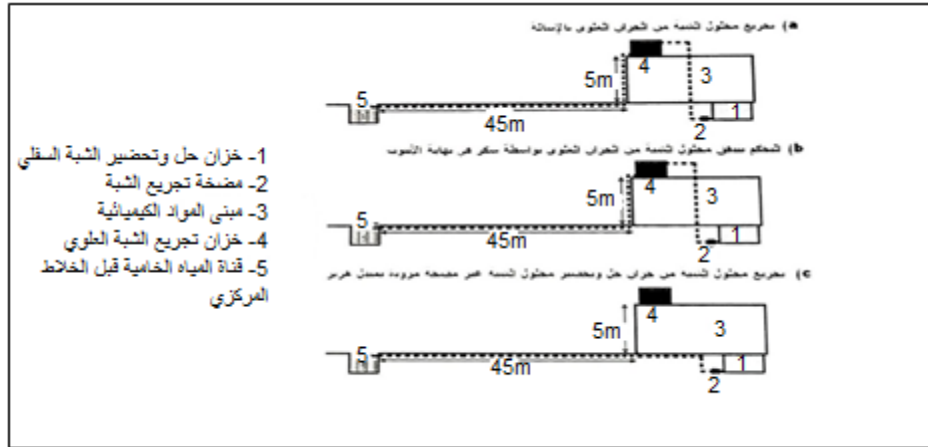
حديثاً تم العمل على إزالة الطبقة اللزجة من أسفل الخزان وتم التوصل لأفضل الأساليب التي تحد من تشكلها بتشغيل خلاط لخزان الشبة كل ساعتين لمدة نصف ساعة فأصبح عمل مضخات التجريخ أكثر استقراراً.

2- يجب التأكد من ثبات عمل مضخة تجريخ محلول الشبة (كمية المحلول المضخوخة ثابتة طوال فترة استهلاك الخزان) بغض النظر عن ارتفاع المحلول في الخزان. وتم تثبيت عمل المضخة عبر المراحل التالية، الشكل (17).

(a) كان يتم رفع محلول الشبة المحضر في خزان سفلي إلى خزان على سطح مبنى تحضير مواد كيميائية وتجريعه بالإسالة، وبالمتابعة الآتية لتناقص محلول الشبة في الخزان لوحظ أن تناقص منسوب محلول الشبة يقل كلما انخفض منسوب المحلول في الخزان (عند إملاء الخزان يكون التناقص أعظماً).

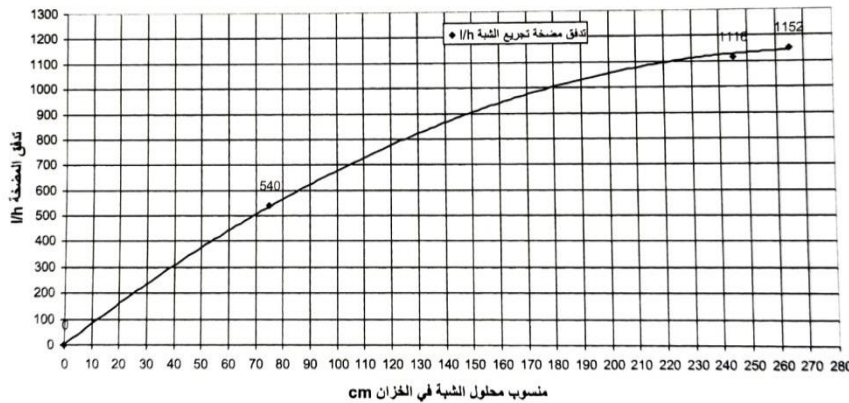
(b) تم تركيب سكر عند نهاية خط الإسالة في محاولة للتحكم بتناقص منسوب محلول الشبة فتبين صعوبة هذا الإجراء عملياً.

عند إلغاء آلية التجريع من خزان الشبة العلوي ومحاولة التجريع من خزان سفلي بواسطة المضخة المركبة لوحظ أن تجريع المضخة يتأثر بارتفاع محلول الشبة في الخزان.



الشكل رقم (17): مراحل اختبار ثبات عمل مضخة تجريع الشبة

تم تركيب مبدل هرتز للمضخة من أجل التحكم بكمية محلول الشبة المجرعة لحظياً وتم متابعة تدفق المضخة في حال امتلاء الخزان من أجل قيم مختلفة لهرتز المضخة. ومن ثم تم متابعة التدفق من الخزان مع هرتز ثابت للمضخة من أجل انتهاء كامل المحلول من الخزان فنتجت لدينا منحنيات لها الشكل المبين بالمخطط رقم (18).



