مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (5) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (5) 2011

استخدام المرشحات ثنائية الطبقة في تنقية مياه الشرب في السن

د. أحمد قصير*
د. هناء سلمان**
سماح أسعد***

(تاريخ الإيداع 14 / 7 / 2011. قُبِل للنشر في 26 / 9 / 2011)

□ ملخّص □

يتلخص موضوع هذا البحث في دراسة فعالية تنقية مياه نبع السن من المواد العالقة بطريقة الترشيح السريع باستخدام المرشحات السريعة ثنائية الطبقة (رمل– انتراسيت) ولذلك تم تصميم نموذج لمحطة مخبريه تتألف من مرشح ثنائي الطبقة ارتفاع الحشوة الكلي (1m) تتألف من (60cm) رمل ومن (40cm) انتراسيت، وباتجاه جريان من الأعلى إلى الأسفل وبسرعات متفاوتة، أجريت مجموعتان من التجارب على هذا المرشح الأولى كانت بدون إضافة مخثر والثانية كانت مع إضافة مخثر حيث تراوحت قيم سرعة الترشيح بين (7-16)m/h وقيم العكارة بين g/m³(7-28) وبعد مقارنة النتائج بين الحالتين تبين أنه باستخدام المرشحات السريعة ثنائية الطبقة (رمل– انتراسيت) مع إضافة مخثرات يمكن تنقية المياه السطحية الحاوية على مواد عالقة تصل حتى 30 g/m³ بكفاءة جيدة كذلك تخفيض كمية مياه الغسل والحصول على درجة تنقية أعلى وإنتاج كمية مياه أكبر كذلك التوفير المادي.

الكلمات المفتاحية: مرشحات سريعة، ثنائي الطبقة، انتراسيت، تنقية المياه.

* أستاذ – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** أستاذ مساعد – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
*** طالبة ماجستير – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (5) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (5) 2011

Using Two-Tier Filtration of Al-Sinn Drinking Water

Dr. Ahmad Kassir[*]
Dr. Hana Salman[**]
Samah Assad[***]

(Received 14 / 7 / 2011. Accepted 26 / 9 / 2011)

□ ABSTRACT □

This research aims to study the filtration efficiency of Al-Sinn water by removing suspended solids using two-layer rapid filtration (sand-anthracite), To achieve that, a filtration system consisting of a two-tier filter has been designed; its entire height is (1m) consisting of two layers: the first one is (60cm of sand) and the second one (40cm of anthracite), with water flowing downwards at different filtration speeds; the filtration speed was (7-16) m/h, and turbidity was (7-28)g/m³. Two kinds of experiment have been carried out with and without using coagulants. After comparing the results of both cases, it turned out that by using two-tier speed coagulant surface water containing suspended solids of up to (30 g/m³ can be treated more efficiently, and could reduce the amount of washing water and achieve a higher degree of filtration and produce more water at a low cost.

Keywords: speed filtration, dual media, anthracite, purification.

[*] **Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**] **Associate Professor Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[***] **Postgraduate Student, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

المقدمة:

اكتسبت المرشحات الرملية أهمية كبيرة في مجال تنقية المياه الطبيعية للاستفادة منها في مياه الشرب أو في المجالات الصناعية، وقد شهدت عملية الترشيح قفزات علمية وتطبيقاتها مستمرة بدأها العالم (Fuller) في عام 1897 حين أزاح المرشح الرملي البطيء ليحل محله المرشح الرملي السريع، ففي المرشحات البطيئة يتشكل عادة غشاء من المواد المعلقة في المياه على سطح الحشوة المرشحة، وعند ازدياد سرعة الترشيح لا تتوقف هذه المواد على سطح الحشوة فقط وإنما تدخل أيضاً ضمن فراغاتها، إن هذا الوصف لا يوضح بشكل كاف عملية التنقية في المرشحات السريعة ولكنه ظل مستخدماً حتى نهايات الأربعينات من القرن العشرين. مثلاً ربط العالم السوفياتي ف.ت.تورتشينوفيتش في عام 1932 فعالية تنقية المياه بالترشيح بالأبعاد الهندسية للجزيئات والجسيمات المشتتة وبسرعة الترشيح، ولاحظ أن حجز الشوائب الصغيرة الحجم يتطلب سرعات ترشيح صغيرة ورمل ناعم، وأوضح أ.أ.كستالسكي وف.أ.كلاشكو عام 1953 أن نسبة المواد العالقة التي تدخل في الطبقة المرشحة ومدى دخولها فيها تتعلق بعدة عوامل أهمها سرعة الترشيح وتتناسب طرداً معها، حجم حبيبات الطبقة الراشحة وتتناسب طرداً معها، قطر الجسيمات العالقة وتتناسب عكساً معها.

أكد العالم الروسي د. م. مينتس في نهاية الأربعينات وبداية الخمسينات اعتماداً على الأبحاث التي أجراها أن عملية تنقية المياه في المرشحات هي عبارة عن مجموع لنتيجة عمليتين متعاكستين: أولاً: نزع الجسيمات من المياه وتجمعها على حبيبات طبقة الترشيح تحت تأثير قوى التجاذب، ثانياً: فصل هذه الجسيمات الملتصقة سابقاً عن حبيبات الحشوة ثم عودتها إلى المياه تحت تأثير قوة الدفع الهيدروليكية للتيار المائي. وبنفس الوقت أوضح مينتس أن المقاومة النوعية للطبقات العليا من حشوه المرشحات السريعة أكبر من المقاومة النوعية للطبقات الواقعة أسفل منها وذلك لتلوثها خلال عملية الترشيح من الأعلى إلى الأسفل ولأن الأبعاد الخطية لفراغات الأقنية صغيرة بالمقارنة مع فراغات أقنية الطبقات السفلى، وبذلك يكون قد أثبت عدم اكتمال عملية الترشيح باتجاه زيادة حجم حبيبات الحشوة المرشحة. لذلك اقترح مينتس عام 1951 استخدام مبدأ جديد في الترشيح بحيث تتوقف الكمية الكبرى من المواد العالقة في الطبقات ذات المقاومة النوعية الأصغرية، أما تأثير قوى الاحتكاك في أي مقطع من الحشوة فيتعادل بسبب دخول المياه بوقت واحد إلى الحشوة المرشحة من الأسفل إلى الأعلى في الطبقات السفلية ومن الأعلى إلى الأسفل في الطبقات العليا كما هو الحال في المرشح ثنائي التدفق. ويمكن أيضاً تطبيق هذه الفكرة باستخدام مرشح متعدد الطبقات من مواد مختلفة التجانس، كذلك يعتبر المصفي التماسي من المنشآت الحديثة التي ينطبق عليها مبدأ الترشيح باتجاه التناقص الحجمي لحبيبات الحشوة المرشحة حيث تتحرك المياه الخامية فيه من الأسفل إلى الأعلى، وهذا ما جعل د.م.مينتس ينصح باستخدامه في تنقية المياه الطبيعية وعلى مرحلة واحدة بدون ترسيب. في المرحلة التالية عمد الباحثون إلى تطوير المرشحات وتحسين عملها بتبديل رمل الكوارتز بمواد مرشحة محلية أخرى سطح حبيباتها أكبر من سطح رمل الكوارتز [1].

إن الترشيح عبر الطبقات الثنائية قد اختبر منذ العام 1930 ومر بعدة مراحل، إن الدراسات القياسية للمرشحات الثنائية الطبقة باعتبارها مفهوماً جديداً في معالجة المياه قد طورت في العقد الحالي، على الرغم من أنه في العام 1935 قام (باليس) بعدة تجارب على مرشح يتألف من عدة طبقات مستخدماً الماغناتيت والانتراسيت مع الرمل، ولم تنشر نتائج الدراسات المتعلقة بالمرشحات ثنائية الطبقة حتى العام1960، ونشر العالم روبيك في العام 1963 تقريراً في جنوب كارولينا وصنف في هذه التجارب مختلف أنواع الطبقات المستخدمة وسلوكها في إزالة العكارة [2].

أجريت دراسات أخرى مكتملة في هذا المجال عام1970 لإرساء نظام الفلاتر الثنائية وقد تبنته جامعات مختلفة في الولايات المتحدة وأصبح مستخدماً في محطات التنقية في كل من نيويورك، ماريلاند، شمال شيكاغو بالإضافة إلى كاراكاس [3].

وفي مدينة ثيسالونيسكي في اليونان تمت المقارنة بين نظام عمل مرشح رملي بارتفاع (1متر) ونظام عمل مرشح ثنائي الطبقة مؤلف من (60سم) رمل في الأسفل و(40 سم) فحم انتراسيت في الأعلى وقيمت الكفاءة بإزالة العكارة فوجد أن المرشحات الأحادية والثنائية الطبقة قد أعطت مياه بنفس الجودة ولكن بدورة ترشيح أكبر للمرشح ثنائي الطبقة [4].

