مؤتمر الخليج السابع للمياه
The 7th Gulf Water Conference

مؤتمر الخليج السابع للمياه

المياه في دول مجلس التعاون الخليجي ... نحو إدارة متكاملة

١٩ - ٢٣ نوفمبر ٢٠٠٥م دولة الكويت

تنظيم

رعاية

Mohammed Abdulmohsin Al-Kharafi & Sons
For Genereal Trading, General Contracting
And Industrial Structures W.L.L.

وثائق المؤتمر
العربية

ESCWA

مؤتمر الخليج السابع للمياه

المياه في دول مجلس التعاون الخليجي ... نحو إدارة متكاملة

١٩ - ٢٣ نوفمبر ٢٠٠٥م دولة الكويت

الجهات المنظمة

معهد الكويت للأبحاث العلمية

مجلس التعاون لدول الخليج العربية

جمعية علوم وتقنية المياه

الجهات الراعية

- وزارة الطاقة
- مجموعة محمد عبدالمحسن الخرافي وأولاده
- شركة شل المحدودة
- مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
- جائزة الأمير سلطان بن عبدالعزيز العالمية للمياه
- الوطنية لتكنولوجيا المياه
- منظمة المؤتمر الإسلامي - اللجنة الدائمة حول التعاون العلمي والتكنولوجي (الكومستيك)
- الهيئة العامة للبيئة
- لجنة الأمم المتحدة للشؤون التعليمية والعلمية والثقافية (اليونسكو)
- المركز العربي للدراسات في المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)
- برنامج الأمم المتحدة للبيئية
- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الاسكوا)

بالتعاون مع :

- جامعة الخليج العربي
- البنك الدولي
- الجمعية الأوربية للتحلية
- الوكالة الدولية للطاقة الذرية
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية
- المنظمة العالمية للتحلية
- جامعة الأمم المتحدة
- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
- المركز الدولي للزراعة الملحية

تحت رعاية

صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الصباح

رئيس مجلس الوزراء بدولة الكويت

مؤتمر الخليج السابع للمياه

المياه في دول مجلس التعاون الخليجي- نحو إدارة متكاملة

١٦-٢٠ شوال، ١٤٢٦ هـ، الموافق ١٩-٢٣ نوفمبر، ٢٠٠٥م

دولة الكويت

وثائق المؤتمر العربية

الجهات المنظمة للمؤتمر

- جمعية علوم وتقنية المياه
- معهد الكويت للأبحاث العلمية
- الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية

الجهات الراعية

- وزارة الطاقة، دولة الكويت
- مجموعة محمد عبدالمحسن الخرافي وأولاده
- شركة شل الكويت المحدودة
- مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
- جائزة الأمير سلطان بن عبدالعزيز العالمية للمياه
- الوطنية لتكنولوجيا المياه
- منظمة المؤتمر الإسلامي- اللجنة الدائمة حول التعاون العلمي والتكنولوجي (الكومستيك)
- الهيئة العامة للبيئة، دولة الكويت
- مكتب اليونسكو بالقاهرة
- المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)
- برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغرب آسيا (يونيب)
- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي أسيا (إسكوا)

بالتعاون مع :

- جامعة الخليج العربي
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية
- الوكالة الدولية للطاقة الذرية
- جامعة الأمم المتحدة
- المنظمة العالمية للتحلية
- الجمعية الأوربية لتحلية
- المركز الدولي للزراعة الملحية
- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
- البنك الدولي

مؤتمر الخليج السابع للمياه

المياه في دول مجلس التعاون الخليجي- نحو إدارة متكاملة

١٦-٢٠ شوال، ١٤٢٦ هـ، الموافق ١٩-٢٣ نوفمبر، ٢٠٠٥م

دولة الكويت

اللجنة التنظيمية العليا للمؤتمر

أ. عبداللطيف إبراهيم المقرن	الرئيس المشارك
د. محمد فهد الراشد	الرئيس المشارك
د. وليد خليل الزباري	رئيس اللجنة العلمية
م. إبراهيم عبدالله الكعبي	الأمين المالي

اللجنة العلمية للمؤتمر

د. وليد خليل الزباري	جامعة الخليج العربي	الرئيس
د. مشعان العتيبي	معهد الكويت للأبحاث العلمية	نائب الرئيس
د. عبدالعزيز سليمان الطرباق	جامعة الملك سعود	عضوا
د. وليد أحمد عبدالرحمن	جامعة الملك فهد للبترول والمعادن	عضوا
د. عبدالرحمن الشرهان	جامعة الإمارات العربية المتحدة	عضوا
م. زاهر خالد السليماني	وزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه، سلطنة عمان	عضوا
د. محمد أبويعقوب السليطي	مؤسسة الكهرباء والماء، دولة قطر	عضوا
د. يوسف جاسم الوزان	معهد الكويت للأبحاث العلمية	عضوا
د. مشاعل بنت محمد آل سعود	جامعة الملك سعود	عضوا
د. محمد جميل عبدالرزاق	مكتب اليونسكو بالقاهرة	عضوا
د. يوسف الموجي	اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا	عضوا

اللجنـــة التنظيمية للمؤتمـــر

الدكتور محمد فهد الراشد	رئيس اللجنة التنظيمية
السيد عبد العزيز السميط	ممثل وزارة الطاقة
السيد يوسف مسودة	ممثل شركة محمد عبد المحسن الخرافي وأولاده
السيد علي رضا حسين	ممثل جمعية علوم وتقنية المياه
الدكتور مشعان العتيبي	عضو اللجنة التنظيمية
السيد صادق إبراهيم	عضو اللجنة التنظيمية
الدكتور يوسف الوزان	رئيس لجنة المعرض ومقر المؤتمر
السيد عبد المحسن الهارون	عضو اللجنة التنظيمية
السيد محمد السنافي	رئيس لجنة المطبوعات
السيد بدر السجاري	رئيس لجنة العلاقات العامة
السيد حسين الطبيخ	رئيس اللجنة الإعلامية
السيدة ندى العجيـــــل	رئيس اللجنة الماليـــة
السيدة فدى سليمان	رئيس لجنة السكرتارية

جهاز الدعم والمتابعة بجمعية علوم وتقنية المياه

السيد إبراهيم عبدالله المسماري	سكرتير مكتب جمعية علوم وتقنية المياه
السيد محمد حسن البنعلي	مساعد سكرتير مكتب جمعية علوم وتقنية المياه

مراجعي الأوراق العلميـــة

د. إبراهيم صالح المعتاز	جامعة الملك سعود
د. أحمد إبراهيم العمود	جامعة الملك سعود
د. أحمد الفطيسي	جامعة السلطان قابوس

د. أسدالله أحمد العجمي	جامعة الخليج العربي، البحرين
د. حسين محمد الغباري	جامعة الملك سعود
د. رضوان الوشاح	مكتب اليونسكو الإقليمي للعلوم والتنقية للدول العربية
د. رولا مجدلاني	اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي أسيا، الأمم المتحدة
د. زين العابدين السيد أحمد رزق	شبكة جامعة عجمان للعلوم
د. عبدالرحمن إبراهيم العبدالعالي	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
د. عبدالرحيم عباس	جامعة البحرين
د. عبدالعزيز الطرباق	جامعة الملك سعود
د. عبدالعزيز عبدالله الحامد	جامعة الملك سعود
د. عبدالعزيز محمد البسام	جامعة الملك سعود
د. عبدالغفار سعيد بازهير	جامعة الملك عبدالعزيز
د. عبدالمحسن عبدالرحمن آل الشيخ	جامعة الملك سعود
د. عصام الدين فرج السيد	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. علاء الدين عابدين بخاري	جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
د. علي سعد الطخيس	وزارة المياه والكهرباء، المملكة العربية السعودية
د. علي سعود البيماني	جامعة السلطان قابوس
د. عمرو فضل المولي	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. فاطمة محمد العوضي	مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
د. فوزي سعيد محمد عواد	جامعة الملك سعود
د. فوزية الرويح	جامعة الكويت
د. مجدي السعيد	جامعة الخليج العربي
د. محمد فهد الراشد	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. محمد مكاوي	جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
د. محمد يعقوب السليطي	المؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء
د. محمود عبدالجواد	معهد الكويت للأبحاث العلمية

د. مساعد ناصر العواد	جامعة الملك سعود
د. مشاعل بنت محمد آل سعود	جامعة الملك سعود
د. مشعان العتيبي	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. نادر البستكي	جامعة البحرين
د. نبيل محمد فياض	شركة الزيت العربية السعودية، أرامكو
د. هلال الهنائي	جامعة السلطان قابوس
د. وليد أحمد عبدالرحمن	معهد البحوث، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
د. وليد خليل الزباري	جامعة الخليج العربي
د. وليد محمد كامل زاهد	جامعة الملك سعود
د. يوسف الوزان	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. يوسف عبدالعزيز الرميخاني	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
د. يوسف يعقوب الدخيل	جامعة الملك فيصل
م. زاهر خالد السليماني	وزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه
م. سالم علي المعمري	وزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه، سلطنة عمان
م. محمد صقر الأصم	وزارة الزراعة والثروة السمكية، الإمارات العربية المتحدة

لجنة النتائج والتوصيات

د. أحمد الفطيسي	جامعة السلطان قابوس
د. أحمد رشاد خاطر	معهد بحوث المياه الجوفية، جمهورية مصر العربية
د. إيفان فلوخس	جامعة ولاية كولورادو، الولايات المتحدة الأمريكية
د. بسام حاصبيني	المركز الدولي للزراعة الملحية، دبي
د. عادل أحمد بشناق	دار التقنية، جدة
د. عبدالرحمن الشرهان	جامعة الإمارات العربية المتحدة
د. عبدالعزيز الطرباق	جامعة الملك سعود

