إستخدام المحطات التجريبية في تقييم اداء محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض

عبدالرحمن ابراهيم العبدالعالي* ، عبدالله محمد الرحيلي ، ابراهيم صالح المعتاز****

* مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ، ** جامعة الملك سعود

الرياض ، المملكة العربية السعودية

المستخلص : للدراسات التي تتم باستخدام محطات تجريبية دور كبير في تقييم اداء المحطات الفعلية. وقد تم في هذا البحث تصميم وتركيب محطة تجريبية في محطة الشميسي لتنقية مياه الشرب بمدينة الرياض بهدف الوصول الى الجرعات المثالية للمواد المستخدمة حالياً أو تحديد بدائل لها. وتتكون المحطة التجريبية من عمليات المعالجة الكيميائية وكذلك الترشيح ، وتشمل هذه الورقة على تقديم وصف مفصل لهذه المحطة التجريبية ونتائج التجارب المتحصل عليها لدراسة تأثير أنواع وجرعات المواد الكيميائية المختلفة في خفض العسر والسيليكا في المياه الجوفية المغذية لمحطة الشميسي لتنقية مياه الشرب بمدينة الرياض.

١- المقدمة

تعتبر الدراسات والأبحاث باستخدام محطات تجريبية من العوامل المساعدة والضرورية في إيجاد حلول لمشاكل عديدة في قطاع أعمال المياه إذ يمكن من خلالها إختبار إمكانية تطبيق الطرق النظرية ، مقارنة فاعلية عمليات التنقية المختلفة ، تأكيد مسببات التأثيرات غير المرغوبة ، تحديد عناصر التصميم للمحطات ، تقدير تكلفة التشغيل، إكتشاف مشاكل المعالجة غير المنظورة ، دراسة تعديلات على طرق المعالجة ، إعطاء موثوقية لطرق المعالجة المقترحة ، إثبات فاعلية عملية المعالجة للجهات المعنية [١، ٢] .

وتختلف المحطات التجريبية في حجمها ومحتوياتها على ضوء الإحتياج والمتطلبات والعناصر المطلوب دراستها. ويتم تصميم هذه المحطات لتمثيل عمليات المعالجة المختلفة من فيزيائية وكيميائية ، وتتراوح أحجام هذه المحطات من صغيرة يتم تركيبها في المختبر إلى أحجام قد تصل إلى ١٠٪ من حجم المحطات الحقيقي ، ومن أهم ميزات المحطات التجريبية أنها قابلة للإستخدام مرات عديدة وقابله للنقل من موقع لآخر ويمكن تعديل مخطط تشغيلها بمرونة، وعادة يكون لدى الجهات المعنية بقطاع المياه محطات تجريبية تمكنها من اجراء دراسات بهدف تقييم وإجراء تعديلات على المحطات القائمة.

ويتم تصميم وتركيب المحطات التجريبية آخذا بالأعتبار عناصر التشغيل والعمليات المطلوب دراستها، فنجد في المحطات التجريبية المخصصة لدراسة عملية الترشيح وجود عدة أعمدة لتقييم تأثير المتغيرات التشغيلية والتصميمية المختلفة على هذه العملية مثل عمق ونوعية المادة الترشيحية ، ومعدل تدفق المياه [٣] . وعلى وجه العموم فإن المرشحات التجريبية تصمم بحيث يكون قطرها ما بين ١٠ - ١٥ سم تصنع من البلاستيك الشفاف الذي يسمح بمراقبة عملية الترشيح.

ويتم تصميم المحطات التجريبية المتنقلة بهدف الحصول على معلومات لاستخدامها في *التصاميم النهائية* لانشاء المحطات في المناطق النائية، ومن خلال تصميم وتركيب محطة متنقلة تمكن الباحثون في جامعة هيوستن

بالولايات المتحدة الامريكية من الدراسة الحقلية لازالة الفلورايد ، النترات ، الزرنيخ والسيلينيوم من مصادر المياه الجوفية في بعض القرى [٤]، حيث تم من خلال هذه الدراسة مقارنة للطرق المختلفة لازالة تلك الملوثات في مناطق متعددة تختلف فيها نوعية المياه الخام.