أهمية البحث وأهدافه:

انتشر الترشيح السريع باستخدام المرشحات الحبيبية بشكل واسع في تنقية المياه الطبيعية ذات المواصفات المحددة لأغراض الشرب وتتجلى أهمية البحث في دراسة فعالية هذا النظام في تنقية المياه الطبيعية ضمن مرشح حبيبي ثنائي الطبقة (رمل+انتراسيت) بإضافة مواد مخثرة والاستفادة من النتائج لتقييم فعالية المرشحات الحبيبية الموجودة في محطة التنقية في السن وذلك من خلال إجراء تجارب مخبريه على مياه خامية معكرة مخبرياً عن طريق إضافة طمي مأخوذ من بحيرة السن واستنتاج إمكانية تحسين أداء محطات التنقية التي تعمل بنفس النظام سواءً في السن أو في محطات أخرى مشابهة، ويهدف البحث إلى:

1- تطبيق نظام الترشيح السريع باستخدام المرشحات الحبيبية الثنائية الطبقة (رمل+انتراسيت) في تنقية المياه بعكارات مختلفة وسرعات مختلفة وتحديد فعالية هذا النظام من خلال تحقيق درجة التنقية المطلوبة للمياه الطبيعية.

2- تحديد المتحولات التصميمية لعمل المرشح اعتماداً على معالجة رياضية للنتائج التجريبية.

موقع الدراسة:

تعتبر محطة تنقية مياه اللاذقية في موقع السن (القديمة) أحد أهم منشآت نظام تزويد مدينة اللاذقية ومناطقها بالمياه النقية من نبع السن حيث تعامل مياه هذا النبع على أنها مياه جوفية ذات مواصفات جيدة وصالحة للشرب وقليلة الملوثات لذلك يمكن معالجتها بطريقة المرشحات السريعة التي تعمل بتأثير الجاذبية والتي تتراوح سرعتها من 8-12 m/h وهي جزء لا يتجزأ من هذا النظام علماً أن معظم تجهيزات المحطة القديمة قد تعرض للاهتراء وخاصة الأنابيب الفولاذية وذلك نتيجة لعوامل مختلفة أهمها: الرطوبة مما أدى إلى توقف معظم هذه التجهيزات عن العمل وخاصة نظام الغسيل بالهواء، إن المياه الخامية تدخل إلى هذه المحطة بطريقة الضخ وبدراسة الموقع طبوغرافياً تبين أنه من الممكن جر المياه الخامية إليها بطريقة الإسالة عن طريق ربطها بالبحيرة بخطوط جر فولاذية محمية، وبالتالي يمكن زيادة مردود المحطة الكلي اليومي بمضاعفة طاقتها من $100000m^3/day$ إلى $200000m^3/day$ وسوف تعمل المحطة القديمة بشكل موازٍ مع محطة التنقية الثانية (الجديدة) والتي تبلغ غزارتها التصميمية حوالي $200000m^3/day$ مما يسهل على المؤسسة إيصال مياه الشرب إلى كافة مناطق المحافظة التي تزود من نبع السن وهذا هو الهدف الأساسي للمؤسسة، يتم تزويد المحطة بالمياه الخامية من بوابات التغذية الرئيسية عن طريق أنابيب جر قطر(1000-1200mm) بالإسالة حيث يزود كل مرشح من مرشحات التنقية بأنبوب من الفولاذ المحمي أو الفونت المرن مباشرة

عن طريق وصله بأنبوب التغذية الخامية ويتم التحكم بكميات المياه الداخلة إلى المرشح عن طريق تيه مع سكر عادي وبما أن الغزارة حسب المردود الجديد للمحطة هي:(Q=2400)l/sec وسرعة الترشيح تتراوح بين /8-12m الترشيح المعتمدة فهي من الانتراسيت والرمل وفق المواصفات التالية:

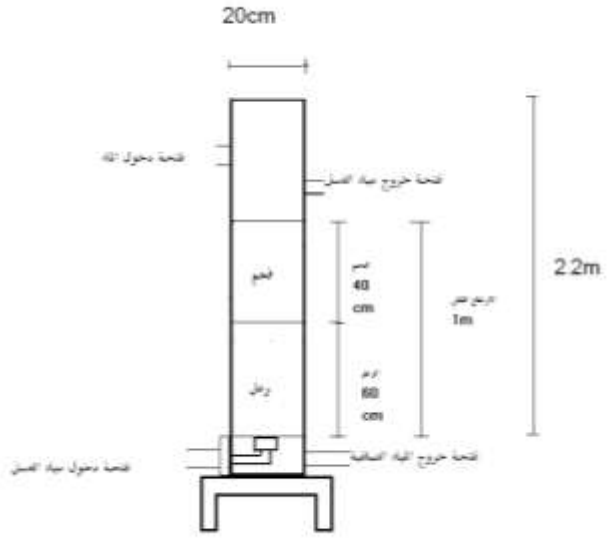
ارتفاع طبقات الترشيح الكلي(1 m)، الطبقة العلوية انتراسيت بسماكة (0.4m)، قطر حبيبات الانتراسيت 0.8-1.8 mm، عامل عدم التجانس (1.5-2)، الطبقة السفلية رمل بسماكة (0.6m)، قطر حبيبات الرمل 0.6-1.2 m عامل عدم التجانس(2)، كما يتم غسل المرشح بالماء فقط بسبب وجود طبقة الانتراسيت وتلافياً لخروجها مع مياه الغسل وتكون شدة مياه الغسل ($W=13\ L/m^3.sec$) [5].

طرائق البحث ومواده:

قدم في هذا البحث دراسة حول نظام تنقية المياه الطبيعية بالترشيح السريع والذي تطلب تصميم وتركيب مرشح سريع بطبقتي ترشيح والذي يعتبر من أهم عناصر محطة الترشيح التجريبية وهو يمكن أن يعطي نتائج كافية الدقة ضمن الظروف المخبرية والعملية، استعملت كمياه خامية في التجارب المخبرية مياه شبكة المدينة أضيف إليها الطمي الذي أحضر من بحيرة السن، كما جرى تخثير الشوائب في المياه الخامية بمحلول كبريتات الألمنيوم.

- التجهيزات المخبرية المستخدمة:

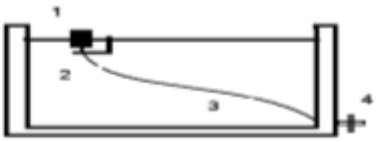
1- المرشح: وهو عبارة عن أنبوب مصنع من مادة البولي ايتيلين المستخدمة في تمديدات مياه الشرب بقطر داخلي (20 cm) وارتفاع (220 cm) ومساحة مقطعه العرضي ($0.0314\ m^2$) ثبت جسم المرشح على قاعدة فولاذية بواسطة مرابط تثبيت تدخل المياه إلى جسم المرشح من الفتحة العلوية فتحة أنبوب دخول الماء وتخرج من الفتحة السفلية فتحة أنبوب خروج الماء، كما هو موضح في الشكل (1).



الشكل (1) المرشح التجريبي

2- جهاز قياس جرعة المخثر: يعطي هذا الجهاز كمية ثابتة من محلول المادة الكيميائية المستخدمة وصنع هذا الجهاز من الزجاج الذي لا يتأثر بالمواد الكيميائية الشكل (2) أبعاده (50*50*30cm) يتم دخول المحلول من

الفتحة 2 والتي تتوضع على مسافة ثابتة من سطح المحلول حيث أنها مثبتة إلى الفواشة 1 وتقع فتحة خروج المخثر أسفل الحوض 3 ومتصلة مع صنبور التحكم 4.