د. عبدالقادر لعربي	جامعة محمد الخامس، المملكة المغربية
د. عبدالله دروبي	أكساد، سوريا
د. فاطمة العوضي	مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
د. فرج الأعور	استشاري إدارة الموارد المائية، الجمهورية اللبنانية
د. محسن شريف	جامعة الإمارات العربية المتحدة
د. محمد أبويعقوب السليطي	المؤسسة العامة للكهرباء والماء، قطر
د. محمد جميل عبدالرزاق	مكتب اليونسكو الإقليمي بالقاهرة
د. محمد عيسى مجدلاوي	المنظمة العربية للتنمية الزراعية
د. محمد فهد الراشد	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. مشعان العتيبي	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. وليد أحمد عبدالرحمن	معهد البحوث، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
د. وليد خليل الزباري	جامعة الخليج العربي
م. زاهر خالد السليماني	وزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه

مقدمة

يعتبر الماء أهم مورد على وجه الأرض، فهو القوة الموجهة التي ترتكز عليها جهود التنمية الاجتماعية والاقتصادية ونظم الحياة. ولما كانت دول مجلس التعاون الخليجي تقع ضمن شبه الجزيرة العربية التي تتسم بجفافها الشديد، فإن أهمية المياه تتعاظم فيها بشكل أكبر. فدول المجلس الممثلة بدولة الإمارات العربية المتحدة، ومملكة البحرين، والمملكة العربية السعودية، وسلطنة عمان، ودولة قطر، ودولة الكويت، تعاني من نقص شديد في المياه مقارنة بدول العالم الأخرى، حيث تتسم هذه المنطقة من العالم بندرة الأمطار وعدم انتظام سقوطها، ومعدلات بخر عالية، مما يؤدي إلى محدودية المياه المتجددة بها. إلا أن ندرة المياه المتجددة ليست هي السمة الوحيدة التي تميز هذه المنطقة، حيث أصبح التدهور المستمر لكمية ونوعية موارد المياه الطبيعية خلال العقود الأخيرة وعدم ملائمة سبل الإدارة المائية الحالية للحد من هذا التدهور من سمات هذه المنطقة أيضاً.

وقد شهدت دول مجلس التعاون الخليجي خلال العقود الثلاثة الماضية نمواً سكانياً متزايداً وتنمية اجتماعية واقتصادية متسارعة صاحبها زيادات متعاظمة في معدلات الطلب على المياه، حيث ارتفع الطلب على المياه في دول المجلس من حوالي ٥ بلايين متر مكعب في عام ١٩٧٠ إلى حوالي ٣٠ بليون متر مكعب من المياه في عام ٢٠٠٠. وترجع الزيادة في الطلب على المياه بالدرجة الأولى إلى الأنشطة الزراعية (تستهلك في الوقت الحاضر حوالي ٨١% من إجمالي المياه المستخدمة)، والنمو الحضري المتسارع (حوالي ١٩% من إجمالي المياه المستخدمة)، وإن أختلفت هذه النسب لبعض دول المجلس.

ولتلبية الزيادة المطردة في معدلات الطلب على المياه، تركزت جهود الجهات المختصة بإدارة موارد المياه بشكل أساسي على الجوانب المتعلقة بتطوير وزيادة إمدادات المياه، حيث انصبت هذه الجهود على زيادة إنتاج المياه الجوفية (تغطي حوالي ٩١% من الطلب على المياه)، والتوسع في إنشاء محطات والتوسع في معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، بالإضافة إلى إنشاء السدود لجمع وتخزين وإعادة استخدام المياه السطحية. وحالياً تشهد المياه الجوفية، التي توجه أساساً لتلبية احتياجات الأنشطة الزراعية والتي تساهم بنسب لا تزيد عن ٢% من إجمالي الناتج المحلي لمعظم هذه الدول، استنزافاً كبيراً وتدهوراً مستمراً في كمياتها ونوعيتها. وفي معظم دول المجلس يستمر استغلال المياه الجوفية وتعدينها بدون وجود استراتيجيات مستقبلية بديلة لهذه الموارد الناضبة.

ولتلبية الاحتياجات البلدية من المياه، اتجهت دول مجلس التعاون الخليجي إلى تقنيات التحلية وأصبحت مجتمعة تمتلك أعلى طاقة تحلية في العالم، حيث تتجاوز الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية في هذه الدول أكثر من ٥٠%

من طاقة التحلية العالمية. ولكن ما زالت تكاليفها عالية، وخصوصاً أن دول المجلس لا تمتلك هذه التقنية، وبالرغم من أن التكاليف المالية لتحلية مياه البحر انخفضت إلى حوالي ٠,٧٠ دولار أمريكي للمتر المكعب الواحد في الولايات المتحدة وأماكن أخرى، إلا أن متوسط تكاليف إنتاج هذه المياه في دول المجلس لا يزال يتراوح ما بين ١-٢ دولار أمريكي . أما فيما يتعلق بمعالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، فإنه وبشكل عام فإن معدلات تغطية شبكات التجميع والمعالجة يعتبر متخلفاً بشكل كبير عن معدلات خدمات إمداد المياه (٢٠-٦٠%)، والكميات المتوفرة من هذه المياه لا يتم الاستفادة منها بالحد الأقصى وبدون اعتبار لتكلفة الفرصة البديلة لهذه المياه المعالجة إلى درجات ثلاثية ومتقدمة، وبالرغم من أن جهود التخطيط للاستغلال الكلي لمياه الصرف المعالجة لا زالت في مراحلها الأولى، إلا أن معظم دول المجلس تمتلك خططاً طموحة لاستخدام هذه المياه استخداما كلياً.

وقد أثبت أسلوب إدارة المياه عن طريق توفير الإمدادات اللازمة منها فشله في تحقيق قدر معقول من استدامة موارد المياه أو توفير الأمن المائي لدول مجلس التعاون الخليجي. وعلى الرغم من الجهود المضنية والمستمرة التي تقوم بها هذه الدول في مجال تعظيم المتاح من الموارد المائية، فإنها لا زالت تواجه نقصاً خطيراً في المياه نتيجة للزيادة المطردة في الطلب على المياه والتي تفوق موارد المياه المتاحة لديها. وفي حقيقة الأمر فإن مسألة توفير إمدادات المياه الكافية بالأسلوب الحالي وبشكل مستدام دون فرض أعباء ثقيلة على كاهل الموازنات الوطنية لهذه الدول وما قد يتبعه من آثار اجتماعية واقتصادية سلبية هي مسألة يعتريها الكثير من الشك. وقد أدى إتباع أسلوب زيادة إمدادات المياه دون الاهتمام بتحسين وزيادة فعالية توزيع حصص المياه وأولوياتها بحسب الكفاءة الاقتصادية لاستخدامها إلى بروز العديد من الاستخدامات والأوضاع غير المستدامة للمياه في دول المجلس، كتدني الكفاءة، وتزايد معدل استهلاك الفرد، وارتفاع كلفة إنتاج وتوزيع المياه، وتدني نوعية المياه وإنتاجية الأراضي. وقد أدى إلى تفاقم الوضع عدم تطوير سياسات واستراتيجيات مائية شاملة بعيدة المدى ومبنية على اعتبارات العرض والطلب في معظم دول المجلس، بالإضافة إلى الضعف المؤسسي، وتعدد الجهات المسئولة عن المياه، وعدم كفاية القدرات المؤسسية والبشرية، وعدم مشاركة المجتمع بالقدر الكافي.

ومع زيادة الضغوط على موارد المياه المحدودة في المنطقة، فإنه من الضروري اللجوء إلى أساليب مبتكرة في إدارة هذه الموارد وبدون تأخير. وقد التفت المجتمع الدولي إلى هذه الحقيقة، ونتيجة لذلك فقد تولد على مدى العقد الماضي إجماع حول الإدارة المتكاملة للموارد المائية كأسلوب ملائم لمواجهة الأخطار التي تهدد هذه الموارد ولضمان إستدامتها. فضمن إطار الإدارة المستدامة للمياه، فإن الإدارة المتكاملة للموارد المائية تأخذ بعين الاعتبار طيفاً واسعاً من العوامل الاجتماعية، والاقتصادية، والحيوية، وعلاقتها ببعضها البعض. ومن خلال هذا الإطار يتم ضمان التنسيق الفعال واتخاذ القرارات المشتركة، حيث تعتمد هذه الإدارة على التعاون والشراكة على كافة المستويات بدءاً من الأفراد وانتهاءً بالمنظمات الدولية، علاوة على استنادها إلى التعهدات

السياسية ودرجة الوعي لدى فئات المجتمع حول ضرورة تحقيق الأمن المائي والإدارة المستدامة لموارد المياه. ويستلزم تحقيق الإدارة المتكاملة للموارد المائية توفر سياسات وطنية و إقليمية مترابطة للتغلب على غياب الحاكمية الجيدة والإدارة المجزئة للموارد المائية.

وقد ألتفتت كافة دول مجلس التعاون الخليجي في الوقت الحاضر إلى حقيقة مفادها أن جهود التطوير والإدارة الفعّالة لموارد المياه تتطلب إصلاحات في السياسات المائية، مع التركيز على إجراءات إدارة الطلب، وتحسين التدابير التشريعية والمؤسسية. وفي الحقيقة، فإن الإصلاحات المطلوبة للسياسات المائية لا بد أن تتناول الموضوعات والمسائل الرئيسة كالتقييم السليم للعرض والطلب على المياه، و تردي نوعية المياه وسبل حمايتها، وكفاءة استخدام المياه وتوزيع الحصص المائية للقطاعات الأكثر كفاءة اقتصادية، ودور القطاع الخاص، وسياسات تسعير المياه واسترجاع التكاليف، والحد من استنزاف المياه الجوفية، وإشراك الجهات المستفيدة، وتحسين الدعم المؤسسي، وقضية الأمن الغذائي في ظل تزايد مشكلة شح المياه. إن إصلاح السياسات المتعلقة بالمياه يتطلب تناول هذه الموضوعات الرئيسة، مع الأخذ بعين الاعتبار الاحتياجات الخاصة والظروف الاجتماعية والاقتصادية والثقافية السائدة في دول مجلس التعاون الخليجي.