الشكل رقم (18): العلاقة بين تدفق المضخة ومنسوب المحلول في الخزان

وهذا يدل على تبدل تصريف المضخة من أجل استهلاك الخزان، علماً بأن تغيير تصريف المضخة مع الزمن يؤدي إلى:

- عدم ثبات أنماط الفلوكوات المتشكلة على مدار الساعة وبالتالي تذبذب كفاءة عمل المرشحات والمرشحات.
- خسارة في كمية الكلور والشبة المضافة إذ تؤثر كمية الشبة المضافة على قيمة pH المياه وبالتالي على تفاعل الكلور مع هذه المياه مما يحد من قدرة الكلور أحياناً على التخلص من الحمل الجرثومي الموجود في المياه.

تم تجريب استهلاك الخزان من أجل قيم متغيرة لهرتز المضخة فكانت لدينا النتائج التالية:

الجدول رقم (3): تجريب معدل استهلاك خزان تجريب الشبنة من أجل قيم متغيرة لهرتز المضخة.

تدفق المضخة الوسطي l/h	ارتفاع محللول الشبنة التراكمي المسحوب من الخبزان (cm)	هرتز المضخة الذي تم تجريبه	عدد ساعات استهلاك الخبزان
1341.1	124	20	1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
			8
			9
584.3	6	20.5	10
778.7	8	22	11
973.4	20	23	12
973.4			13
778.7	16	23	14
778.7			15
973.4	20	24	16
973.4			17
900.4	37	24	18
900.4			19
900.4			20
900.4			21
746.3	23	24	22
746.3	23	24	23
746.3			24

وبعد عدة تجارب تم التوصل إلى القيم التالية لهرتز المضخة من أجل أن يتناقص منسوب محللول الشبنة بمقدار 10 cm/h وبتصريف وسطي للمضخة يعادل 975 l/h .

الجدول رقم (4): قيم هرتز المضخة لتثبيت تناقص منسوب محلول الشبة وتصريف مضخة التجريع

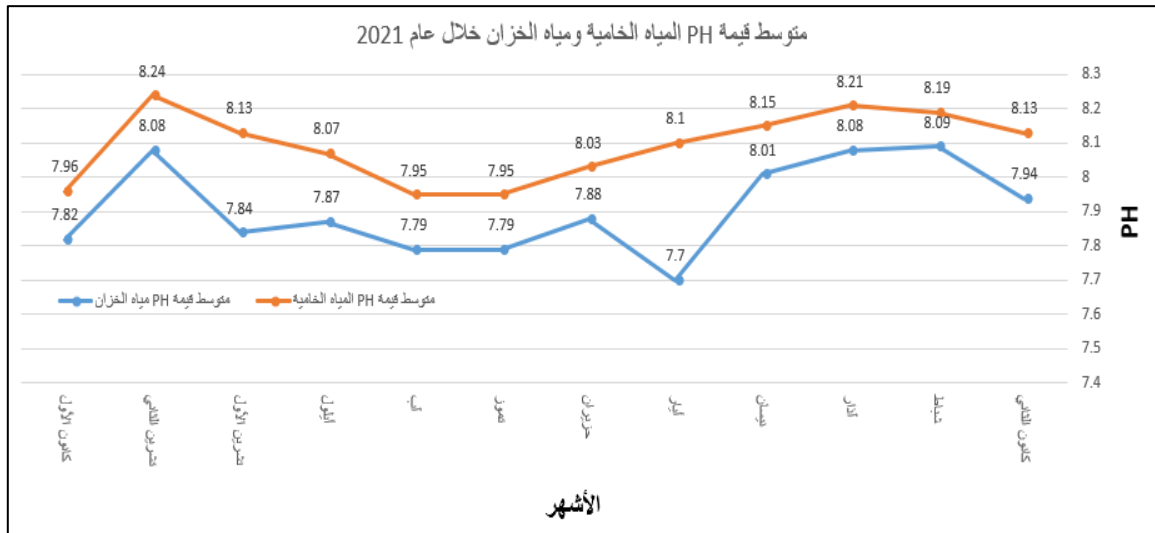
عدد ساعات الاستدلال للخط	هرتز المضخة
24	24.5
23	24.5
22	24.5
21	24.5
20	24.5
19	24.5
18	24
17	24
16	24
15	24
14	24
13	23
12	23
11	23
10	23
9	20
8	20
7	20
6	20
5	19.5
4	19.5
3	19.5
2	19.5
1	19.5