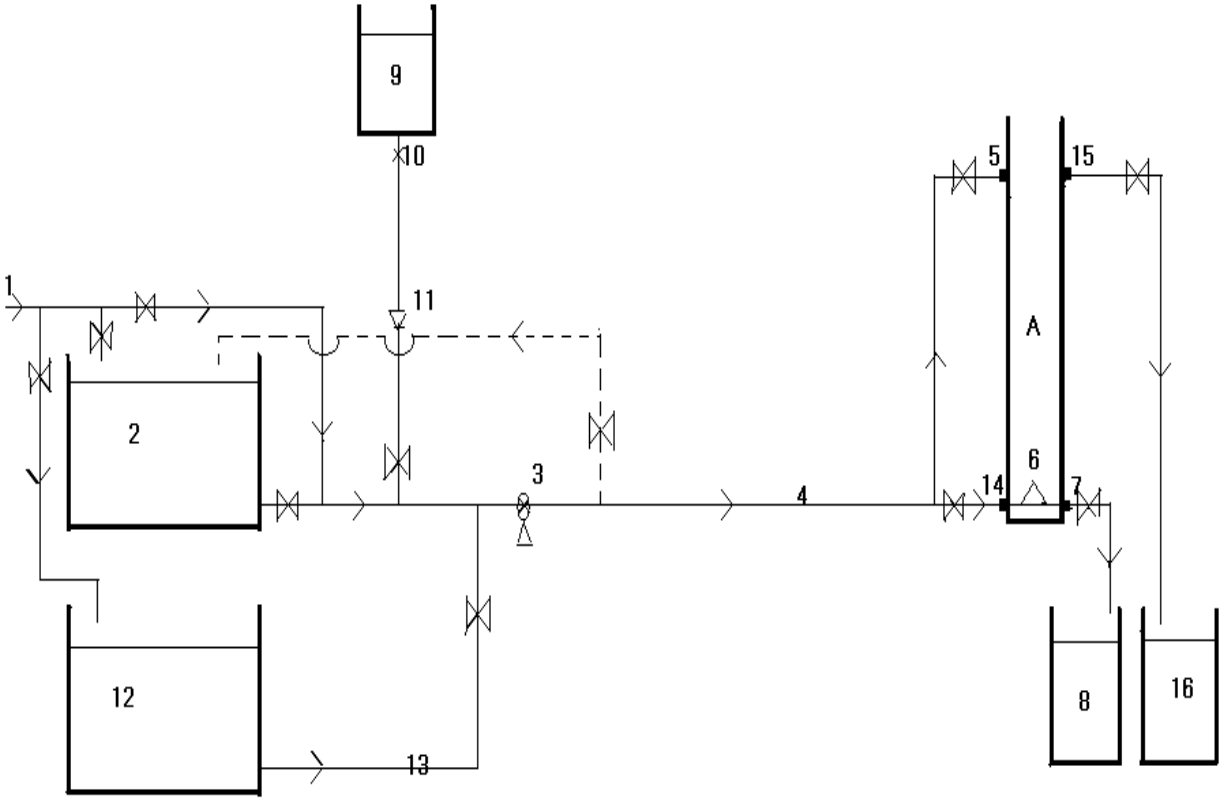


الشكل (2) جهاز قياس جرعة المخثر
1: الفواشة، 2 : فتحة دخول المحلول، 3 : أنبوب مرن، 4 : صنبور التحكم.

3- المضخات المستخدمة: مضخة عدد (1) مع محرك كهربائي نوع calpeda إيطالية الصنع استطاعة (0.5horse) بقطر (3/4in).

- وصف محطة الترشيح التجريبية:

تتألف محطة الترشيح التجريبية كما يبين الشكل (3) من الأقسام التالية : قسم تحضير الماء المعكر اصطناعياً، قسم التخثير، المرشح. تصب المياه من قسطل شبكة المدينة (1) في الخزان (2) حيث تحضر المياه المعكرة بالتركيز المحدد حسب خطة التجارب لكل تجربة ويجري ضخ تلك المياه المعكرة بواسطة المضخة (3) عبر القسطل (4) إلى الفتحة العلوية (5) التي تدخل منها المياه إلى المرشح (A) وترشح المياه الخاضعة للمعالجة عبر طبقة الترشيح في المرشح من الأعلى إلى الأسفل وتمر من خلال المصفاة (6) وبالنهاية تنتقل بواسطة القسطل (7) خارج المرشح إلى الخزان (8) حيث يتم أخذ عينات المياه منه للتحليل أما جرعة المحلول المخثر تمر عبر الفتحة الموجودة أسفل خزان التخثير (9) ويتم تنظيم جرعة المخثر عن طريق الصمام (10) عند مخرج المحلول المخثر من خزان التخثير لتصب في القمع (11)، أما مياه الغسل فنستخدم المياه من شبكة المدينة من الخزان (12) وتمر عبر القسطل (13) وتضخ عبر المضخة (3) وتدخل جسم المرشح من الفتحة السفلية (14) وتخرج منه من الفتحة (15) لتصب في الخزان (16).



الشكل (3) محطة الترشيح التجريبية

1- قسطل شبكة المدينة 2- خزان المياه المعكرة 3- مضخة 4- قسطل دخول المياه للمرشح 5- الفتحة العلوية لدخول المياه إلى المرشح 6- مصفاة 7- الفتحة السفلية لخروج المياه الصافية 8- خزانا المياه الصافية 9- خزان التخثير 10- صمام تنظيم جرعة المخثر 11- قمع 12- خزان مياه الشبكة المستخدم للغسيل 13- قسطل 14- الفتحة السفلية لدخول مياه الغسل 15- الفتحة العلوية لخروج المياه من المرشح 16 –خزان مياه غسل المرشح

النتائج والمناقشة:

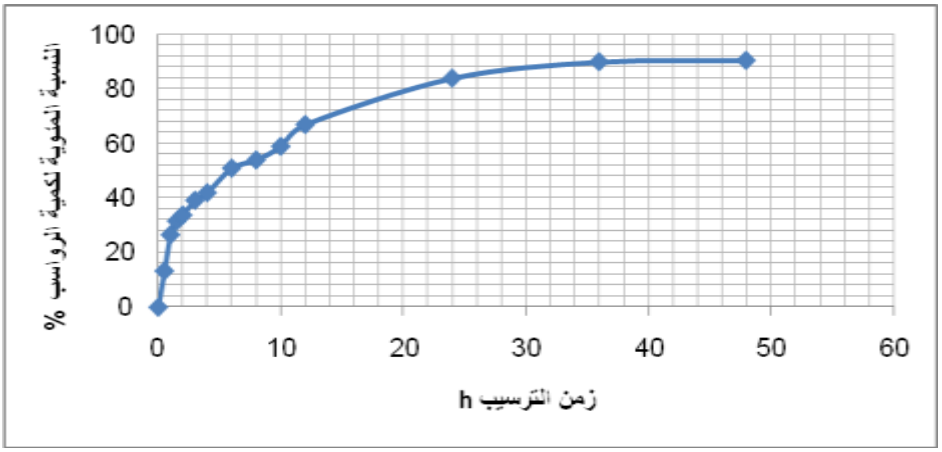
- معطيات ومتحولات عمل المحطة:

يعتمد تقييم فعالية عمل المرشحات السريعة ثنائية الطبقة على قدرتها في تخليص المياه الخامية الداخلة إليها من المواد العالقة ضمن نظام عمل محدد بمتحولات تكنولوجية معينة، أهم المعطيات التي تعتمد عند دراسة عملية التنقية بالترشيح هي: نوعية المياه الداخلة إلى المرشح، التدرج الحبي للحشوة المرشحة، ارتفاع الحشوة المرشحة، سرعة الترشيح التي يعبر عنها بكمية المياه المارة عبر واحدة سطح المرشح في واحدة الزمن. أما العوامل المؤثرة على جرعة

المخثر من درجة حرارة وpH فقد كان تأثيرها لا يذكر حيث كانت درجة الحرارة في ظروف العمل المخبرية شبه ثابتة خلال كل تجربة.

أولاً: نوعية المياه الخام:

إن أهم المعطيات التي تعتمد عند دراسة عملية التنقية بالترشيح هي نوعية المياه الخام، الحشوة المرشحة ومواصفاتها، سرعة الترشيح، أما بعض المعطيات الأخرى مثل جرعة المادة المخثرة ودرجة حرارة المياه الخامية في الحالة المدروسة فقد أهملت حيث بقي تأثير هذين العاملين ضعيفاً على عملية التنقية لتغيرهما ضمن مجال صغير، كما تم قياس الـ(pH) أثناء التجارب وكان أيضاً تغيره ضمن مجال صغير وقيمته تقع ضمن المجال (7-7.5). تعتبر كمية المواد العالقة من أهم العوامل المؤثرة على عملية الترشيح وتم اعتبار الحد الأعلى لكمية المواد العالقة تساوي ($28\ g/m^3$)، والحد الأدنى لكمية المواد العالقة تساوي ($7g/m^3$)، لقد تم اختيار الطمي من بحيرة السن كمعكر للمياه المأخوذة من مياه شبكة المدينة، ومن أجل التأكد أن هذا المعكر مناسب لعملية الترشيح ولا يؤثر على صحة التجارب تم دراسة صلاحيته وكذلك عملية ترسبه كما يلي : تم إحضار كمية من الطمي الناعم من بحيرة السن ووضعت في حوض ومزجت مع الماء وتركت للترقيد لمدة نصف ساعة لإزالة المواد العالقة المترسبة، ومن ثم تركت للترقيد لمدة (48 h) ثم تم خلط المحلول وقطف المحلول العلوي وأجريت عليه تجربة تحديد السرعة الترسيبية Uo تم وضع عينة من الماء في سلندر ارتفاع الماء فيه (50 cm) ومن ثم تم أخذ عينات دورية مع الزمن من الـ (5 cm) العلوية وتم حساب فاعلية الترسيب. ويبين منحني الترسيب الموضح في الشكل (4) أن المعكر يتمتع باستقرار كبير مما يسمح باستخدامه بشكل جيد في التجارب المخبرية ضمن المرشحات.