إن التصدي إلى التحديات الكبيرة المرتبطة بإدارة موارد المياه يتطلب القيام بإصلاحات تتسم بالجرأة لكلاً من المؤسسات والسياسات المائية الحالية في دول المنطقة على حد سواء، وإنه من الأهمية بمكان تبني نهج يعتمد على إشراك أكبر عدد من القطاعات والمستفيدين ذوي العلاقة بالمياه واستخداماتها إذا ما أردنا التغلب على مشكلة الاستخدام غير الكفء لموارد المياه وبالشكل الذي يضمن استدامتها. وهذا بدوره يتطلب إنشاء بيئة ملائمة ومُمكنة تضمن حقوق المستخدمين، وتؤمن في نفس الوقت الحماية اللازمة لهذه الموارد، ويشمل ذلك، بالإضافة إلى تبني السياسات والتشريعات والتنظيمات المائية، إنشاء هيئات حاكمة على كافة المستويات وإدارة المعرفة المتعلقة بالمياه، والتي تسهم جميعها في التأكد من تحقيق أهداف الإدارة المتكاملة لموارد المياه.

وكما في مؤتمرات جمعية علوم وتقنية المياه الستة السابقة (دبي، ٢٩٩٢؛ مملكة البحرين، ١٩٩٤؛ سلطنة عمان، ١٩٩٧؛ مملكة البحرين، ١٩٩٩؛ دولة قطر، ٢٠٠١، المملكة العربية السعودية، ٢٠٠٣)، فإن الهدف العام للمؤتمر هو تشجيع الدراسات والبحوث العلمية في مجالات المياه المختلفة وإيجاد ملتقى للمناقشة العلمية المفتوحة وتبادل الخبرات بين دول مجلس التعاون وبينها وبين الدول الواقعة في المناطق الجافة.

ويهدف هذا المؤتمر إلى: ١) مراجعة و تقييم التقدم المحرز في دول مجلس التعاون الخليجي نحو تحقيق الهدف المتفق عليه عالمياً والمتمثل في تبني سياسات واستراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية وتطبيقها بشكل فعال في كافة دول العالم بحلول العام ٢٠٠٥ (مؤتمر التنمية المستدامة بجوهانسبرغ في عام ٢٠٠٢)؛ ٢) تحديد

الموضوعات الرئيسية والتحديات والمحددات والفرص المتاحة والدروس المستفادة في مجال تطبيق الإدارة المتكاملة للموارد المائية لتحقيق التنمية المستدامة في المناطق الجافة، مع الإشارة بشكل خاص إلى دول مجلس التعاون الخليجي وظروفها الاجتماعية والاقتصادية والسياسية والبيئية السائدة؛ ٣) تقييم الوضع الحالي لموارد المياه الطبيعية وغير التقليدية في المنطقة وعلاقتها بالاحتياجات الحالية والمستقبلية من المياه في دول مجلس التعاون الخليجي؛ ٤) تشجيع وتعزيز عملية التحول من أسلوب إدارة العرض المتبع بالمنطقة إلى أسلوب إدارة الطلب والمحافظة ضمن إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية؛ و٥) تطوير استراتيجية للبحث والتطوير لقطاع المياه في المنطقة، مع الإشارة بشكل خاص إلى جهود تحسين التقنيات الحالية والجديدة لتحلية المياه ومعالجة المياه العادمة ودورها في تحسين إمدادات المياه بالمنطقة.

ويعقد مؤتمر الخليج السابع للمياه تحت رعاية سمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح، رئيس مجلس الوزراء الموقر بدولة الكويت، وقام بتنظيمه جمعية علوم وتقنية المياه بالتعاون مع معهد الكويت للأبحاث العلمية والأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية. وقام برعاية المؤتمر وزارة الطاقة بدولة الكويت، مجموعة عبدالمحسن الخرافي وأولاده، شركة شل الكويت المحدودة، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، جائزة الأمير سلطان بن عبدالعزيز العالمية للمياه، شركة الوطنية لتكنولوجيا المياه، منظمة المؤتمر الإسلامي-اللجنة الدائمة حول التعاون العلمي والتكنولوجي (كومستيك)، الهيئة العامة للبيئة بدولة الكويت، مكتب اليونسكو بالقاهرة، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، برنامج الأمم المتحدة للبيئة/ المكتب الإقليمي لغرب آسيا (يونيب)، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي أسيا (إسكوا). ولقد قام بدعم المؤتمر جامعة الخليج العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، منظمة الأغذية والزراعة (فاو)، المركز الدولي للزارعة الملحية (دبي)، جامعة الأمم المتحدة، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، الجمعية الأوروبية للتحلية، الاتحاد العالمي للتحلية، والبنك الدولي.

تحتوي وثائق المؤتمر على ١٠٢ ورقة علمية مصنفة في ثلاثة مجلدات، مجلد واحد باللغة العربية (١٥ ورقة علمية)، ومجلدين اثنين باللغة الإنجليزية (٨٧ ورقة علمية). ولقد تم اختيار أوراق المؤتمر بواسطة اللجنة العلمية من أصل أكثر من ١٥٠ ملخص تم استلامها بعد الدعوة للمشاركة بالمؤتمر، وقام بمراجعة وتقييم هذه الأوراق العلمية ٣٠ متخصص إقليمي ودولي، وخضعت كل ورقة مقدمة لتقييم مراجعين اثنين، وتم تعديل العديد منها للوصول إلى المعايير العلمية الموضوعة من قبل اللجنة العلمية. وقام بالمراجعة النهائية للأوراق المقبولة ومتابعة التعديلات المطلوبة د. وليد خليل الزباري (جامعة الخليج العربي)، ود. مشعان العتيبي (معهد الكويت للأبحاث العلمية)، ود. أمجد عليوي (بيت البيئة والمياه، فلسطين). وتحتوي الوثائق على ٢٥ ورقة علمية مقدمة من قبل المنظمات الداعمة للمؤتمر بالإضافة لخبراء مياه دوليين وإقليميين تم دعوتهم لإلقاء بحوثهم في محاور المؤتمر المختلفة. وستناقش جلسات المؤتمر عشرة مواضيع رئيسة، وهي: إدارة وتخطيط الموارد المائية، تنمية وإدارة

موارد المياه الطبيعية (المياه الجوفية والمياه السطحية)، إدارة لمياه البلدية، معالجة المياه العادمة البلدية وإعادة الاستخدام، مشاركة القطاع الخاص، المياه والصحة والبيئة، المياه والزراعة، تقنيات المعالجة والتحلية، وإدارة المياه في صناعة النفط.

وتود اللجنة العلمية أن توجه تقديرها وشكرها العميقين إلى حكومة دولة الكويت على استضافتها الكريمة لمؤتمر الجمعية السابع ومعهد الكويت للأبحاث العلمية على تنظيم المؤتمر بالتعاون مع الجمعية، والمؤسسات والشركات والمنظمات المحلية والإقليمية والدولية على دعمها للمؤتمر سواء مادياً أو بتوفير المتحدثين الرئيسيين أو بدعمها السياسي.

إن تنظيم مؤتمرات الخليج للمياه يتطلب الكثير من الجهد والوقت، وكما في مؤتمرات الجمعية السابقة فلقد قام العديد من الأفراد من مختلف الميادين (الحكومية والصناعية والمراكز الأكاديمية) بالتطوع والمساهمة في إنجاز هذا المؤتمر، ونخص بجزيل الشكر أعضاء اللجنة التنظيمية واللجنة العلمية ومراجعي الأوراق العلمية، ولهم منا أعظم التقدير والامتنان.

وأخيراً نود أن نعرب عن شكرنا وتقديرنا للمساهمات الكبيرة من مؤلفي الأوراق العلمية الذين أثروا هذا المؤتمر بأبحاثهم العلمية ملتزمين بالجدول الزمني لتقديم الأوراق العلمية، والذين بدون جهودهم الثمينة ما كان لهذه الوثيقة أن تكون بين أيدينا اليوم.

تتمنى اللجنة العلمية أن يحقق هذا المؤتمر أهدافه، وأن يحظى جميع المشاركين بالفائدة العلمية المرجوة.

أ.د. وليد خليل الزباري
رئيس اللجنة العلمية للمؤتمر
نائب عميد كلية الدراسات العليا
جامعة الخليج العربي

الفهـــــرس

تخطيط وإدارة الموارد المائية	
السياسات المائية في سلطنة عمان عبدالله بن ناصر البكري	1
اتجاهات تطوير تقنيات تحلية المياه د. عادل أحمد بشناق	15
منهج مقترح لتقييم وتطوير وإدارة موارد المياه العذبة (دراسة الحالة القطرية) الدكتور محمد يوسف حاجم الهيتي	21
تنمية وإدارة الموارد المائية الطبيعية	
تقييم قابلية خزان الدمام الجوفي للتلوث الناتج من الأنشطة السطحية في مملكة البحرين باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية إبراهيم سعود الشويعي، وليد خليل الزباري، أسماء علي أباحسين	41
المياه والزراعة	
تطوير وتحديث الري السطحي لرفع كفاءة الري في الوطن العربي الدكتور محمد عيسى مجدلاوي	55
تقييم نمو شجيرات الاتربليكس في منطقة شبه جافة باستخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار د. امحمد عبدالله الرازقي، م. مفتاح الرابطي، م. حسين طالب، م. سليمان أبوالخير	71
تقييم أداء وتعديل نظم الري المحوري تحت ظروف المملكة العربية السعودية حسين محمد الغباري	81
المياه والصحة والبيئة	
دراسة تطبيقية لمثلث جودة الموارد المائية في منطقة الأحساء بالسعودية أ.د. محمد وليد كامل	97
التلوث الكيميائي والبتكرولوجي لمياه الآبار كحول م. ، س. زواينية	107
تقنيات تحلية ومعالجة المياه	
طرق زيادة فاعلية أنظمة الطاقة الشمسية المرتبطة بمحطات تحلية المياه بالتناضح العكسي د. حسين الربيعي	115