عند بداية الضخ يكون ارتفاع محلول الشبة في الخزان **265cm** ويصبح **25cm** بعد مرور **24cm** أي يتناقص ارتفاع الشبة في الخزان **10cm** كل ساعة ويعادل تصريفاً وسطياً للمضخة بحدود **975 l/h**
3- يجب أن يكون توضع نقطة حقن محلول الشبة في المكان المناسب بحيث تمزج بشكل جيد قبل أن تبدأ المعالجة، ويمكن الاستدلال على صحة توضع نقطة الحقن من ثبات نوعية المياه الخارجة من المرشحات سواء من النواحي الفيزيوكيميائية أو الجرثومية.

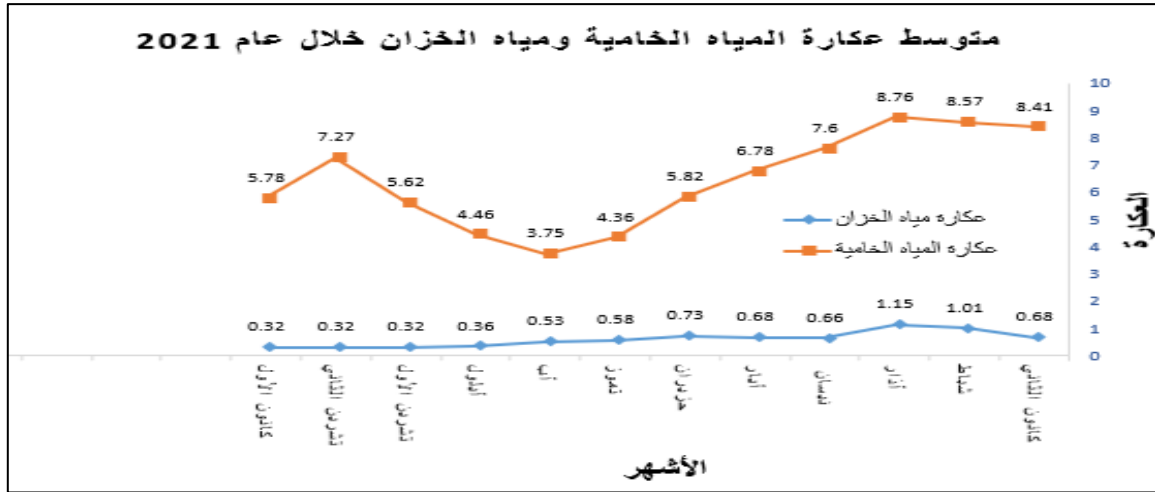
علماً بأنه إذا كانت نقطة حقن الشبة في المكان غير المناسب ينتج لدينا ما يلي:

- ◆ نتائج تحاليل المياه على مخرج المرشحات غير متجانسة. ◆ تشكل فلوكات غير متجانسة في أحواض الترسيب.
- ◆ تفاعل الكلور غير متجانس بين أحواض الترسيب.

للتحقق من صحة اختيار مكان نقطة حقن محلول الشبة بما يحقق المزج التام للشبة مع المياه وبشكل عملي على أرض الواقع، تم مراقبة مواصفات المياه على مخرج كل مرسب على حدى، فطالما كانت كمية المياه الداخلة للمرشحات وحجومها متساوية فإن مواصفة المياه الخارجة منها يجب أن تكون متساوية في حال التوزيع المنتظم للمخثر ضمن المياه الداخلة للمرشحات. إن أهم المؤشرات التي تم مراقبتها هي قيم العكارة و **PH**.