الشكل (4) منحني الترسيب

من منحني الترسيب نلاحظ أن فعالية الترسيب لم تصل إلى 50% إلا بعد 6 ساعات وبقي بعد 48 ساعة كمية تزيد عن 11% لم تترسب بعد. أما بالنسبة للمواد المخثرة فقد تم استخدام كبريتات الألمنيوم النقية كمادة مخثرة وحددت جرعة المادة المخثرة بطريقة التخثير التجريبي للمياه الخامية (jar test) حيث يتم وضع لتر واحد من المياه الخامية المعروفة العكارة في كل دورق من الدوارق الستة الموجودة في جهاز تحديد الجرعة الكيميائية المخثرة ثم يضاف لكل منها كمية من المواد الكيميائية (كبريتات الألمنيوم) المحضرة سابقاً بنظامية معينة، ثم توضع الدوارق تحت هزاز كهربائي حيث يتم خلط جرعة المخثر مع المياه الخامية على مرحلتين: 1- خلط سريع لمدة (30 sec) 2- خلط بطيء لمدة (3-10 min)

وبعد نصف ساعة يتم أخذ عينات متساوية من كل دورق لقياس العكارة، فتكون الجرعة المثالية من المخثر من العينة التي تحتوي أقل كمية من المواد العالقة [6].

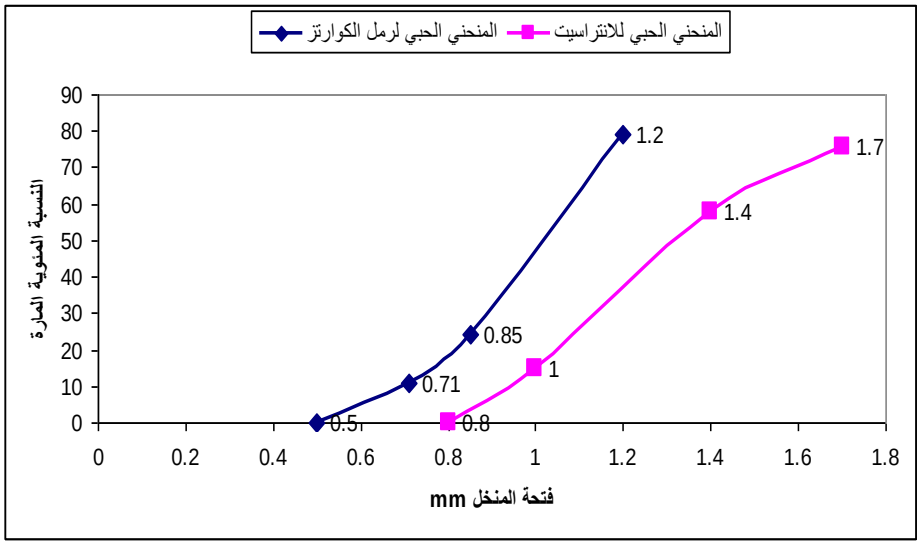
وبنتيجة هذه التجربة وبالاعتماد على أبحاث سابقة، تأرجحت الجرعة المثالية من المادة المخثرة بين (3-7 g/m³) من Al2O3 باعتباره المادة الفعالة في كبريتات الألمنيوم بنسبة 33.5% أي ما يعادل 25-40 g/m³ من كبريتات الألمنيوم وذلك تبعاً لكمية المواد العالقة في المياه الخامية. ثم تحسب كمية محلول كبريتات الألمنيوم الواجب إضافتها من القانون: D=Q.Dκ.1000/60.K [7،8].

Q: غزارة المياه الداخلة إلى المرشح بالساعة (m³/h)، Dκ: جرعة المخثر المختارة من Al2O3 (mg/L)

K: كمية Al2O3 في كبريتات الألمنيوم (g/L)، D: الكمية الواجب إضافتها من كبريتات الألمنيوم (mL/min)

ثانياً: الحشوة المرشحة:

تم اختيار التدرج الحبي وارتفاع الحشوة المرشحة اعتماداً على الأبحاث السابقة، مع الأخذ بعين الاعتبار مبدأ وخصائص عمل المرشح المدروس كذلك محاكاة المرشحات الموجودة في محطة التصفية الجديدة في السن [9,10].وتم اعتماد حشوه مؤلفة من طبقتين كتلك الموجودة في محطة التنقية في السن وهي رمل كوارتز ناعم وانتراسيت أحضر الرمل والانتراسيت من محطة السن وتم غسلهما جيداً وتجفيفهما وغربلتهما واختيار الأقطار المناسبة وكانت أقطار حبيبات الرمل تتراوح بين (0.5-1.2 mm) والقطر المكافئ (de=0.67) وعامل عدم التجانس(1.69) وكانت أقطار حبيبات الانتراسيت تتراوح بين (0.8-1.7 mm) والقطر المكافئ (de=0.993) وعامل عدم التجانس(1.7). كما حددت الكميات الواجب إضافتها من كل قطر بحيث يكون القطر المكافئ وعامل عدم التجانس ضمن الحدود المسموح بها في المراجع العلمية المختصة. أما ارتفاع الحشوة الكلي فهو (60 cm) من الرمل و(40 cm) من فحم الانتراسيت أما الطبقة الحاملة للحشوة فهي من البحص الذي يوضع بين الرمل وجملة التوزيع السفلية في المرشح وكانت أقطار حبيبات هذه الطبقة (2-4mm) وبسماكة (10 cm).ويوضح الشكل (5) مخطط التدرج الحبي للحشوة المرشحة.



الشكل (5) مخطط التدرج الحبي للحشوة المرشحة.

– **مراقبة المتغيرات التكنولوجية لعملية الترشيح:** تعتبر درجة تحسين نوعية المياه الخامية من أهم مؤشرات فعالية عمل المرشح وتتعلق درجة تحسين نوعية المياه قبل كل شيء بقدرة المرشح على تخليص المياه من المواد العالقة التي تعين كنسبة مئوية (تعرف بفعالية التنقية) بالعلاقة :

$$E = \frac{Mo-Mf}{MO} *100$$

Mo– كمية المواد العالقة في المياه الخامية الداخلة إلى المرشح. Mf– كمية المواد العالقة في المياه المرشحة الخارجة من المرشح

– **طول فترة عمل المرشح:** تم اعتبار طول فترة عمل المرشح السريع هو طول الفاصل الزمني من بداية عمل المرشح وحتى اللحظة الزمنية التي ترتفع فيها قيمة العكارة في المياه الخارجة من المرشح إلى أكبر من (5mg/l). تم إجراء مجموعتين من التجارب المجموعة الأولى كانت بدون إضافة المخثر والمجموعة الثانية كانت مع إضافة المخثر. يبين الجدولين (1) و(2) نتائج التجارب وفعالية التنقية (قيمة وسطية) مع وبدون استخدام المخثر

رقم التجربة	السرعة m/h	العكارة الداخلة g/m³	العكارة الخارجة g/m³	الفعالية %	الزمن الأعظمي للدورة الترشيحية h
1	7	7.5	2.6	64.4	15
2	16	7.8	2.4	69.2	10
3	7	14.4	2.1	85.4	14
4	16	14.3	2.6	82.1	9
5	7	21.3	2.8	87	11
6	16	21.4	2.5	88	8
7	7	28.6	2.7	90.4	9
8	16	28.5	2.8	90	10
الوسطي	11.5	17.9	2.6	82	10.75

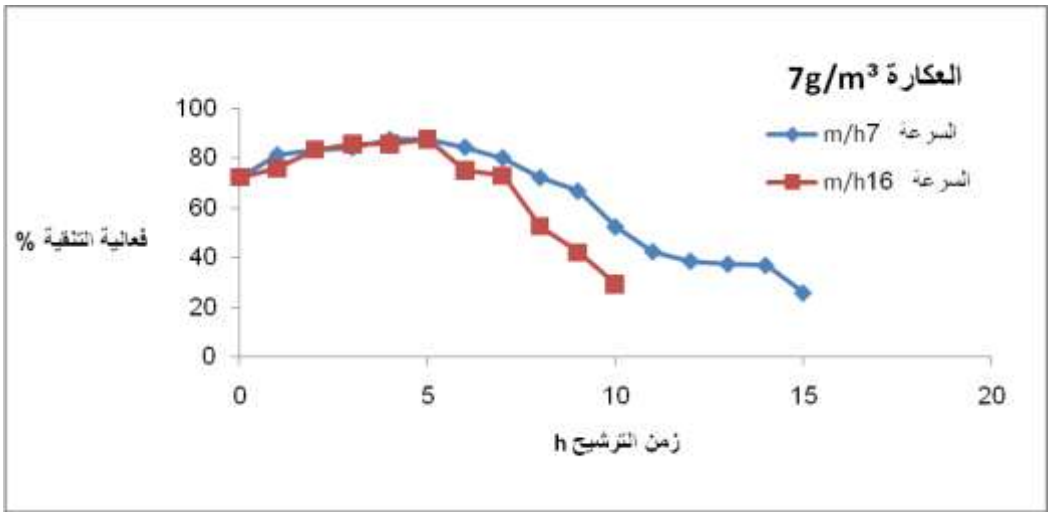
الجدول (1) بدون استخدام المخثر

رقم التجربة	السرعة m/h	العكارة الداخلة g/m³	العكارة الخارجة g/m³	الفعالية %	الزمن الأعظمي للدورة الترشيحيةh
1	7	7.3	1.9	74.5	19
2	10	7.1	1.9	74.3	18
3	13	7.2	1.6	78	17
4	16	7.5	1.8	75.5	16
5	7	14.6	1.9	86.4	17
6	10	14.3	2	85	16
7	13	14.4	1.9	86.5	14
8	16	14.7	1.8	87	14
9	7	21.6	1.6	90	18
10	10	21.7	2.3	85	16
11	13	21.8	2.2	89.6	15
12	16	21	2.3	89.4	13
13	7	28.4	2.3	91.9	16
14	10	28.3	2.1	92.4	15
15	13	28.2	2.15	92.3	14
16	16	28.1	2	93	13
الوسطي	11.5	17.8875	1.984375	85.675	15.6875