وفي مدينة الرياض يوجد سبع محطات لتنقية المياه الجوفية سعتها التصميمية تتراوح ما بين ٢٩٠٠٠ الى ٢١٠٠٠٠م٣/يوم وذلك لسد حوالي ٣٥٪ من إحتياج المدينة من مياه الشرب ، وقد تم تصميم هذه المحطات من قبل مكاتب إستشارية متخصصة وتم تنفيذها خلال الفترة من ١٣٩٩- ١٤٠٢هـ [٥] . وكان إجمالي متوسط الانتاج اليومي من المياه لتلك المحطات عام ١٤١٣هـ حوالي ٣٦٤٠٠٠م٣. وبصفة عامة فإن هذه المحطات الموجودة داخل وحول مدينة الرياض تحتوي على عمليات التنقية التالية :

- التبريد - بغرض تخفيض درجة حرارة المياه الخام وكذلك اكسدة الحديد.
- المعالجة الكيميائية - بغرض تخفيض السيليكا والاملاح المسببة لعسر المياه.
- الترشيح - بغرض تنقية المياه من الاملاح المترسبة والشوائب .
- التناضح العكسي - لازالة الأملاح الذائبة.
- الكلورة - لتعقيم المياه المنتجة.

ويتم تغذية هذه المحطات من اكثر من ١٦٠ بئرا موجودة حول مدينة الرياض، وتتميز المياه الجوفية بارتفاع نسبي للاملاح الذائبة والعسر حيث تتراوح تراكيزها ما بين ١٢٠٠ و ٢٣٠٠ ملجم/لتر وما بين ٥٥٠ و ٨٥٠ ملجم /لتر على التوالي ، كما أن تركيز السيليكا في تلك المياه يتراوح ما بين ١٥ الى ٣٧ ملجم /لتر .

وكجزء من التقييم الشامل لهذه المحطات بغرض تحسين ادائها وخفض تكلفة انتاج المياه فقد تم تصميم محطة تجريبية تمثل عمليات المعالجة الكيميائية والترشيح كمرحلة أولى لتقييم عمل المحطات، والذي يهدف إلى النظر في الكيفية التي من خلالها يمكن أن تخفض تكاليف المواد الكيماوية، إما عن طريق الوصول إلى الجرعات المثالية للمواد المستخدمة حالياً أو باستخدام بدائل لها.

تهدف هذه الورقة إلى تقديم شرح وتفصيل للمحطة التجريبية التي تم تصميمها وتركيبها في محطة الشميسي بمدينة الرياض وكذلك تقديم نتائج التجارب التي تم اجراؤها والمتعلقة بدراسة تأثير انواع المواد الكيماوية وجرعاتها في خفض تراكيز العسر والسيليكا في المياه الجوفية المغذية لمحطة الشميسي بمدينة الرياض.