الشكل رقم (19): متوسط PH المياه الخامية ومياه الخزان خلال عام 2021

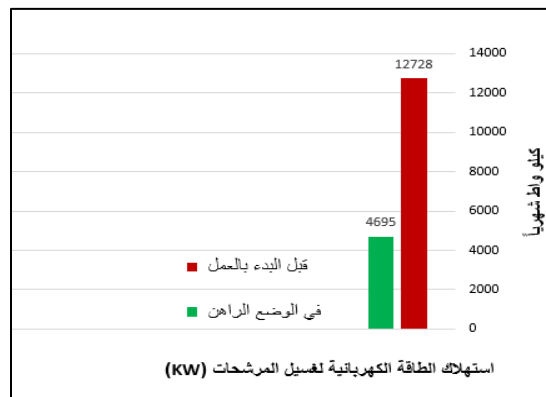
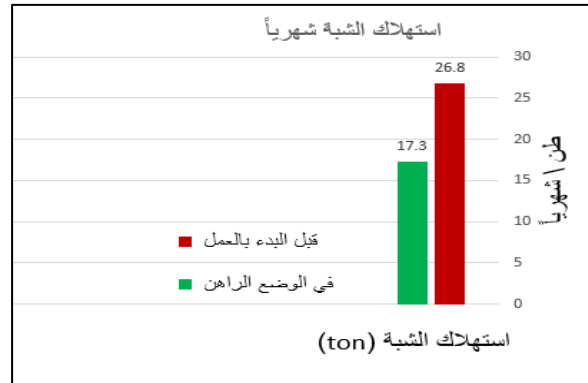
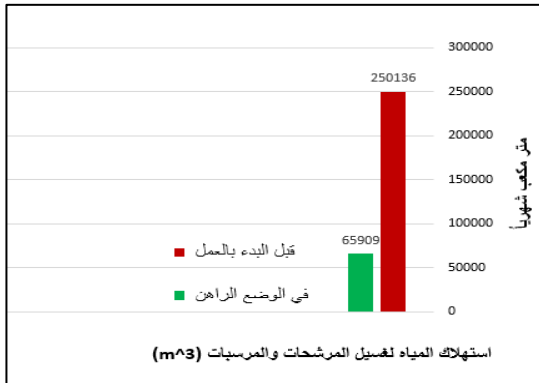


الشكل رقم (20): متوسط عكارة المياه الخامية ومياه الخزان خلال عام 2021

5- الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

بعد تشغيل المحطة مع ثبات تصريف مضخة تجريع الشبة بتثبيت مبدل الهرتز ضمن المجال (19,5-24,5) Hz لوحظ زيادة كفاءة عمل المرشحات وتم التوصل إلى النتائج التالية:

1- الحد من استهلاك كلاً من الشبة والطاقة المستخدمة في عمليات غسل المرشحات نتيجة تقليل عمليات الغسيل ومدة عملية الغسيل، إضافة إلى تقليل كمية المياه المستخدمة في غسل المرشحات. كما هو مبين في الشكل (21).



الشكل رقم (21): تأثير ثبات تصريف مضخة تجريع الشبة على: استهلاك الشبة، استهلاك المياه والطاقة الكهربائية لغسيل المرشحات

2- التقليل من الجهد المبذول من قبل عمال المحطة في: عمليات غسيل المرشحات نتيجة خفض عدد عمليات الغسيل ومدة عملية الغسيل، وإزالة الرواسب من أحواض تحضير محلول الشبة، وإزالة الطمي أسفل المرشحات نتيجة عدم تجاوز المرشحات لعدد ساعات العمل المطلوبة وبالتالي عدم اختراق الندف لطبقة الرمل وتجمعها أسفل كل مرشح، وكذلك في إزالة الطمي من خزانات المياه النقية.

3- زيادة العمر الاستثماري للمعدات الميكانيكية والكهربائية المستخدمة في عملية تحضير محلول الشبة وغسيل المرشحات نتيجة انخفاض تواتر عملية تشغيلها كما هو موضح في الشكل (22).



الشكل رقم (22): تأثير ثبات تصريف مضخة تجريع الشبة على: عدد عمليات غسيل المرسبات والمرشحات وكمية المياه المهدورة

6- المراجع: References

- 1- Standard methods for the examination of water or waste water 15th edition 1980 , edition 1995.
- 2- Operation and control of water treatment processes, monograph series. WHO 1964.
- 3- American Water Works Association. Water Quality and Treatment, – 4th ed. New York: McGraw–Hill, 1990.
- 4- Controlling Radionuclides and Other Contaminants in Drinking Water Supplies: A Workbook for Small System. Denver, Colo, American Water Works Association, 1991.

- 5- Clup, Wesner, and R. L. Clup. Handbook of Public Water System. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- 6- Von Huben, H. Surface Water Treatment: The New Rules. Denver, Colo,:American Water Works Association,1991.

7- تنقية مياه الشرب ومعالجة مياه الصرف بالفيوم، د. خالد عرفة صديق ، 2021.

8- المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في مدينة حماة.