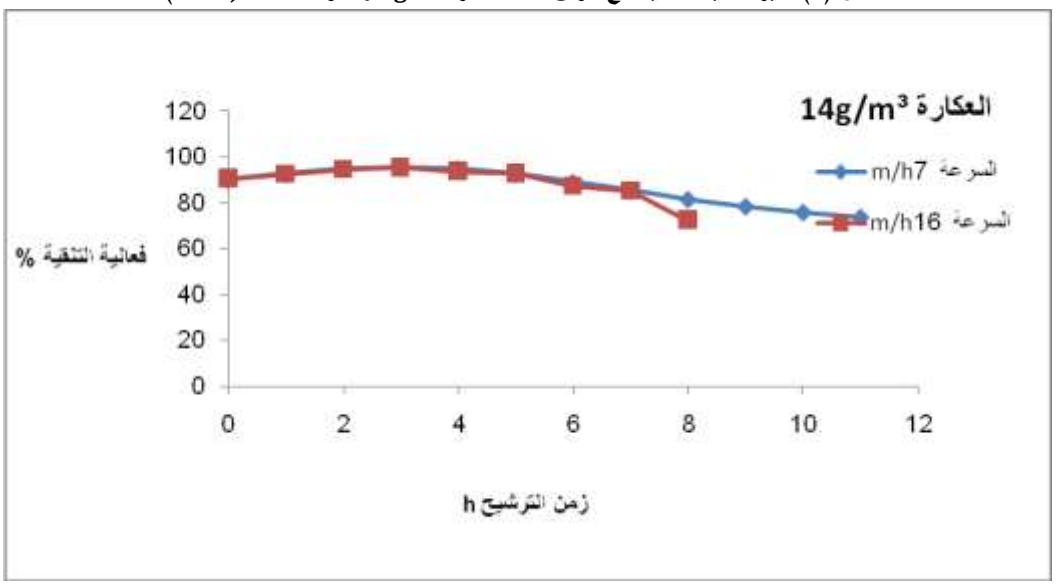
الجدول (2) مع استخدام المخثر

بينت التجارب أن فعالية التنقية بدون استخدام مخثر كما هو مبين في الجدول (1) تتعلق بسرعة الترشيح وتركيز المواد العالقة حيث يلاحظ ارتفاع فعالية التنقية مع ازدياد العكارة الداخلة حيث كانت أخفض قيمة عند العكارة 7.5 g/m^3 والسرعة 7 m/h وأعلى قيمة عند العكارة 28.6 g/m^3 والسرعة 7 m/h.

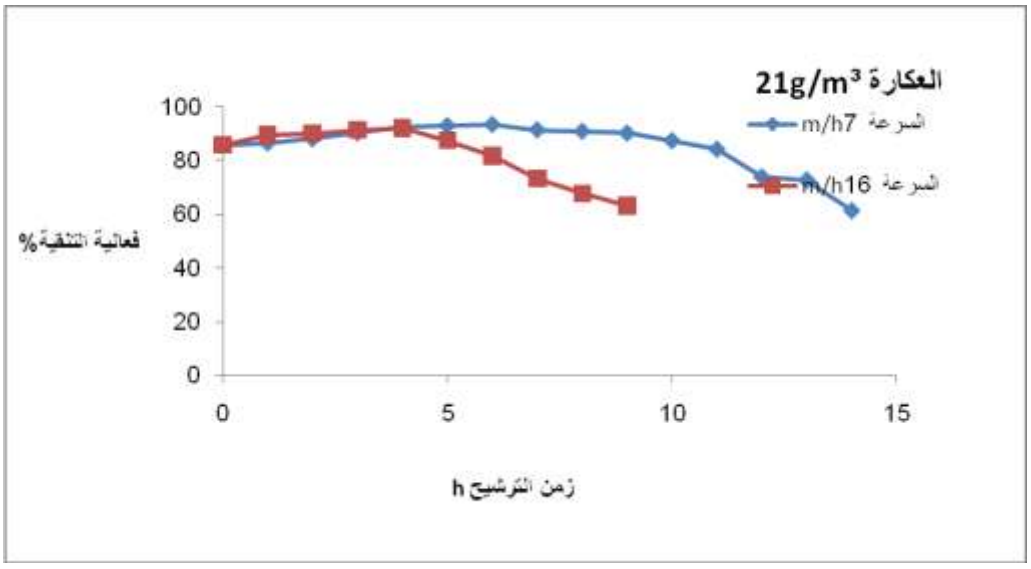
كما أن دورة الترشيح تتعلق بسرعة الترشيح فمثلاً وكما هو مبين في الجدول (1) من اجل العكارة 7.5g/m^3 بلغت 15h عند السرعة 7m/h وانخفضت حتى 10h عند السرعة 16m/h، كذلك يتضح من الجدول (2) عند إضافة مخثر نفس الملاحظات السابقة حيث يلاحظ ارتفاع فعالية التنقية مع ازدياد العكارة الداخلة حيث كانت أخفض قيمة عند العكارة 7.1 g/m^3 والسرعة 10 m/h وأعلى قيمة عند العكارة 28.1 g/m^3 والسرعة 16 m/h، وبالنسبة لدورة الترشيح تتعلق بسرعة الترشيح فمثلاً وكما هو مبين في الجدول (2) من اجل العكارة 7.3g/m^3 بلغت 19h عند السرعة 7m/h وانخفضت حتى 16h عند السرعة 16m/h. فيما يلي نبين نتائج تغير فعالية التنقية مع الزمن بدون استخدام المخثر في الأشكال البيانية من(6) إلى(9) ومع استخدام المخثر في الأشكال البيانية من(10) إلى(13):



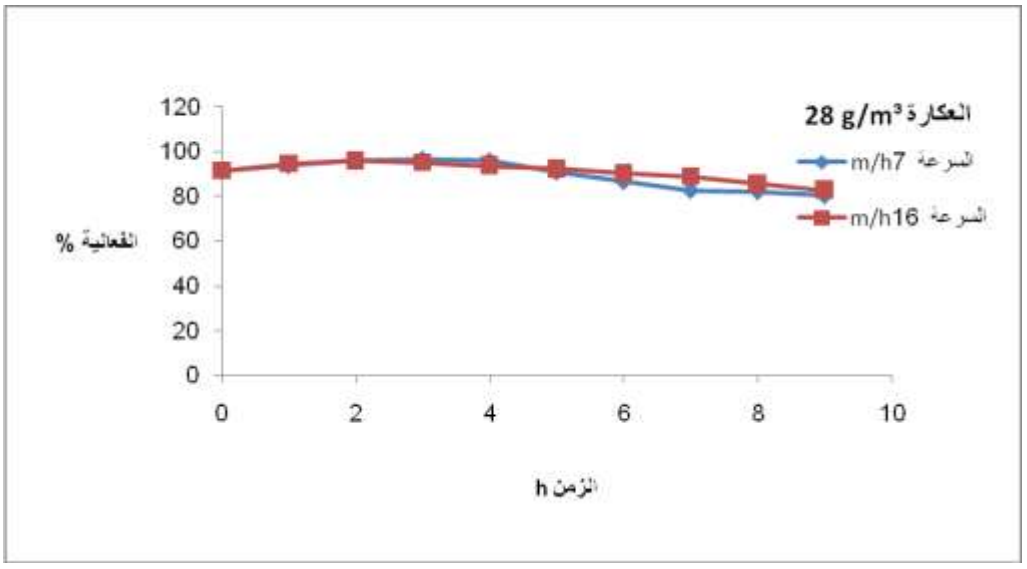
الشكل (6) تغير فعالية التنقية مع الزمن عند العكارة 7g/m³ والسرعات m/h(7، 16)



الشكل (7) تغير فعالية التنقية مع الزمن عند العكارة 14 g/m³ والسرعات m/h(7، 16)