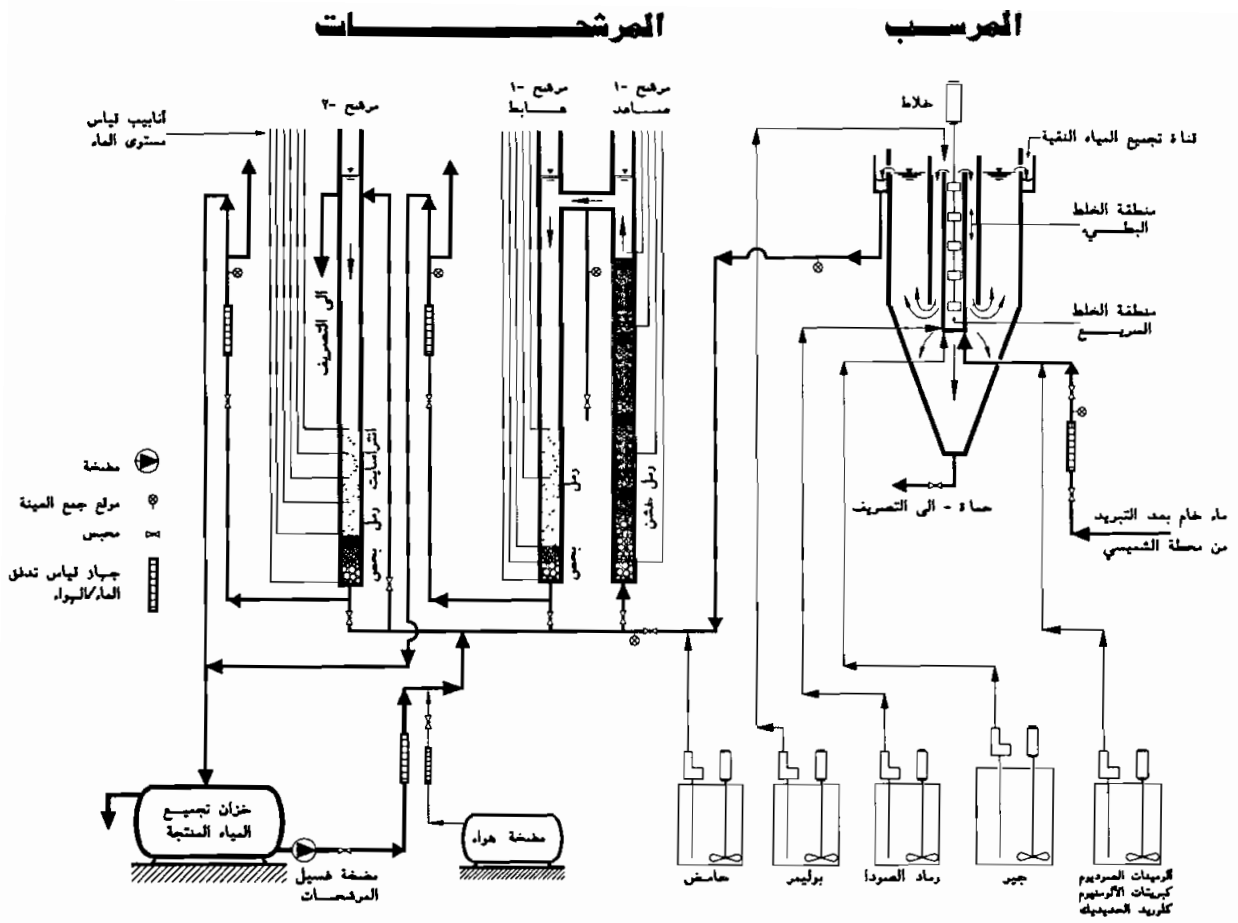
٢- تصميم وتركيب المحطة التجريبية :

٢-١ تصميم المحطة التجريبية :

لقد روعي في تصميم المحطة التجريبية تصاميم المحطات القائمة من حيث العمليات المستخدمة في المعالجة الأولية أو عناصر التشغيل . وتتضمن المحطة التجريبية الأجزاء التالية (شكل ١):

أ- وحدة الترسيب والتي تشمل مرسب وخزانات للكيماويات ومضخات التجريع . والمرسب عبارة عن اسطوانة مخروطية الشكل من الأسفل مصنوعة من الحديد الصلب بقطر ١ م وارتفاع ٢ر٥م يوفر زمن مكوث للمياه قدره ١ر٥ ساعة عند انسياب المياه بمعدل ١١ر٤ لتر/دقيقة، ويحتوي المرسب بداخله على نظام للخلط السريع عبارة عن أنبوب بقطر ١٠سم وطول ١ متر يتم فيه خلط المياه الخام مع الكيماويات كما يحتوي المرسب على منطقة للخلط البطيء (حول منطقة الخلط السريع) عبارة عن أنبوب طوله ١م وقطر ٣٠سم، ويتم تجميع المياه النقية من أعلى المرسب في قناة دائرية حوله، وقد جهز المرسب بنظام آلي لازالة الحمأة من الجزء السفلي منه حيث يتم التحكم في كمية الحمأة المزالة باستخدام محبس تحكم الكتروني.

وتخلط المواد الكيماوية في خزانات بسعات تتراوح ما بين ١٨٠ - ٤٠٠ لتر ، حيث يوجد في المحطة التجريبية



شكل ١- تفاصيل المحطة التجريبية

خمسة خزانات جهزت بخلاطات تعمل بصفة مستمرة لضمان تجانس الكيماويات وعدم ترسبها في القاع ، وتحتوي الخزانات كذلك على مضخات لها سعات ضخ متغيره حسب الاحتياج تم توصيلها بأنابيب بلاستيكية الى موقع خلط الكيماويات مع الماء الخام في المرسب.