تطبيق التخثير الكهربائي في معالجة المياه السطحية 133
أ.د. عبدالحكيم بنود، م. تغريد سليمان
أطيان النتونايت (بديل اقتصادي) لسحب وإزالة الآثار البيئية
الملوثة لبعض المركّبات الفينولية من الوسط المائي 149
محمد سجاد، مهدي رشيد، زبيدة القليح
استخدام بذر الزيتون في معالجة المياه الصناعية والمياه الملوثة 169
زبيدة القليح
ملامح من دور الشريعة الإسلامية في المحافظة
على الموارد المائية وحمايتها وتنمية مصادرها 195
أحمد بن عبدالله سرور الصبان

مؤتمر الخليج السابع للمياه
المياه في دول مجلس التعاون الخليجي ... نحو إدارة متكاملة
١٩ - ٢٣ نوفمبر ٢٠٠٥م دولة الكويت
The 7th Gulf Water Conference

تخطيط وإدارة الموارد المالية

السياسات المائية في سلطنة عمان

عبدالله بن ناصر البكري

السياسات المائية في سلطنة عمان

عبدالله بن ناصر البكري

وكيل وزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه لشؤون موارد المياه

الملخص الورقة

تعتبر سلطنة عُمان من البلدان الجافة ذات الموارد المائية المحدودة و التي تتميز بمعدل هطول منخفض للأمطار وحرارة عالية تقترب أحياناً من ٥٠ درجة مئوية في الصيف ويصاحبها ارتفاع في معدل التبخر. وتتمثل الموارد المائية بالسلطنة في المياه السطحية (الأمطار والأفلاج والعيون) وهي تمثل حوالي ٢٥ % من إجمالي الاستخدامات المائية وفي المياه الجوفية التي تمثل ٧٥ % من الموارد المائية المتاحة وتعتبر المورد الرئيسي للمياه بالسلطنة ولقد ساهمت التنمية الشاملة بالبلاد في زيادة الطلب على المياه مما شكل ضغطا إضافيا على هذه الموارد، و لمواجهة مختلف التحديات فقد نفذت الوزارة خلال العقود الثلاثة الماضية برامج متنوعة شملت تقييم وتنمية وإدارة ومراقبة موارد المياه بالسلطنة كما نفذت عدد كبير من مشاريع حصاد مياه الأمطار للاستفادة منها في التغذية الجوفية و التخزين السطحي ولقد توجت كل تلك الجهود بالخطة الوطنية لموارد المياه التي شكلت الرؤية المستقبلية لقطاع المياه حتى ٢٠٢٠ وحددت الأهداف الرئيسية لهذه الخطة في مجالات تنمية وإدارة موارد المياه بالسلطنة و لتنسيق الجهود بين مختلف القطاعات بالسلطنة فقد تم دمج الخطة الوطنية لموارد المياه والخطة الوطنية لمياه الشرب في خطة مشتركة حيث تم دمج المحاور الرئيسية للخطتين في خطة واحدة لتمثل الاستراتيجية المشتركة نحو تعزيز دور القطاعات ذات العلاقة بالمياه وتحديد الأولويات الرامية لترشيد الاستهلاك وتناقش هذه الورقة السياسات والاستراتيجيات الخاصة بقطاع موارد المياه وتطور التشريعات المائية في السلطنة خلال العقود الثلاثة الماضية. وتناقش هذه الورقة الملامح الرئيسية لقطاع موارد المياه بالسلطنة و الإستراتيجيات المستقبلية وتطور التشريعات المائية الهادفة لحماية هذا المورد الحيوي الهام.

مفاتيح الورقة: إدارة وتنمية ومراقبة وتقييم موارد المياه – التحديات التي تواجه قطاع المياه بالسلطنة– الرؤية المستقبلية– السياسات المائية

١. مقدمة

تعتبر سلطنة عُمان من البلدان الجافة ذات الموارد المائية المحدودة، حيث تقع ضمن حزام المناطق الجافة التي تتميز بمعدل هطول منخفض للأمطار وحرارة عالية تقترب من ٥٠ درجة مئوية في الصيف ويصاحبها ارتفاع في معدل التبخر. وتتمثل الموارد المائية بالسلطنة في المياه السطحية (الأمطار والأفلاج والعيون) وهي تمثل حوالي ٢٥ % من إجمالي الاستخدامات المائية وفي المياه الجوفية التي تمثل ٧٥ % من الموارد المائية المتاحة وتعتبر المورد الرئيسي للمياه بالسلطنة.

٢. الموارد المائية في السلطنة

يبلغ متوسط هطول الأمطار في السلطنة حوالي ١٠٠ملم / سنوياً يذهب منها ٨٠% (٧٥٨٥ م م^{٣}) بالتبخر و ٥% (٤٧٤ م م^{٣}) تقريباً إلى البحر وحوالي ١٥% (١٤٢٢ م م^{٣}) للتغذية الجوفية. وتشير الدراسات المائية إلى وجود عجز مائي في معظم مناطق السلطنة يُقدر بحوالي ٣٧٨ مليون متر مكعب في السنة ويمكن إيجازها باختصار في الجدول التالي:

جدول رقم ١: الميزان المائي بالسلطنة

المنطقة / المحافظة	كمية المياه بالمليون متر مكعب في العام		
	الموارد المائية المتجددة	الاحتياجات المائية	مقدار العجز
محافظة مسقط	١١٧	١٤٤	٢٧
منطقة الباطنة	٥٨٦	٧٦٦	١٨٠
محافظة مسندم	١٨	٢٢	٤
منطقة الظاهرة	١٥٤	٢١٩	٦٥
المنطقة الداخلية	٨٦	١٥١	٦٥
المنطقة الشرقية	٢٢٩	٢٣٦	٧
المنطقة الوسطى	٣	٣	٠
محافظة ظفار	٧٤	١٠٤	٣٠
المجموع	**١٢٦٧**	**١٦٤٥**	**٣٧٨**

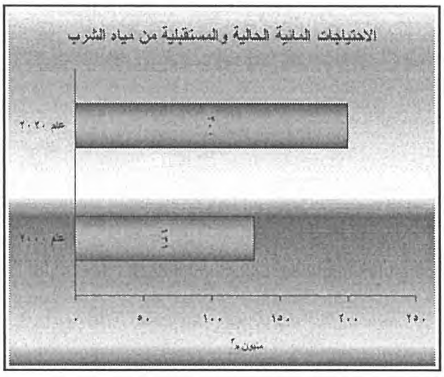
٣. أهم التحديات التي تواجه قطاع موارد المياه

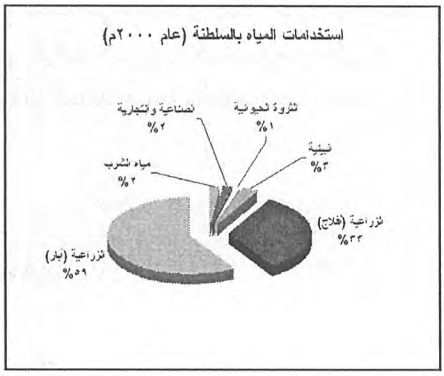
- **ارتفاع معدلات الطلب على المياه**

تعتبر المياه من أهم موارد السلطنة الطبيعية وستتزايد أهميتها مستقبلاً نتيجة للتنمية الشاملة في النواحي الاجتماعية والاقتصادية للبلاد وتكمن أهميتها في توفير متطلبات الأمن الغذائي في إطار بناء اقتصاد حديث للأجيال القادمة حيث سيزداد الطلب على المياه نتيجة لارتفاع مستوى المعيشة وتحسين نوعية الحياة والأحوال الصحية.

إن كميات الطلب على المياه في العديد من المناطق يزيد عن كمية المياه المتجددة المتاحة، وفي مثل هذه الحالات يغطى الطلب عن طريق السحب من المخزون الجوفي الأمر الذي يؤدي إلى تدني مناسيب المياه الجوفية وبالتالي انخفاض تدفق الأفلاج. أما في المناطق الساحلية فإن الإفراط في سحب المياه قد أدى إلى ظهور مشكلة الملوحة نتج عنها هجر العديد من المزارع التي كانت منتجة في الماضي.

على مستوى السلطنة يزيد استهلاك المياه بنسبة ٢٥% عن الموارد المائية المتاحة. وتتفاقم حدة العجز المائي الحالي الناجم عن الإفراط في السحب خلال فترات الجفاف، ففي المناطق ذات المخزون الجوفي المحدود أصبحت إمدادات المياه المنزلية والاحتياجات الأخرى ذات الأولوية معرضة للخطر، كما أن تلوث الطبقات المائية بمادة النترات التي تحملها مياه الصرف الصحي غير المعالجة يعتبر من المشاكل التي بدأت تظهر مؤخراً بالقرب من بعض المدن.





الشكل رقم ١: الاحتياجات المائية الحالية والمستقبلية بالسلطنة

- **تدني القيمة الاقتصادية للمياه المستخدمة في أغراض الزراعة**

تعتبر معدلات استهلاك المياه في القطاع الزراعي مرتفعة و ستستمر في ارتفاعها ما لم يتم اتخاذ إجراءات معينة مثل التغير في حجم المساحات المزروعة والتراكيب المحصولية ورفع كفاءة أنظمة الري المستخدمة وتطبيق نظام المقننات المائية وذلك في المزارع المروية من الآبار لتفادي هجر المزارعين لمزارعهم في العديد من المناطق. ويستهلك القطاع الزراعي حوالي ٩٣% من جملة المياه المستخدمة. والجدير بالذكر أن حوالي ثلثي المياه المستخدمة في الزراعة يستخرج عن طريق الآبار ويأتي الثلث الباقي عن طريق الأفلاج، إلا أن العائد الزراعي من المياه المستخدمة في الزراعة منخفض للغاية ومساهمته في الاقتصاد الوطني قليلة حيث لا تزيد عن ٣% من إجمالي الناتج القومي، وبالرغم من ذلك هنالك إمكانية لرفع كفاءة استخدام المياه وزيادة العائد من استخدامها في القطاع الزراعي (الخطة الوطنية –٢٠٠٠م).