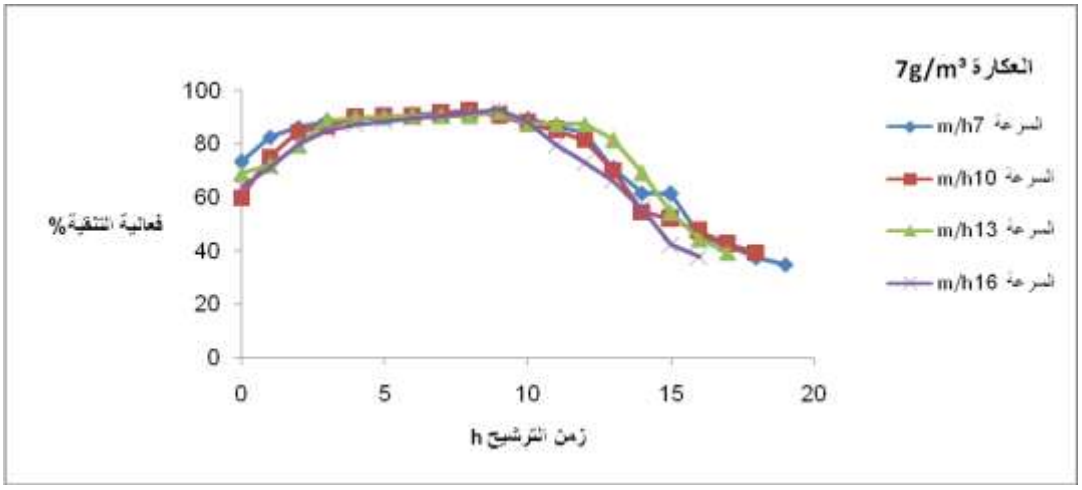


الشكل (8) تغير فعالية التنقية مع الزمن عند العكارة 21 g/m³ والسرعات m/h(16,7)

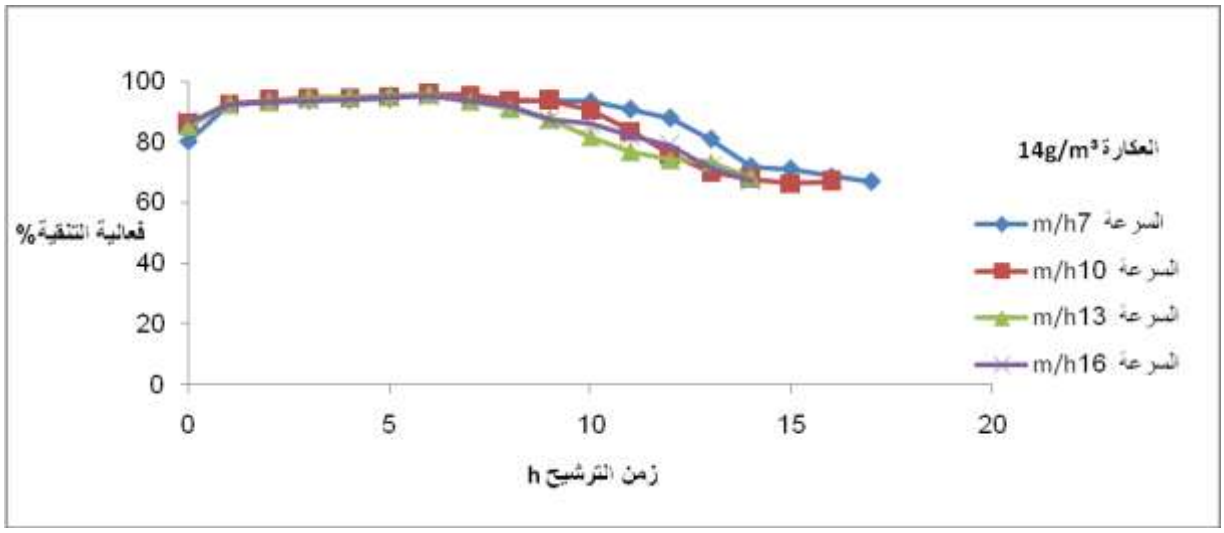


الشكل (9) تغير فعالية التنقية مع الزمن عند العكارة 28 g/m³ والسرعات m/h(16,7)

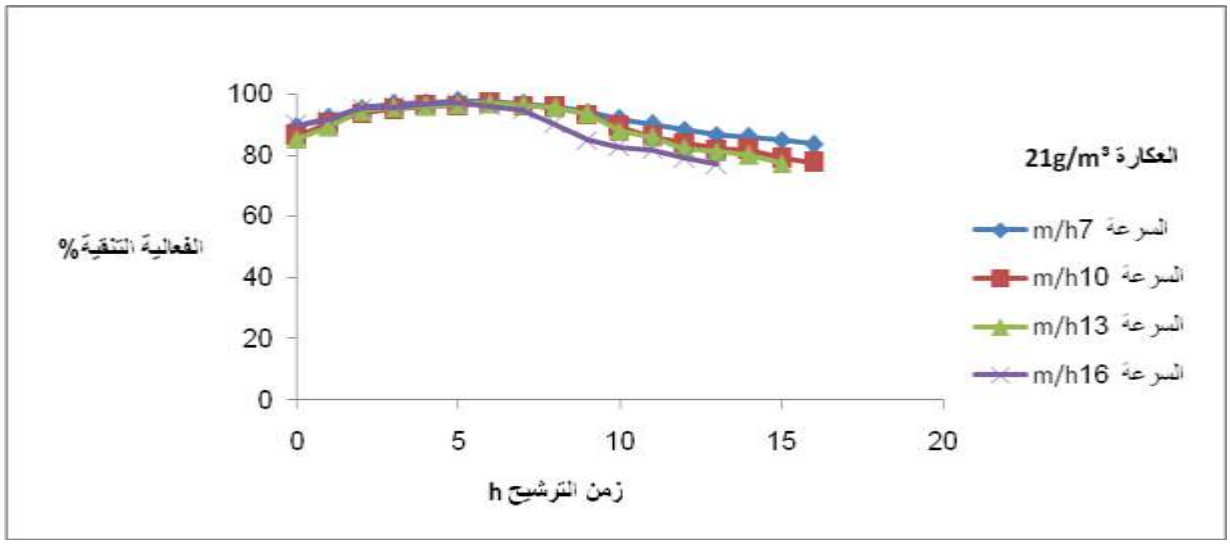
نتائج تغير فعالية التنقية مع الزمن مع استخدام المخثر في الأشكال البيانية من(10) إلى(13):



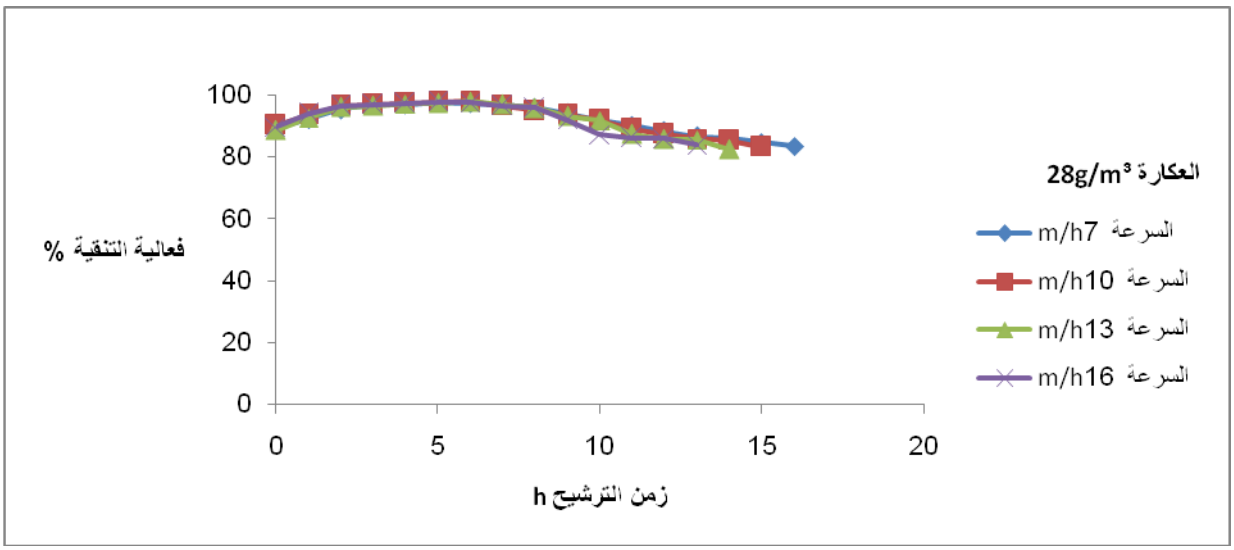
الشكل (10) – تغير فعالية التنقية مع الزمن عند العكارة 7 g/m³ والسرعات m/h (7,10,13,16)



الشكل (11) – تغير فعالية التنقية مع الزمن عند العكارة 14 g/m³ والسرعات (7,10,13,16) m/h