ب- وحدة الترشيح – وتشمل المرشحات ووحدة الغسيل ، حيث تتكون المرشحات من نوعين الأول عبارة عن مرشح يتكون من جزئين صاعد (مرشح أولي) وهابط (مرشح سريع) والذي يشابه المرشحات في محطات كل من الشميسي ومنفوحة والملز وصلبوخ وبويب ، ويحتوي الجزء الصاعد من هذا النوع من المرشحات على رمل خشن باحجام ٣ إلى ٥ مم وبعمق ٢٣٨ سم، اما الجزء الهابط فيحتوي على طبقة من نفس حجم الرمل في المرشح الصاعد وبعمق ١٥ سم ، بالاضافة إلى طبقة من الرمل بعمق ٩٠ سم وبحجم ٨ر٠ الى ٢ر١ مم ، وكلا النوعين يحتويان على طبقة سفلية من الحصى عمقها ١٠ سم وبأحجام تتراوح ما بين ١٠ – ١٨ مم . أما النوع الثاني من المرشحات فيتكون من جزء هابط فقط ويشابه المرشحات المستخدمة في محطة الوسيع، ويحتوي المرشح على طبقة من الحصى والرمل الخشن بعمق ٣٥ سم وبأحجام ٢ر١ – ٧ر١٢ مم وطبقة من الرمل الناعم بعمق ٥٠ سم وحجم حوالي ٤ر٠ مم وكذلك طبقة من فحم الانثراسايت بعمق ٣٠ سم وحجم حوالي ٠ر١مم.

وقد تم استخدام أعمدة بلاستيكية للمرشحات قطر الواحد منها١٥ سم وبارتفاع ٣ أمتار، ويتم التحكم بتدفق المياه من خلال اجهزة قياس تدفق دقيقة ، كما يتم قياس فقد الضغط في الاعماق المختلفة من المرشحات من خلال أنابيب تم تركيبها على جانب المرشحات وتم توصيلها بأنابيب بلاستيكية تسمح بقياس إرتفاع منسوب المياه في مواقع مختلفة من المرشحات.

وتتكون وحدة الغسيل من مضختين احداهما للهواء والأخرى للماء وكذلك أجهزة قياس التدفق حيث يتم ضخ الهواء والماء إما مجتمعة أو منفصلة من أسفل المرشحات وعلى حسب المعدلات المطلوبة للغسيل.

بالإضافة إلى ذلك فان المحطة التجريبية تحتوي على خزان لتجميع المياه المنتجة بسعة ٣م^3 وكذلك صمامات لجمع العينات في مواقع مختلفة .

٢-٢ تركيب المحطة التجريبية :

لقد تم تركيب المحطة التجريبية في محطة الشميسي بمدينة الرياض حيث تم تغذيتها بالمياه الخام من المحطة بعد عملية التهوية، وقد تم إستخدام معدلات تدفق للمياه من خلال المرشحات كما هو معمول به في المحطات القائمة حيث تم استخدام معدلات ٢٥٦ و ٦٩ لتر/دقيقة – م٢ للجزء الصاعد والهابط من المرشحات على التوالي ومعدل ١٠٤ لتر/دقيقة –م٢ للمرشح الهابط الذي يحتوي على مادة الأنثراسايت.

٣- خطة التجارب :

لقد تم وضع خطة للتجارب التي تم اجراؤها في المحطة التجريبية على ضوء نتائج اختبارات الدوارق التي عملت على مياه محطة الشميسي، وحيث أن الهدف الرئيسي من اجراء التجارب هو معرفة تأثير نوعية وتركيز المواد الكيماوية سواء المستخدمة حالياً في المحطات أو غيرها على خفض العسر والسيليكا فقد كان من الضروري اختيار التجارب بطريقة دقيقة بحيث يتم من خلال نتائجها عمل مقارنة بينها والحكم على كفائتها ، وقد تم اجراء ثلاث وعشرون تجربة مقسمة حسب المواد الكيماوية المستخدمة كماهو موضح في جدول (١) . فمن الكيماويات المستخدمة في إزالة العسر تم إستخدام هيدروكسيد الكالسيوم (جير) وكربونات الصوديوم (رماد الصودا) وهيدروكسيد الصوديوم (صودا كاوية). كما تم إستخدام الومينات الصوديوم ، كلوريد الحديديك، كبريتات الألومنيوم والبوليمر والتي تعتبر مواد كيماوية مساعدة على الترسيب وتخفيض السيليكا. وتمثل الكيماويات المستخدمة في المجموعات الأولى وحتى الرابعة في جدول (١) المستخدم حالياً في محطات التنقية، أما مادتي

كبريتات الألومنيوم والصودا الكاوية (المجموعتين الخامسة والسادسة) فتمثلان كيماويات غير مستخدمة في المحطات وقد أعتبرت بدائل لما يتم استخدامه. وفي كل مجموعة تم إستخدام جرعات مختلفة من المواد الكيماوية ويتم إختيار الجرعات للمجموعة التالية على ضوء نتائج المجموعة السابقة.