- **الاستخدام العشوائي للمياه**

نظراً لأهمية المياه في المجالات المختلفة فإن استخدامها بطريقة عشوائية ستؤدي على تفاقم مشكلة شح المياه و خصوصا في الوقت الراهن التي تعاني فيه البلاد من نقص الموارد المائية بسبب انعدام هطول الأمطار و تذبذبها و هي ظاهرة طبيعية يتحكم فيها الموقع بشكل عام. و هناك عدة مجالات ترتبط بظاهرة الاستخدام العشوائي للمياه و تزيد من حدتها و نستعرضها في النقاط التالية:

- **الاستخدام العشوائي للمياه في أغراض الزراعة**

إن الاستخدام الحالي للمياه في العديد من المناطق التي تستخدم فيها الآبار لأغراض الزراعة، هو استخدام غير قابل للاستمرار على المدى الطويل ولذا فقد بدأ الإنتاج الزراعي يتأثر على نحو سلبي وسيزداد الأمر سوءاً إذا لم يتم اتخاذ الإجراءات اللازمة لتحسين أساليب الري وإدارة المياه.

يتركز استخدام تقنيات الري الحديثة في الوقت الراهن في المزارع المعتمدة على الآبار والتي تشكل حوالي ٢٠% فقط من جملة المساحة المزروعة على مستوى السلطنة. كما يغلب على التركيبة المحصولية زراعات النخيل والأعلاف (الحشائش والبرسيم) حيث تبلغ نسبتهما معاً حوالي ٧٦% من إجمالي المساحة المزروعة (الخطة الوطنية –٢٠٠٠م). و يمكن في هذا الإطار عمل الآتي:

- ❖ تحديد مقننات مائية لكل محصول.
- ❖ تحديد نوع المحصول بما يتلاءم مع المنطقة و نوعية المياه.
- ❖ رفع كفاءة نظم الري.
- ❖ تقنين كميات الضخ لكل بئر حسب طبيعة كل منطقة.

- **الاستخدام الجائر للمياه**

تقوم الوزارة بإصدار تراخيص حفر آبار بديلة وتعميق الآبار وحفر الآبار المساعدة للأفلاج بهدف الحفاظ على المزروعات القائمة، إلا أنه عند توفر المياه تبدأ عملية الزيادة في الرقعة الزراعية وعند حدوث أي خلل في القدرات الإنتاجية لهذه الآبار نتيجة لهذا التوسع تبدأ المطالبة بحفر آبار جديدة مما يؤثر بصورة مباشرة على الموارد المائية ويزيد من تفاقم مشكلة المياه.

- **تسرب المياه من القنوات والشبكات المائية**

بسبب قدم نُظم الأفلاج وقلة عمليات الصيانة لقنواتها وتعرضها للعوامل الطبيعية تظهر بها التشققات والتصدعات التي تؤدي إلى ارتفاع نسبة الفاقد من مياهها. وبالتالي تُهدر كميات كبيرة من المياه بسبب هذا التسرب. وتزداد هذه المشكلة في شبكات توزيع المياه القديمة ونقاط تعبئة صهاريج المياه كما أن الفاقد من المياه في المساجد والمجمعات السكنية الكبيرة وبعض المرافق العامة الأخرى تساهم بقوة في تفاقم مشكلة المياه مما يتطلب العمل على إيجاد الوسائل (كصيانة شبكات المياه وتقنين الاستخدام) وذلك للحد من اتساع هذه المشكلة.

٤. جهود السلطنة في قطاع موارد المياه

أ – تنمية الموارد المائية

عند الحديث عن إستراتيجية وطنية، يجب تضمين مشاريع لتوفير مزيد من الموارد المائية الطبيعية متى ما كان ذلك ملائماً من الناحية الفنية ومجدياً من الناحية الاقتصادية حيث أن هذه المشاريع ستؤدي في النهاية إلى التقليل من الاعتماد على الخيارات ذات التكلفة العالية لإمدادات المياه واستيراد المياه الافتراضية. ولقد كان لمشاريع تنمية الموارد المائية الدور الكبير في المساهمة في توفير مصادر مياه إضافية حيث تم في هذا المجال اعتماد السياسات الهادفة لتحقيق ما يلي:

- **التقليل من المياه الطبيعية المفقودة**

يمكن اعتراض واحتجاز بعض المياه السطحية والمياه تحت السطحية التي تضيع هدراً وذلك بغرض زيادة كمية المياه المتاحة من الموارد المائية المتجددة. وقد تم تحديد عدد من المواقع التي تتوفر فيها إمكانيات جيدة لإقامة سدود احتجاز أو سدود تخزين أو حقول آبار للاستفادة من المياه قبل ضياعها، ولابد من إجراء مزيداً من الدراسات للوقوف على مدى جدوى هذه المنشآت من الناحية الفنية والاقتصادية وفيما يلي بيان عن هذه الإجراءات:

– إنشاء سدود التغذية الجوفية

من المعروف أن طبيعة الفيضانات بالسلطنة تتميز بسرعة جريانها وقصر الفترة الزمنية لها، مما يؤدي إلى سرعة اندفاعها إلى البحر والصحاري وهذا يقلل من فرص التغذية إلى الخزان الجوفي. ومن هذا المنطلق جاءت فكرة وقف اندفاع هذه المياه والتقليل من سرعة جريانها بحجزها بواسطة إنشاء سدود للتغذية الجوفية حيث أثبتت تجارب الدول الواقعة في المناطق الجافة ومنها السلطنة نجاح وفعالية استخدام سدود التغذية الجوفية في تعزيز المياه الجوفية والاستفادة من المياه عوضاً عن ذهابها هدراً إلى البحر والصحراء. وتجربة السلطنة في إنشاء سدود التغذية الجوفية أظهرت العائد الإيجابي من تلك السدود على المخزونات الجوفية والاستفادة من مياه الفيضانات والتي تربو في بعض السنوات على مليار متر مكعب. الجدير بالذكر أن عدد سدود التغذية الجوفية وصل إلى ٢٧ سداً مع نهاية هذا العام.

– إنشاء السدود التخزينية

فيما يخص السدود التخزينية فإن الموقع الجغرافي للسلطنة ووجودها ضمن حزام المناطق الجافة يحتم علينا استغلال كل قطرة تتساقط على هذه الأرض. وقد أكدت الدراسات إلى أن احتجاز المياه بواسطة السدود التخزينية من أفضل الطرق للمساهمة في تلبية الطلب المتزايد على المياه خاصة بالمناطق الجبلية. هذا بالإضافة إلى أن هذه المنشآت تساهم بشكل فعال في استقرار أهالي المناطق الجبلية في مناطقهم وعدم الهجرة إلى مناطق أخرى وبلغ عدد سدود التخزين السطحي مع نهاية العام الحالي ٥٤ سداً.

- **إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة**

تم الانتهاء من شبكة الصرف الصحي في صلالة و يجري حالياً تنفيذ شبكة الصرف الصحي في مسقط والتي من المتوقع أن توفر كميات كبيرة من المياه المعالجة (المستوى الثالث) كما يجري في الوقت الراهن العديد من شبكات الصرف الصحي في مختلف مناطق السلطنة.

ب – تقييم الموارد المائية

كان لابد أن تكون هنالك استراتيجية لدراسة وتقييم الوضع المائي لتحديد مواقع الخزانات الجوفية ومعرفة قدراتها وإمكانية استغلال هذه الخزانات عند الحاجة ووضع الخطط التنموية المناسبة للموارد المتاحة والمكتشفة وقد تم ذلك من خلال التالي:

- القيام بالدراسات الهيدرولوجية من أجل اختيار أفضل الطرق للاستغلال الأمثل للموارد المائية، للتعرف على الخصائص المتعلقة بالأمطار والأودية والعلاقة بينها والنمط التكراري الخاص بها وتحديد فترات الجفاف والخصوبة ووضع الاستراتيجية المناسبة لكل منها، كما أن فهم جيولوجية وهيدرولوجية المنطقة أمر لابد منه عند دراسة الوضع المائي لمعرفة مكامن المياه الجوفية.
- القيام بالحفر الاستكشافي حيث نفذت الوزارة عدد كبير من مشاريع الحفر الاستكشافي لتحديد أماكن الحفر من خلال الدراسات الهيدروجيولوجية وأعمال المسح الجيوفيزيائي لدراسة إمكانية توفر المياه الجوفية والقنوات التحت أرضية في هذه المواقع.
- دراسة أماكن العجز المائي وسبل توفير المياه لها حيث عملت الوزارة على تحديد مناطق العجز المائي ومن ثم القيام بالدراسات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية المناسبة لتوفير كميات المياه المطلوبة طبقاً للاحتياجات ذات الأسبقية.
- إجراء الدراسات لتقدير أخطار الفيضانات تم تنفيذ الدراسات المتعلقة بأخطار الفيضانات وتأثيرها على مشاريع الطرق وأعمدة الكهرباء وتفادي عمليات الهدم والتخريب التي قد تسببها الفيضانات خاصة تلك الكبيرة منها، ومنع عمليات التنمية والعمران في مسارات الأودية وتوجيه المختصين لشئون التنمية العمرانية إلى الاهتمام بتوفير التصاريف الخاصة بالفيضانات من أجل السلامة العامة والحفاظ على سلامة المواطن والتخطيط السليم للمدن.
- إنشاء قاعدة بيانات مائية متكاملة والتي تضم جميع بيانات الأمطار، الأودية، الأفلاج والآبار حيث تستخدم هذه البيانات في الدراسات المختلفة لتقييم الموارد المائية كما يتم استخدامها في مختلف المشاريع التنموية.