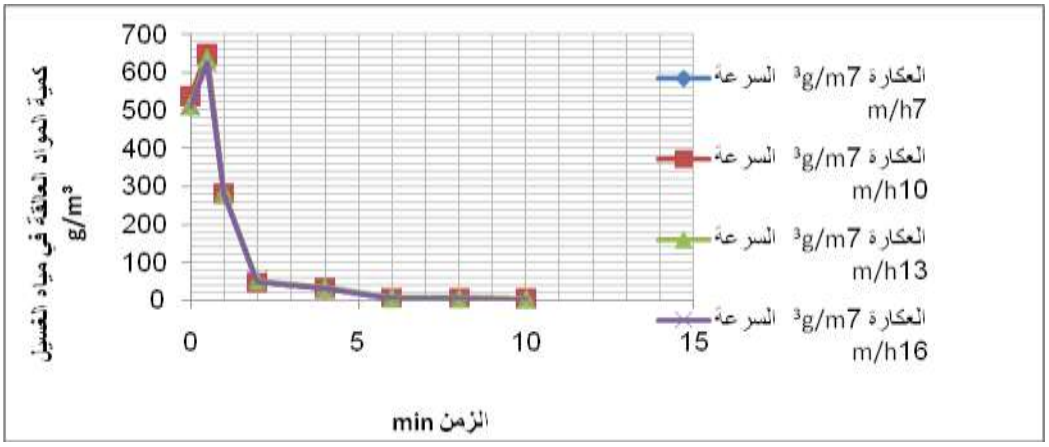
الشكل (12) – تغير فعالية التنقية مع الزمن عند العكارة 21 g/m³ والسرعات (7,10,13,16) m/h



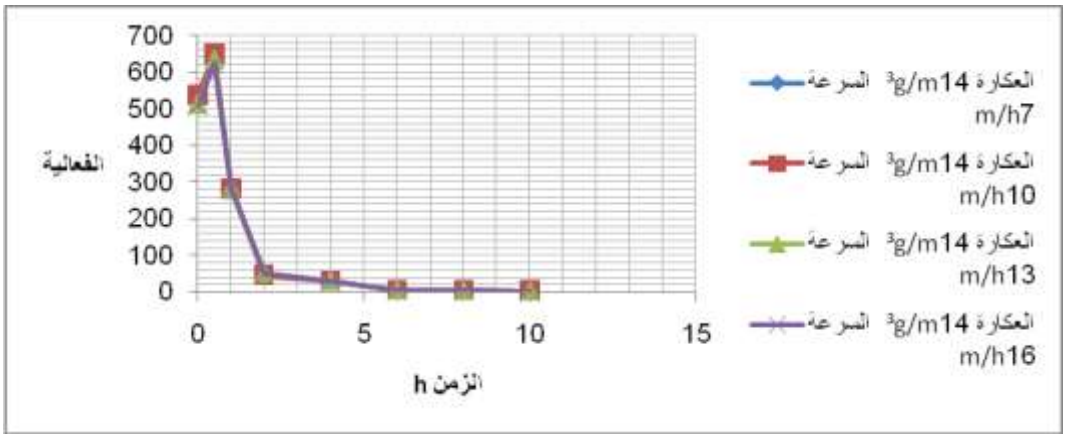
الشكل (13) – تغير فعالية التنقية مع الزمن عند العكارة 28 g/m³ والسرعات (7,10,13,16) m/h

- غسل الحشوة المرشحة:

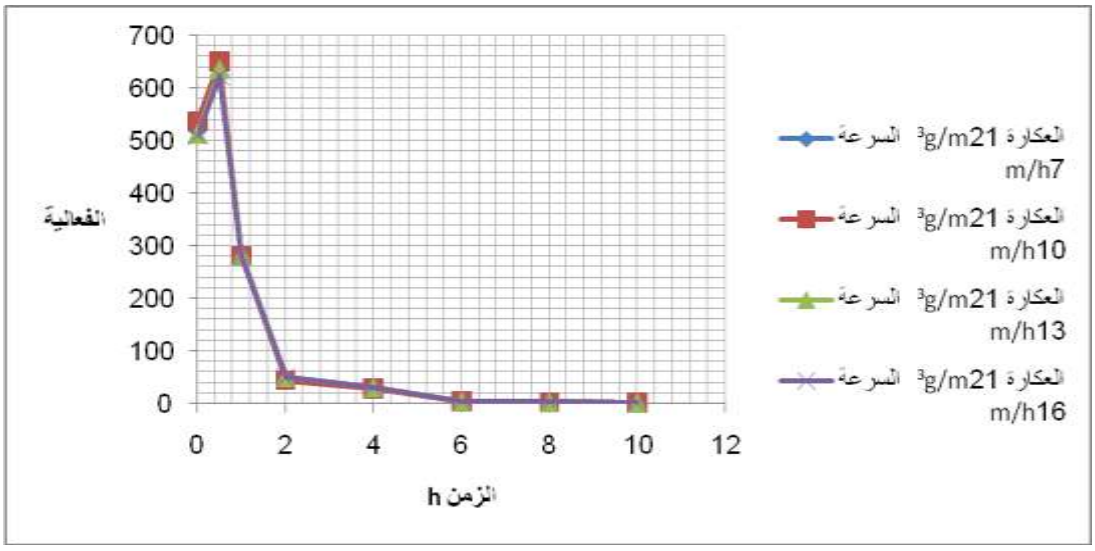
تم دراسة فعالية غسل المرشح السريع التجريبي بالماء فقط، ويعتبر تحديد المتغيرات التكنولوجية بدقة لعملية الغسل بحثاً كاملاً ومستقلاً في كل حالة تبعاً لكمية المواد العالقة في المياه الخامية، والتدرج الحبي للحشوة المرشحة وطبيعة تشتت الجسيمات العالقة وما شابه ذلك. تأرجحت شدة تيار غسل المرشح بالماء فقط بين $m^3/m^2.sec$ (0.013-0.019)، تم استخدام مياه شبكة الشرب لغسل المرشح حيث يتم الغسل ومراقبة تغير كمية المواد العالقة في مياه الغسل المنقولة إلى شبكة الصرف الصحي خلال فترة غسل المرشح، تصل كمية المواد العالقة في مياه الغسل الخارجة من المرشح إلى حدودها العظمى بعد (30 sec) اعتباراً من بدء عملية الغسيل ثم بعد ذلك تتناقص فيها تدريجياً، لذلك أخذت أول عينة من مياه الغسل من أجل تعيين كمية المواد العالقة فيها في اللحظة الأولى من بداية عملية الغسل ثم بعد (0.5) دقيقة تؤخذ العينة الثانية، ثم بعد (1) دقيقة من بداية الغسل تؤخذ العينة الثالثة وهكذا تعتبر عملية الغسل منتهية عندما تنخفض وتثبت كمية المواد العالقة في مياه الغسل، وتبين الأشكال من (14) إلى (17) تغير كمية المواد العالقة في مياه الغسل مع الزمن كما يتضح من هذه الأشكال أن مدة الغسل لا تتعلق بقيمة العكارة أو سرعة الترشيح المستخدمة وهي متطابقة لجميع الحالات المدروسة.



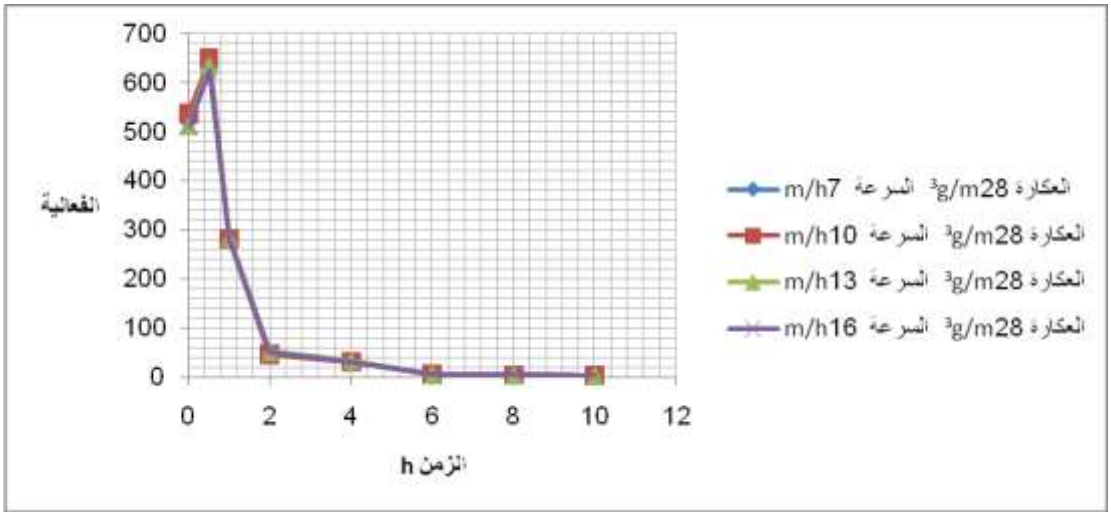
الشكل (14)– تغير كمية المواد العالقة في مياه الغسل مع الزمن عند العكارة 7 g/m^3 والسرعات (7,10,13,16)m/h



الشكل (15)– تغير كمية المواد العالقة في مياه الغسل مع الزمن عند العكارة 14 g/m^3 والسرعات (7,10,13,16)m/h