جدول ١- عدد ونوعية التجارب التي تم اجراؤها باستخدام المحطة التجريبية

المجموعة	عدد التجارب	المواد الكيماوية المستخدمة	
		مواد إزالة العسر	مواد مساعدة
الأولى	٥	جير- رماد الصودا	
الثانية	٣	جير - رماد الصودا	الومينات الصوديوم (بودرة)
	١	جير - رماد الصودا	الومينات الصوديوم (سائلة)
الثالثة	٣	جير - رماد الصودا	الومينات الصوديوم (بودرة) - بوليمر
الرابعة	٣	جير - رماد الصودا	كلوريد الحديديك
	١	جير - رماد الصودا	كلوريد الحديديك - بوليمر
الخامسة	٣	جير - رماد الصودا	كبريتات الالمنيوم
	١	جير - رماد الصودا	كبريتات الالمنيوم - بوليمر
السادسة	٣	صودا كاوية	

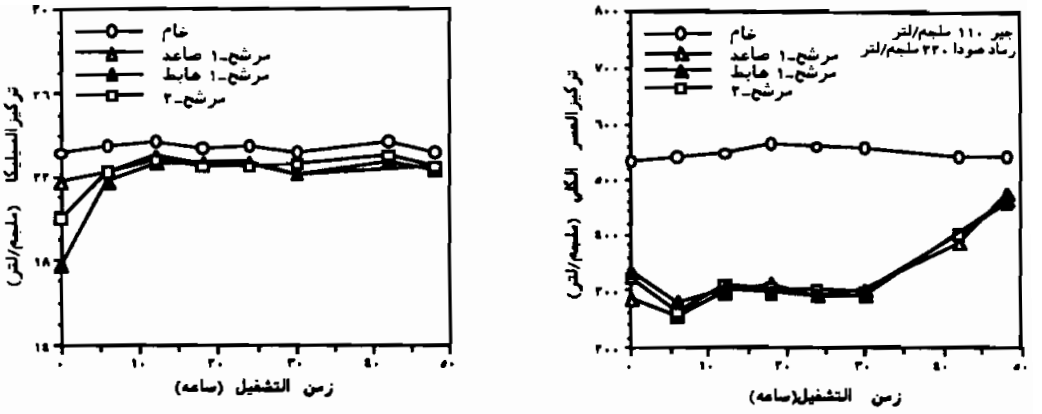
وقد كانت مدة كل تجربة ٤٨ ساعة تم جمع العينات خلالها كل ست ساعات من ستة مواقع مختلفة، وقيست الحرارة والرقم الهيدروجيني والعكارة والموصلية وقت جمع العينة ، كما تم القياس في المختبر للعسر الكلي، الكالسيوم ، الماغنيسيوم ، القلوية والسيليكا، حيث تم اجراء التحاليل وفق الطرق القياسية الخاصة بتحليل مياه الشرب [٦].

٤- النتائج والمناقشة :

نظرا لضخامة وحجم العمل الذي تم اجراؤه فإن تقديم النتائج سيكون مقتصراً على الملامح الرئيسية لما تم التوصل إليه ويمكن الرجوع للنتائج المفصلة في مكان آخر [٧].