ج – مراقبة الأوضاع المائية

عملت الوزارة على إقـــامة شبكة المراقبة الهيدرومترية في مختلف مناطق السلطنة، وفي الوقت نفسه تحديثها وتطويرها بأحدث الأجهزة، وبلغ عدد نقاط المراقبة ضمن الشبكة مع منتصف عام ٢٠٠٥م حوالي أربعة آلاف (٤٦٤٠) نقطة مراقبة ما بين محطات قياس الأمطار وتدفقات الأودية وجريان الأفلاج، وقياس مناسيب المياه الجوفية ومراقبة التغيرات في ملوحتها. وتستخدم البيانات المائية المتوفرة من هذه المحطات في إعداد الدراسات المائية الخاصة بتطوير وتنمية وإدارة الموارد المائية كما تساهم في إعداد الدراسات الخاصة بتخطيط وتصميم سدود التغذية، وتصميم الطرق والمنشآت الخاصة والعامة التي يستفاد بها في مشاريع التنمية بالبلاد. ويوضح الجدول رقم (٢) توزيع شبكة المراقبة

الهيدرومترية بالسلطنة وأنواعها. وتعتبر القياسات الدورية لمناسيب المياه الجوفية ضرورية لمراقبة التغير في مستويات المياه بالخزانات الجوفية المختلفة وتقدير مدى قدرتها على تلبية الاحتياجات المائية. تتضمن شبكة مراقبة المياه الجوفية التابعة للوزارة حوالي (٢٠٦٩) بئراً يتم قياسها بصفة دورية. كما يتم مراقبة تغيرات جودة المياه وخصوصاً في المناطق الساحلية التي تعاني بعض أجزاءها من ظاهرة تداخل المياه المالحة بالمياه العذبة نتيجة السحب المفرط من الخزان الجوفي بتلك الأجزاء مقارنة بمعدلات التغذية الجوفية السنوية.

د – إدارة الموارد المائية

تعتبر إدارة الموارد المائية من أهم العوامل التي تكفل استمراريتها حيث أن الإدارة الناجحة للموارد المائية ستكون نتائجها على المدى البعيد ضماناً من أجل استخدام تلك الموارد بالطريقة الصحيحة، ومن هذا المنطلق عملت الوزارة على تحقيق مبادئ الإدارة المتكاملة للمياه عن طريق الخطوات التالية:

* وضع السياسات العامة لاستخدام الموارد المائية .
* وضع التشريعات اللازمة للحفاظ على الموارد المائية.
* تنفيذ الخطط والبرامج الموضوعة من قبل المختصين والتي تهدف لضمان استمرارية هذه الموارد.
* العمل على تطوير الأساليب المستخدمة من أجل الاستفادة القصوى من مياه الأفلاج.
* تطوير البرامج المستخدمة في مجال ترشيد استخدام المياه.
* العمل مع الجهات ذات العلاقة نحو تنفيذ البرامج المشتركة.

جدول رقم ٢: توزيع شبكة الرصد الهيدرومترية بالسلطنة

نقاط المراقبة										
المنطقة	محطات الأودية	ثروة تتدفق	السدود	محطات الأمطار	الآبار	الأفلاج	العيون	الخيران	تصريف الآبار	المنوحة	الإجمالي
مسقط	١٥	٥	١	٣٤	١٧٦	١٧	٥	.	.	٥٦	٣٠٩
جنوب الباطنة	٢٣	١	٦	٣١	١٣٠	٧٣	١٦	.	.	٩٨	٣٧٨
شمال الباطنة	٢٩	٧	٤	٥٦	٢٢٩	٢٤	.	.	.	٦٠	٤٠٩
محافظة مسندم	٤	.	٤	١٤	٩٠	١	.	.	.	.	١١٣
الظاهرة	١٨	.	١	٣٢	٥١٩	٨٩	.	.	.	١٢٣	٧٨٢
الداخلية	١٩	١	٦	٥١	٣٥٤	١١٣	٦	.	.	١٨٩	٧٣٩
شمال الشرقية	١٣	١	.	٤٣	٢١١	١٦٩	.	.	٤٠	١٧١	٦٤٨
جنوب الشرقية	٥	٤	١	١٨	١٤٣	٤٠	.	.	.	٨٥	٢٩٦
محافظة ظفار	١٠	.	١	٦٣	٢١٧	.	٣٧	١١	١٣٩	٤٨٨	٩٦٦
الإجمالي	١٣٦	١٩	٢٤	٣٤٢	٢٠٦٩	٥٢٦	٦٤	١١	١٧٩	١٢٧٠	٤٦٤٠

ولقد كان من المهم معرفة الامكانيات المائية للسلطنة وحصر الموارد المائية المتاحة حيث نفذت الوزارة مشروعين كبيرين لحصر الآبار والأفلاج لمعرفة أعدادها وتوزيعها ونوعية المياه فيها والزراعات القائمة عليها وطرق استغلالها كما قامت السلطنة باستغلال ما اكتشفته من خزانات جوفية مختلفة بهدف ايصال المياه النقية الصالحة للشرب للمناطق التي تعاني من نقص في مواردها المائية ولعل أهم مشروعين لتوصيل المياه عبر شبكات نقل المياه ، مشروع حوض المسرات

الذي بلغت تكلفته ما يزيد عن ٤٠ مليون ريال عُماني ومشروع حوض رمال الشرقية الذي بلغت تكلفته ٣٦ مليون ريال عُماني . وفيما يلي نبذة عن نتائج مشروعي حصر الأفلاج والآبار ومشاريع التنقيب عن المياه :

- مشروع حوض النجد تم اكتشاف مياه صالحة للزراعة بمنطقة النجد يمكن استخدامها لنقل مزارع الحشائش خصوصاً من سهل صلالة إلى هذه المنطقة وذلك للحد من تملح واستنزاف المياه الجوفية بسهل صلالة.
- مشروعي حصر الأفلاج والآبار للوقوف على أعدادها وتحديد الاحتياجات المائية وجمع المعلومات الخاصة بها لإقامة قاعدة بيانات متكاملة عنها. وقد أظهرت نتائج مشروعي حصر الأفلاج وحصر الآبار وجود عدد (٤١١٢) فلجاً منها (٣٠١٧) فلجاً حياً و(١٠٩٥) فلجاً ميتاً وعدد (١٢٧,٠٠٠) بئراً تقع في ١٢٨ مستجمعاً مائياً بمختلف المناطق والمحافظات .
- مشروع حوض المسرات: تم اكتشاف مخزون جوفي كبير من المياه الصالحة للشرب بمنطقة الظاهرة، ويهدف المشروع إلى تزويد (١١٥٠٠٠) نسمة بحوالي (٨) مليون م^3 من المياه العذبة سنوياً. ومن المتوقع أن يزود المشروع (٢١٥٠٠٠) نسمة بعد (٣٠) عاما بكمية تقدر بـ (٢٦) مليون م^3 سنويا.
- مشروع حوض رمال الشرقية: أثمرت جهود الوزارة في مجال تقييم الموارد المائية إلى اكتشاف مخزون جوفي بالمنطقة الشرقية سيساهم في تزويد حوالي (٧٩٠٠٠) نسمة بكمية من مياه الشرب العذبة تُقدر بـ(٣,٣) مليون م^3 في العام. ومن المتوقع أن يزود المشروع (١٩٦٠٠٠) نسمة بعد (٣٠) عاما بكمية تقدر بـ (١٥,٨) مليون م^3 في العام.

وفي إطار جهود الوزارة لإدارة الموارد المائية بالأسلوب الأمثل ومحاولة التغلب على المشكلات المائية وإيجاد الحلول الكفيلة بالحفاظ على هذا المورد الهام، تضمنت خطة الوزارة المشاريع التالية:

- دراسة تداخل المياه المالحة بالخزانات الجوفية الساحلية وخصوصاً في ساحل سهل الباطنة وسهل صلالة، والتي نشأت بسبب الزيادة الكبيرة في حفر الآبار بهذه المناطق والضخ المفرط للمياه الجوفية.
- تطوير وتحسين أنظمة الأفلاج

تعتبر الأفلاج موروثاً حضارياً له أهميته في السلطنة فضلاً عن أنها مصدر هام لإمدادات المياه لشريحة كبيرة من السكان خاصة في المناطق الريفية لذا من الأهمية بمكان المحافظة على مياه هذه الأفلاج مع العمل على تحسين استخدامها عن طريق الآتي:

- صيانة الأفلاج وتحسين أنظمة الري بها.
- تعزيز الأفلاج المتضررة بآبار مساعدة.
- تحديد أحرامات الأفلاج.
- منع الحفر والتعميق في محيط التأثير للفلج.
- تحديد الأنشطة والمنشآت في محيط الفلج.
- تفعيل قوانين حماية المنشآت المائية.

➢ وضع أسس لتحديد حصص مائية لمختلف القطاعات

في ظل الطلب المتزايد على الموارد المائية يجب أن يتم وفي أقرب وقت ممكن وضع نظام لتحديد حصص مائية لمختلف القطاعات يوضح بصفة رسمية أولويات استخدام المياه وعلى أساس كمية المياه المتاحة في كل مستجمع على أن يتم إخضاع هذه الحصص للمراجعة بصفة دورية.