الشكل (16)– تغير كمية المواد العالقة في مياه الغسل مع الزمن عند العكارة $21\ g/m^3$ والسرعات m/h(7,10,13,16)



الشكل (17)– تغير كمية المواد العالقة في مياه الغسل مع الزمن عند العكارة $28\ g/m^3$ والسرعات m/h(7,10,13,16)

– الدراسة الاقتصادية :

يتم تقييم عمل المرشح ثنائي الطبقة في الحالتين التاليتين:

1– في حالة الترشيح بدون إضافة المخثر: من خلال نتائج الترشيح في الجدول (3) نجد أن الزمن الوسطي لعمل المرشح يصل حتى 10.75 h وسرعة الترشيح الوسطية 11.5 m/ h. تكون كمية المياه المنتجة للمتر المربع الواحد من سطح المرشح في اليوم:

$$Q = V * t = 11.5*24 = 276\ m^3/m^2.d$$

كمية مياه الغسل : $q0 = qe*t*24 /Tf = 0.015*7*60*24 /10.75=14.06\ m^3/ m^2.d$

كمية المياه المنتجة المفيدة: $Qm = Q-q0 = 276 -14.06 = 261.34\ m^3/ m^2.d$

حيث: **Q:** كمية المياه المنتجة للمتر المربع الواحد من سطح المرشح في اليوم

q0: كمية مياه الغسل

Qm: كمية المياه المنتجة المفيدة

Tf: الزمن الوسطي لعمل المرشح

2- في حالة الترشيح مع إضافة المخثر: من خلال نتائج الترشيح في الجدول (2) نجد أن الزمن الوسطي لعمل المرشح يصل حتى 15.7 h وسرعة الترشيح الوسطية تصل حتى 11.5 m/h. تكون كمية المياه المنتجة في اليوم

$$Qg = V * t = 11.5*24 = 276\ m^3/\ m^2.d$$

كمية مياه الغسل : $qog = qe*t*24 /Tfg = 0.015*7*60*24 /15.7=9.63\ m^3/\ m^2.d$

كمية المياه المنتجة المفيدة : $Qmg = Q-q0 = 276 - 9.63 = 266.37\ m^3/\ m^2.d$

النسبة الوسطية لتخفيض مياه الغسل : $P = (q0 - qg) * 100 / q0 = 32\ \%$

حساب كمية المياه المفيدة المرشحة في محطة السن في حالة عدم إضافة المخثر:

$$Qds = Qm * A = 261.94 * 1065 = 278966\ m^3/d$$

حساب كمية المياه المفيدة المرشحة في محطة السن عند إضافة المخثر:

$$QdD = Qmg * A = 266.37 * 1065 = 283684\ m^3/d$$

كمية توفير المياه في اليوم: $QP = QdD – Qds = 283684 – 278966 = 4718\ m^3/d$

كمية توفير المياه في السنة: $QY = QP * 365 = 4718 * 365 = 1722070\ m^3/year$

بفرض كلفة إنتاج المتر المكعب من الماء هي (5 S.P) فتكون قيمة المياه الموفورة :

$$S = Qy * Pr = 1722070 * 5 =8610350\ S.P$$

ونحسب احتياج المادة المخثرة بحيث الجرعة الوسطية من كبريتات الألمنيوم تساوي $30\ g/m^3$ تكون كمية المادة المخثرة اللازمة في السنة للمياه المنتجة في السن :

$$Sy = Qd * 365 * D=30*283684*365/1000=3106\ Ton$$

ثمن المادة المخثرة اللازمة في السنة علماً أن سعر الطن (200 S.P) :

$$Py = 3106 * 200 = 621200\ s.p/year$$

قيمة التوفير في حالة استخدام المخثر $Pym = 8610350 - 621200 = 7989150\ s.p$

وفي الجدول (3) مقارنة تنقية المياه في حالتي الترشيح

نوع الترشيح	زمن الدورة الترشيحية t , h	كمية مياه الغسل $m^3/d.m^2$	كمية المياه المفيدة $m^3/d.m^2$	كمية المياه المفيدة في السن $*10^4\ m^3/d$	فرق كمية المياه في الحالتين m^3/d	فرق كمية المياه في السنة $*10^4\ m^3/y$	قيمة المياه الموفورة $*10^4$ s.p	قيمة المخثر $*10^4$ s.p	قيمة المياه الصافية $*10^4$ s.p
بلا مخثر	10.75	14.06	262	27,8	4718	172,2	861	62,1	798,9
مع مخثر	15.7	9.63	266	28,3					

الجدول (3) مقارنة تنقية المياه في حالتي الترشيح

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال الدراسة التجريبية والنظرية للمرشح بحشوة ثنائية الطبقة (انتراسيت- رمل) الذي يعمل بنظام الترشيح السريع بسرعة ثابتة ونظام التدفق من الأعلى إلى الأسفل نخلص إلى النتائج التالية:

1- يمكن استخدام المرشحات ثنائية الطبقة في تنقية مياه تصل عكارتها حتى $30\ g/m^3$.

2- يستمر عمل المرشحات ثنائية الطبقة من (8-15) ساعة بدون إضافة مخثر وسرعة ترشيح من 7-16m/h.

3- يتطلب غسل المرشحات ثنائية الطبقة في حال عدم إضافة مخثر من مرتين إلى ثلاث مرات في اليوم تبعاً لكمية المواد العالقة في المياه الداخلة إلى المرشحات.

4- طول فترة عمل المرشحات السريعة ثنائية الطبقة تتراوح من (13-19) ساعة وسرعة ترشيح في المجال (7-16 m/h) عند إضافة المخثرات بجرعة تتراوح في المجال g/m^3 (25-35) من Al2(SO4)3.

5- يتطلب غسل المرشحات ثنائية الطبقة بوجود المخثر من مرة واحدة إلى مرتين في اليوم.

6- يمكن تخفيض كمية مياه غسل المرشحات بنسبة وسطية %(32).

7- درجة التنقية في المرشحات السريعة ثنائية الطبقة أعلى باستخدام المخثر بحوالي %(4-10).

8- كمية المياه المنتجة في حالة استخدام المخثر أكبر حوالي (1.1-1.17) مرة من كميتها في حالة عدم استخدام المخثر.

9- يمكن عند تطبيق نظام التخثير لتنقية المياه في محطة نبع السن إنتاج فائض من المياه تصل قيمته حوالي ثمانية ملايين في السنة ضمن الأسعار المعمول بها.

التوصيات:

1 – استخدام التخثير في معالجة مياه نبع السن ضمن المرشحات السريعة ثنائية الطبقة نظراً لمردودها الاقتصادي في كمية مياه الغسل والمياه المنتجة.

2 – دراسة ارتفاع حشوات تنقية جديدة ثنائية الطبقة من أجل تحديد الارتفاع الاقتصادي لها.

3 – البحث عن حشوات جديدة محلية يمكن تشغيلها بنظام الترشيح السريع.

4 – البحث عن طريقة غسل مناسبة للحشوة المرشحة.

5 – دراسة استخدام طريقة الترشيح السريع ثنائي الطبقة من أجل بحيرات السدود المستخدمة للشرب في محافظة اللاذقية.

المراجع:

1- MINTH, D. M, CHUBERT, ***S.A, Filtry Akkh I Rastshoty Promyvki Shkorrykh Filtrov,*** Moscow,1951,174p.

2- ROBECK, G. G, DOSTAL, K. A. & WOODWARD. R. L. ***Studies Of Modification In Water Filtration***, Jour, AWWA, Vol. 56,Nº2, 1963, 198-210P.

3- ROBECK,G. G, CLARKE, N. A. & DOSTAL, K. A, ***Effectiveness of Water Treatment Processes In Virus Removal***- Jour, AWWA, Vol. 54, Nº10, 1963, 165-187.

4- ZOUBOULIS, A., TRSKAS, G. "***Comparison of single and dual media filtration in a full scale drinking water treatment plant***". Desalinationissn, Elsevier, Amsterdam, vol.213, No 1-3(347), 2007.

5- أضابير دراسة وتطوير وإعادة تأهيل محطة اللاذقية (السن) القديمة، المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي، اللاذقية.

6- VNll VODGEOo GOSSTROTA, U.S.S.R, ***Rukovodstvo po khimitsheskomu I Tekhnologi Tsheskomu Analizu Vody***, Moscow, 1973, 273.

7- م. سليمان، سراب، ***استخدام المرشحات فوق السريعة بالتدفق الصاعد في تنقية المياه الطبيعية.*** رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الهندسة البيئية، جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية، 145,1998.

8- NIKOLADZE, G. I, ***Tekhnologia Otchistki Prirodnikh Vod***, Vishaia Shkola, Moscow, 1987,373.

9- WEHBE, H. "Otshistka ***Prirodnoi vody metodom sverkhskoros tnovo filteravania Dlia priadilnonitotshnovo proizvodstva tekstilnykh predpriatii***, Moscow, 1980, 176.