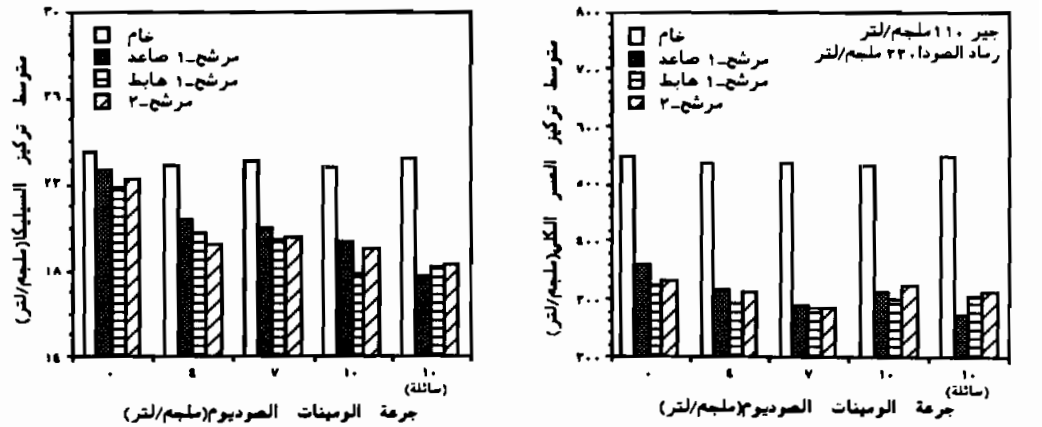
يوضح شكل (٢) نتائج التحليل للعسر الكلي والسيليكا لأحد تجارب المجموعة الأولى عند إستخدام جير بتركيز ١١٠ ملجم/لتر ورماد الصودا بتركيز ٢٢٠ ملجم/لتر . وقد أمكن تخفيض العسر من ٥٥٠ الى حوالي ٣٢٨ ملجم/لتر (٤٠٪ نسبة الازالة) بينما لم يلاحظ انخفاض ملموس في تركيز السيليكا سواء في هذه التجربة أو بقية تجارب المجموعة حيث وصلت نسبة الازالة إلى حوالي ٩٪ فقط. وقد أعطت التجربة عند إستخدام جير بجرعة ١١٠ ملجم/لتر ورماد الصودا بجرعة ٢٢٠ ملجم/لتر أفضل النتائج للمجموعة الأولى والتي كانت متفقة مع إختبار الدوارق، وبالتالي فقد تم إستخدام تلك الجرعتين في تجارب المجموعات الأخرى والتي يتم إستخدام جير ورماد صودا فيها.

وعند اضافة الومينات الصوديوم (تجارب المجموعة الثانية) لوحظ تحسن طفيف في إزالة العسر حيث ارتفعت الى حوالي ٤٢٪ بينما تحسنت إزالة السيليكا بشكل ملحوظ حيث إرتفعت إلى حوالي ١٧٪ عند إستخدام ١٠ ملجم/لتر الومينات الصوديوم بالاضافة إلى نفس الجرعة من الجير ورماد الصودا كما هو في التجربة



شكل ٢ : تركيز العسر الكلي والسيليكا مع زمن التشغيل لأحد تجارب المجموعة الأولى باستخدام ١١٠ ملجم/لتر جير و ٢٢٠ ملجم/لتر رماد الصودا

الأولى. ويوضح شكل (٣) مقارنة لمتوسط النتائج المتحصل عليها لهذه المجموعة لكل من العسر الكلي والسيليكا عند استخدام جرعات مختلفة من الومينات الصوديوم، وقد كان هناك تأثير طفيف على إزالة السيليكا عند إستخدام الومينات الصوديوم في حالة سائلة مقارنة بالبودرة فقد ارتفع متوسط الازالة الى حوالي ٢١٪ مقارنة بنسبة إزالة ١٧٪ عند استخدام البودرة.



شكل ٣ : متوسط تراكيز العسر الكلي والسيليكا لتجارب المجموعة الثانية عند إستخدام جرعات مختلفة من ألومينات الصوديوم وجرعة جير ١١٠ ملجم/لتر ورماد الصودا ٢٢٠ ملجم/لتر

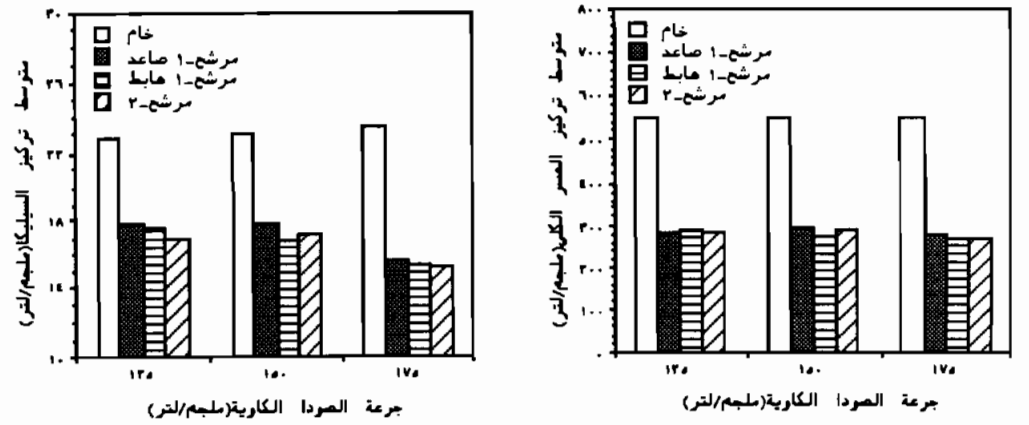
ولم يؤدي استخدام البوليمر ذو الشحنة السالبة من نوع (Super floc A-100) بالتراكيز المستخدمة (١ر٠ – ٢ر٠ ملجم/لتر) الى أي تحسن في إزالة العسر . أما بالنسبة *للسيليكا فإنه لوحظ التأثير العكسي لاستخدام* البوليمر حيث أدى استخدامه إلى انخفاض نسبة إزالة السيليكا من ١٧٪ عند عدم استخدام بوليمر إلى ٩٪ عند استخدام البوليمر بتركيز ٢ر٠ملجم/لتر ولنفس الجرعات من الجير ورماد الصودا والومينات الصوديوم.