٥. الحلول والإجراءات الأساسية التي نفذتها الحكومة

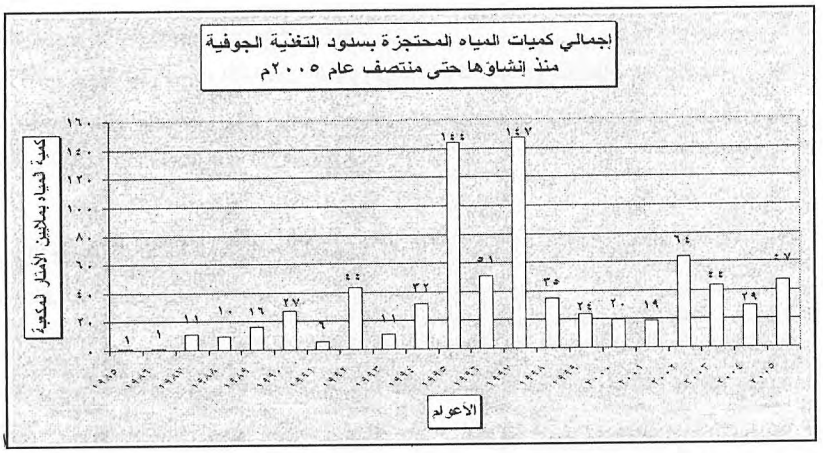
توفير مياه الشرب للمدن وللأغراض الأخرى ذات الأولوية

ينبغي أن تكون الجهود مركزة نحو إجراء الدراسات وأعمال التقييم اللازمة للمياه بما في ذلك تحديد ودراسة حقول الآبار ومراقبة وحماية الموارد المائية. كما يجب أن تطرح خطط واضحة لبدائل مصادر مياه غير تقليدية تفي باحتياجات التجمعات السكانية و المشاريع المحلية المقترحة من المياه و يمكن في هذا الإطار عمل الآتي:

- إنشاء محطات التحلية.
- معالجة مياه الصرف الصحي.
- استغلال المياه الضاربة في الملوحة.
- الاستكشافات الجديدة.
- دراسة استغلال الفائض من الأفلاج.

إنشاء سدود التغذية الجوفية

من المعروف أن طبيعة الفيضانات بالسلطنة تتميز بسرعة جريانها وقصر الفترة الزمنية لها، مما يؤدي إلى سرعة اندفاعها إلى البحار والصحاري وهذا يقلل من فرص التغذية إلى الخزان الجوفي. ومن هذا المنطلق جاءت فكرة وقف اندفاع هذه المياه والتقليل من سرعة جريانها بحجزها بواسطة إنشاء سدود للتغذية الجوفية حيث أثبتت تجارب الدول الواقعة في المناطق الجافة ومنها السلطنة نجاح وفعالية استخدام سدود التغذية الجوفية في تعزيز المياه الجوفية والاستفادة من المياه عوضاً عن ذهابها هدراً إلى البحر والصحراء. وتجربة السلطنة في إنشاء سدود التغذية الجوفية أظهرت العائد الإيجابي من تلك السدود على المخزونات الجوفية وللاستفادة من مياه الفيضانات التي تضيع بجريانها المباشر إلى البحر والصحاري والتي تربو في بعض السنوات على مليار متر مكعب.



شكل رقم ٢ : كميات المياه التي احتجزتها سدود التغذية الجوفية بالسلطنة منذ إنشاؤها

إنشاء السدود التخزينية

إن الموقع الجغرافي للسلطنة ووجودها ضمن حزام المناطق الجافة يحتم علينا استغلال كل قطرة تتساقط على هذه الأرض. ونظراً لتزايد عدد السكان بالقرى والتجمعات السكانية المنتشرة على سفوح الجبال ، وتزايد الطلب على ا لمياه في حين إن مصادرها التقليدية ثابتة ومحدودة، فقد أكدت الدراسات أن تجميع المياه بواسطة السدود التخزينية من أفضل الطرق للمساهمة في تلبية الطلب المتزايد على المياه. هذا بالإضافة على أن هذه المنشآت تساهم بشكل فعال في استقرار أهالي المناطق الجبلية في مناطقهم وعدم الهجرة إلى مناطق أخرى. وفي هذا الإطار تم دراسة إمكانية إقامة مثل هذه السدود حيث شملت السلطنة ككل وحددت أفضل المواقع لإقامة السدود التخزينية عليها. حيث تم تحديد عدد ٤٢ موقعاً مشجعاً لإقامة سدود تخزينية ذات سعات كبيره نسبيا من أصل ٥٧ موقعاً، وخلصت الدراسة إلى اختيار عدد ١٢ موقعاً ذات أفضلية لإجراء المزيد من الدراسات لتحديد جدواها من الناحية الفنية والاقتصادية.

وتعكف الوزارة حاليا بالتجهيز للبدء بدراسة إنشاء سد تخزيني كبير لاستثمار مياه وادي ضيقة بمحافظة مسقط والتي يضيع الجزء الأكبر منها إلى البحر دون استفادة حيث يرتجى من هذه الدراسة تقييم جميع الجوانب المتعلقة بإنشاء السد إلى جانب إعداد التصاميم والمواصفات الهندسية في حال ثبوت جدواه الفنية والاقتصادية.

استغلال حفر الكسارات المهجورة

وسعياً للبحث عن بدائل أخرى لحصاد مياه الفيضانات بهدف تغذية خزانات المياه الجوفية شرعت الوزارة مبدئياً بدراسة ما قبل الجدوى لتقنيات حصاد مياه الفيضانات وذلك في الفترة ٩٨ ١٩٩٩م عن طريق استغلال حفر الكسارات والمحاجر المهجورة بأودية السلطنة لتأهيلها بهدف تجميع كمية من مياه الفيضانات وبالتالي تغذية الخزانات الجوفية، علاوةً على ذلك إيجاد طرق أخرى لحصاد مياه الفيضانات، حيث خلصت الدراسة إلى اختيار عدد (١١) موقعاً للحفر بصفتها مواقع مجدية من أصل (٤٥) موقعاً واعدت التصاميم

الهندسية الأولية وتقدير التكلفة الأولية لعدد ثلاثة منها بأودية الأبيض بولاية نزوى وسوق بولاية صحار وبني غافر بولاية السويق، وقامت الوزارة بإعداد التصاميم الهندسية التفصيلية ومستندات المناقصة لهذه الحفر ومن المنتظر البدء بمرحلة التنفيذ خلال السنوات القادمة.

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

إن التوسع في مشروعات تجميع مياه الصرف ومعالجتها يمكن أن يوفر كميات من المياه المعالجة للاستفادة منها في بعض أنواع الزراعات وتغذية الخزانات الجوفية وبعض الاستخدامات البلدية. وسيكتسب هذا الأمر أهمية متزايدة في المدن والمراكز الحضرية مع التوسع في تمديد شبكات إمدادات المياه وأنظمة الصرف الصحي الجديدة، وقد تضمنت الخطة التوصيات اللازمة لتنمية هذا المورد بواسطة الجهات ذات الصلة.

الاستفادة من احتياطي المياه غير المتجددة والمياه الضاربة للملوحة

تتمتع السلطنة بوجود احتياطات استراتيجية غير متجددة من المياه العذبة والمياه الضاربة للملوحة والتي لم يتم استغلالها بعد، حيث تشكل الظروف البيئية وعدم توفر البنية الأساسية عائقاً كبيراً لتنميتها. وكان قد تم تحديد فرص للتنمية الزراعية في عدد من المواقع في أحواض النجد والمسرات، وقد اقترحت الخطة عدد من المواقع الإضافية بغرض إخضاعها لمزيد من الدراسات للوقوف على مدى إمكانية إقامة مشاريع تنمية زراعية محلية، على أن يتم إخضاع سحب المياه من الخزانات الجوفية لهذه الأحواض لمراقبة محكمة لضمان عدم استنزاف هذه الموارد غير المتجددة في حالة استغلالها.

٦. تطور التشريعات المائية بالسلطنة

خلال الفترة من ١٩٧٠م ولغاية ١٩٧٥م ، قامت مؤسسات حكومية مختلفة بأعمال موارد المياه اللازمة لدعم التنمية في أماكن محددة.

- تم في عام ١٩٧٥م تشكيل مجلس موارد المياه لتولي مسئولية مراقبة موارد المياه وتقديم المشورة حول المشاريع المتعلقة بموارد المياه ، واستمرت المؤسسات الحكومية في القيام بأعمال ومشاريع موارد المياه التي تختص باحتياجاتها .
- وفي عام ١٩٧٩م تم تشكيل الهيئة العامة لموارد المياه من السكرتارية الفنية لمجلس موارد المياه وتحت إشراف المجلس ، وأنيطت بالهيئة مسئولية تحديد وتقييم موارد المياه على مستوى السلطنة ، وهي أول هيئة وطنية تقوم بدراسة موارد المياه .

خلال الفترة من ١٩٧٩م ولغاية ١٩٨٦م أقامت الهيئة العامة لموارد المياه شبكة وطنية لرصد الأمطار ، وقياس السيول، ومراقبة المياه الجوفية ، وبدأت عمليات استكشاف منتظمة للمياه الجوفية . تلاها تقييم للموارد في مواقع مختارة حسب أولويات مدروسة في مختلف أنحاء السلطنة . وقد تم إصدار عدد من التقارير شملت تقييماً أولياً لهيدرولوجية السلطنة ، وتقارير عن تداخلات المياه المالحة في الخزانات الجوفية بساحل الباطنة . وهناك تطوران هامان في هذه الفترة هما :

أ) إدخال نظام تصاريح حفر الآبار تحت رعاية مجلس موارد المياه ، والذي تم تنفيذه بواسطة وزارة الزراعة والثروة السمكية (آنذاك) باعتبار أن الري هو الاستخدام الرئيسي للمياه ، وأن وزارة الزراعة لديها مجموعة من الإدارات الموزعة على مختلف مناطق السلطنة والي يمكن من خلالها الإشراف المباشر على الوضع المائي في المناطق .