إن استخدام كلوريد الحديديك كمادة مساعدة على الترسيب قد أدى إلى تحسن طفيف في إزالة العسر ، فقد

ارتفعت نسبة إزالة العسر من حوالي ٤٠٪ عند استخدام جير ورماد الصودا فقط إلى حوالي ٤٤٪ عند إستخدام كلوريد حديديك بجرعة ٢٠ ملجم/لتر إضافة إلى الجير ورماد الصودا. أما بالنسبة للسيليكا فإن متوسط الازالة وصل إلى حوالي ١١٪ مقارنة بمتوسط ازالة ٧٪ عند عدم إستخدام كلوريد الحديديك، وقد أدى اضافة البوليمر (جرعة ١٥ر٠ ملجم/لتر) عند استخدام كلوريد الحديديك إلى تحسن في إزالة العكارة. ولم يكن هناك أي تحسن في إزالة العسر الكلي والسيليكا.

وقد لوحظ أن اضافة مادة كبريتات الألومنيوم كمادة مساعدة بدلاً من الومينات الصوديوم لم يعط تحسناً ملموساً في إزالة العسر بينما لوحظ إرتفاع في إزالة السيليكا ليصل إلى ٢٢٪ عند إستخدام جرعة ٣٠ملجم/لتر من كبريتات الألومنيوم. وقد أخذ بالاعتبار عند مقارنة كفاءة تلك المادتين كمية عنصر الألومنيوم فيهما حيث أن كل وحدة وزنية من ألومينات الصوديوم تحتوي على ضعف الكمية من عنصر الألومنيوم في مادة كبريتات الألومنيوم.

وعند إستخدام مادة الصودا الكاوية بدون إضافة كيماويات أخرى لوحظ كفاءتها العالية في إزالة العسر والسيليكا، حيث يوضح الشكل (٤) مقارنة لمتوسط نتائج التحاليل للتجارب الثلاث التي تم اجراؤها باستخدام تراكيز ١٢٥، ١٥٠، ١٧٥ ملجم/لتر من الصودا الكاوية، ومن هذا الشكل يلاحظ أن نسب إزالة العسر كان متقاربا عند إستخدام الجرعتين المنخفضتين حيث وصل إلى حوالي ٤٨٪ ، وعند استخدام جرعة ١٧٥ ملجم/لتر من الصودا الكاوية ارتفعت نسبة الإزالة إلى أكثر من ٥٠٪ . وقد وصلت نسبة إزالة السيليكا إلى ٣٤٪ عند إستخدام جرعة ١٧٥ ملجم/لتر من الصودا الكاوية ، وتعتبر نسب الازالة هذه لكلا العنصرين أعلى من القيم المتحصل عليها عند إستخدام الكيماويات الأخرى، وعند التفكير في إستخدام هذه المادة كبديل لما يتم استخدامه حالياً من كيماويات فإنه من الضروري الأخذ بالاعتبار النواحي الاقتصادية والتشغيلية والتعديلات المطلوبة على المحطات الحالية.



شكل ٤ : متوسط تراكيز العسر الكلي والسيليكا لتجارب المجموعة السادسة عند استخدام جرعات مختلفة من الصودا الكاوية فقط

وبمقارنة كفاءة المرشحات في إزالة العسر الكلي والسيليكا يلاحظ عدم وجود إختلافات كبيرة في نوعية المياه المنتجة عند إستخدام مرشحات بجزئين (صاعد وهابط) أو استخدام مرشح هابط مع مادة الانثراسيت، وقد كان لاستخدام الجزء الهابط في المرشحات ذات الجزئين تأثير مباشر وواضح على تخفيض العكارة. فقد بلغ متوسط العكارة في جميع العينات التي تم جمعها من الثلاث وعشرين تجربة ٣٧ر٠ وحدة (NTU) في المياه المنتجة من المرشح المكون من جزئين (صاعد وهابط) مقارنة بـ ٦٥ر٠ وحدة (NTU) في المياه المنتجة من المرشح المكون من

جزء هابط ويحتوي على مادتين (رمل وانثراسايت).

٥- الخلاصة :

لقد أصبحت المحطات التجريبية جزءاً هاماً رئيسياً في قطاع أعمال المياه فمن خلالها يمكن تحديد عناصر التصاميم للمحطات وكذلك تقييم لكفاءة عمليات المعالجة المختلفة وتحديد جرعات ونوعيات المواد الكيماوية وغيرها من العوامل الاخرى، ومن خلال تصميم وتركيب وتشغيل محطة تجريبية في أحد محطات تنقية مياه الشرب العاملة في مدينة الرياض تم دراسة تأثير نوعيات وتراكيز مختلفة من الكيماويات المستخدمة في إزالة العسر والسيليكا وغيرها، كما أمكن دراسة كفاءة بدائل للكيماويات المستخدمة في المحطات.

لقد أوضحت النتائج أن استخدام كيماويات ازالة العسر (جير ورماد الصودا) قد أدى إلى تخفيض العسر بنسبة ٤٠٪ بينما لم تتجاوز إزالة السيليكا عن ٩٪ وقد أدى إستخدام كيماويات مساعدات الترسيب (الومينات الصوديوم ، كلوريد الحديديك، كبريتات الالومنيوم) الى تخفيض تركيز السيليكا وكانت مادة كبريتات الألومنيوم أفضل هذه الكيماويات من حيث إزالة السيليكا تليها الومينات الصوديوم على هيئة بودرة ، أما في الحالة السائلة فإنهما متماثلتان (~ ٢١٪ إزالة للسيليكا) ثم كلوريد الحديديك . ولم يكن لإستخدام البوليمر أي تأثير ملموس في إزالة العسر أو السيليكا وانما كان تأثيره عكسي بالنسبة للسيليكا ، وقد كان لاستخدام الصودا الكاوية تأثير واضح على إزالة العسر والسيليكا مقارنة بالمواد الاخرى.

ونظرا للمعلومات التي توفرها المحطات التجريبية ودورها في تقييم العمليات المختلفة وكذلك اختبار كفاءة المواد الكيماوية فإنه يوصى بتصميم وتركيب محطات تجريبية شاملة في محطات تنقية المياه.

الشكر :

يشكر المؤلفون مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية على دعمها المالي لهذه الدراسة تحت منحة رقم أت-١٣-٧٠ ، كما يشكرون مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض على تعاونهم وتسهيل مهمة اجراء الدراسة.

المراجع :

[1] Thompson, J.C. " Overview of Pilot plant studies" Proceedings of American Water Works Association Conference , Miami, Florida, U.S.A. , 1982,1-12.

[2] Logsdon, G.S. "Pilot Plant Studies - From Study Planning to Project Implementation" Proceedings of American Water Works Association Conference , Miami, Florida, U.S.A, 1982, 89 - 96.

[3] Hudson, H.E. "Piolt Studies of Filtration" Proceedings of American Water Work Association Conference , Miami, Florida, U.S.A. 1982 , 49 - 60.

[4] Clifford , D. "Transportable Research Facilities of Water Treatment and Anaylsis" Proceedings of American Water Works Association Conference , Miami, Florida, U.S.A. 77 - 87, 1982.

[٥] الرحيلي ، عبدالله و العبدالعالي ، عبدالرحمن و المعتاز ، ابراهيم والجضعي ، ابراهيم و الساعاتي ، عدنان . " تقييم اداء محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض ودراسة بدائل المعالجة الكيميائية " التقرير الفني الأول للمشروع أت-١٣-٧٠ - مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية - نوفمبر ١٩٩٣م.

[6] Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. APHA , AWWA, and WPCF, Washington, D.C. (17th ed), 1989.

[٧] الرحيلي ، عبدالله و العبدالعالي ، عبدالرحمن و المعتاز ، ابراهيم " تقييم اداء محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض ودراسة بدائل المعالجة الكيميائية " التقرير الفني الثالث للمشروع أت-١٣-٧٠ - مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية - نوفمبر ١٩٩٤م.