ب) حظر إنشاء الآبار قرب الأفلاج لحماية حقوق المياه التقليدية . وتم تحديد منطقة حرم للفلج بطريقة تقريبية كدائرة قطرها ١٥ كيلومتر حول أم الفلج .

شهدت الفترة من عام ١٩٨٦م ولغاية ١٩٨٩م والتي اتجهت فيها الدولة فيها إلى ضبط وترشيد الإنفاق، مجموعة من التغيرات التنظيمية والتشريعية تمثلت فيما يلي:

- نقل مهام واختصاصات تصاريح حفر الآبار من وزارة الزراعة والثروة السمكية إلى مؤسسات موارد المياه.
- نقل بعض محطات القياسات المائية بالمناطق إلى مؤسسات موارد المياه.
- إنشاء مناطق حماية حقول آبار المياه في المدن أو البلديات الرئيسية .
- البدء في تنفيذ برنامج وطني لتحديد الأماكن المعرضة لخطر الفيضانات وبرامج توعية للمواطنين في مجال ترشيد موارد المياه .

- في عام ١٩٨٨م صدر المرسوم السلطاني السامي رقم : ٨٨/٨٢م باعتبار المخزون المائي ثروة وطنية . ويعد هذا المرسوم من أهم التشريعات المائية وأبعدها أثراً حيثُ أعطى الدولة الحق في اتخاذ الإجراءات الضرورية لتنمية وحماية المياه الجوفية والمحافظة عليها .
- تم في أكتوبر ١٩٨٩م إنشاء وزارة موارد المياه ومواصلة للتوجه الرامي إلى تمركز المهام المتعلقة بموارد المياه في جهة واحدة تم نقل المسئوليات والاختصاصات المتعلقة بسدود التغذية والأفلاج من وزارة الزراعة والثروة السمكية إلى وزارة موارد المياه .
- في عام ١٩٩٠م صدر القرار الوزاري رقم : ٩٠/٢م بشأن لائحة تسجيل الآبار القائمة وإصدار تصاريح للآبار الجديدة وترمي سياسة تصاريح الآبار إلى السيطرة على تنامي الطلب على المياه وتوجيه عملية تخصيص المياه من خلال التحكم في تشييد الآبار وتنص اللائحة على فرض غرامات في حالة عدم التقيد بأحكامها.
- تم في عام ١٩٩٢م إصدار القرار الوزاري رقم : ٩٢/٣٧٤م الذي آذن ببدء العمل في المشروع الوطني لحصر الآبار للمساعدة في إدارة الموارد المائية بالسلطنة . الهدف الأساسي للمشروع هو توفير مجموعة من البيانات اللازمة لوضع استراتيجيات تنمية وإدارة المياه في السلطنة من خلال تحديد مواقع كل الآبار وتسجيل خصائصها الفيزيائية وتقييم توزيع ونوعية موارد المياه الجوفية من حيث الكمية ونوع الطلب .

كما توجهت الاهتمامات الأساسية لوزارة موارد المياه نحو الآتي :

- توسيع وتطوير وتنظيم شبكة القياسات المائية .
- تخطيط وتنفيذ مشاريع تقييم موارد المياه بغرض تحقيق تأثير العجز المائي في بعض المناطق وتحديد كمية الموارد المائية المتاحة .
- بناء القدرات وتنمية الموارد البشرية من خلال برنامج طموح للتعمين إلى جانب برنامج أساسي للتدريب بالوزارة وداخل السلطنة وخارجها.

تم تحديد مناطق تقييم الموارد المائية في السلطنة على أساس المستجمعات المائية الكبرى والتي قد لا تتطابق مع تقسيم الوحدات الإدارية ومع ذلك تحرص الوزارة على توجيه أنشطة التقييم لتكون على أساس المناطق الإدارية بقدر المستطاع.

- تم في عام ٢٠٠١م دمج وزارة موارد المياه في وزارة البلديات الإقليمية والبيئة حيث تم إصدار القوانين التالية:

- قانون حماية البيئة ومكافحة التلوث الصادر بالمرسوم السلطاني رقم (٢٠٠١/١١٤م)، وتنص المادة رقم (٢٠) منه على ما يأتي. " يحظر تصريف المواد والمخلفات الخطرة وغيرها من ملوثات البيئة في الأودية أو مجاري المياه أو مناطق تغذية المياه الجوفية أو شبكات تصريف مياه الأمطار والفيضانات أو الأفلاج ومجاريها، كما يحظر استخدام أو تصريف مياه الصرف غير المعالجة إلا بعد الحصول على تصريح بذلك من الوزارة وفقاً للإجراءات والأوضاع التي يصدر بها قرار من الوزير.
- قانون حماية مصادر مياه الشرب من التلوث الصادر بالمرسوم السلطاني رقم (٢٠٠١/١١٥م)، وتنص المادة رقم ٧ من هذا القانون على أنه " يسمح ببناء خزانات التحلل اللاهوائي المتبوعة بخزانات الاحتجاز أو بالحفر الامتصاصية لتخدم المنشآت والمنا زل التي تنتج عنها مخلفات سائلة منزلية تكافؤها السكاني أقل من (١٥٠) وذلك وفقاً للملحق رقم (٢) المرافق لهذا القانون، أما بالنسبة للمنشآت الأكبر حجماً فيجب أن تخدم بمحطات معالجة مياه الصرف وفقاً للمحلق رقم (١) المرافق لهذا القانون. وتنص المادة رقم (٨) من نفس القانون على أنه " يُحظر تصريف المخلفات السائلة غير المنزلية إلى شبكات الصرف الصحي إلا بعد معالجتها لتصبح مطابقة للمواصفات ت المذكور بالمحلق رقم (٣) المرافق لهذا القانون، كما يحظر تصريف مياه الصرف أو أية ملوثات مياه في شبكات تصريف مياه الأمطار".

وفيما يلي التدابير التنظيمية الأساسية المتعلقة بإدارة المياه والمحافظة عليها :

حماية الأفلاج :

حظر إقامة أي آبار على مسافة تقل عن ٣,٥ كم عن أم الفلج.

تصاريح الآبار :

تم تنقيح وتعزيز لوائح تصاريح الآبار عدة مرات. وأصبح لا بد من الحصول على تصريح عند القيام بإنشاء بئر جديدة أو تعميق بئر قائمة أو استبدال بئر جديدة بأخرى قائمة أو تغيير استخدام البئر أو تركيب مضخة عليها.

تسجيل المقاولين :

كما أصبح لزاماً على كل المقاولين العاملين في حفر الآبار التسجيل سنوياً لدى وزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه . ويجب على كل مقاول التأكد من صدور التصريح اللازم قبل البدء في العمل وبخلاف ذلك يكون عرضة للعقوبة.

المخالفات والتنفيذ:

أمكن تنفيذ لوائح تنظيم الآبار من خلال النشر والإعلان والإقناع والمراجعة والفحص والمتابعة بصفة منتظمة . وتلقت الوزارة عوناً مقدراً من الجهات الحكومية الأخرى مثل وزارة الداخلية وشرطة عمان السلطانية فيما يتعلق بتنفيذ قوانين ولوائح حماية الموارد المائية .

٧. الخاتمة

إن المرتكزات الأساسية للرؤية المستقبلية لقطاع موارد المياه تتمثل في مواجهة المشاكل والتحديات القائمة منها والمستحدثة من شح في المياه وتداخل الملوحة ونقص في إمدادات المياه وتدني معدلات تدفق الأفلاج وانخفاض منسوب مياه الآبار، وتدني كفاءة نظم الأفلاج وذلك في المناطق والمحافظات المختلفة للسلطنة حتى يمكن الوصول إلى التوازن بين الموارد المتاحة والاحتياجات، مع الأخذ في الاعتبار معدل زيادة النمو السكاني خلال السنوات القادمة. ويمكن تلخيص هذه المرتكزات فيما يلي:

١. تأمين وإيجاد مصادر مائية جديدة غير تقليدية للوفاء بالاحتياجات المتزايدة لمياه الشرب والاستخدامات المترلية، واعتبارها أولوية أولى وتعزيز المخزون المائي. ومن أهم المصادر المائية الغير تقليدية محطات التحلية والتي تعتبر خياراً استراتيجياً في المدى البعيد لحل أزمة مياه الشرب في المناطق الجافة كالسلطنة.
٢. تحديد حصص مائية تلبي متطلبات التنمية وتحقق الكفاءة الاقتصادية.
٣. تقليل الفارق بين العرض والطلب للأحواض المائية بما يصون استدامتها.
٤. حماية مصادر المياه من التلوث والاستنزاف ومن الجفاف.
٥. تنمية الحس الوطني بأهمية المياه.
٦. تنمية القدرات الفنية للكوادر العُمانية في المجالات التخصصية ذات العلاقة بطبيعة عمل الوزارة.
٧. تعزيز التوجه الداعي لقيام القطاع الخاص بإنشاء وإدارة المشاريع المائية كمحطات التحلية وشبكات إمدادات المياه وتوزيع مياه الشرب ومحطات معالجة مياه الصرف والتوسع فيها.
٨. صيانة الأفلاج والمنشآت المائية وتطويرها وتعزيز أداؤها.
٩. إنشاء جمعيات مستخدمي المياه.

اتجاهات تطوير تقنيات تحلية المياه

د. عادل أحمد بشناق

إتجاهات تطوير تقنيات تحلية المياه

د. عادل أحمد بشناق

دار التقنية

الخلاصة

تستعرض الورقة التطورات الحديثة في التقنيات المستخدمة تجارياً لتحلية المياه المالحة بدءاً بالنظم الحرارية ثم نظم الأغشية ثم الحلول المركبة مع التركيز على تطور الكفاءة الإنتاجية وبالخصوص كفاءة استخدام الطاقة وحجم وحدة الإنتاج وتكاليف البناء والتشغيل ثم تشير الورقة إلى بعض التقنيات الجديدة الواعدة وتحث على تطويرها وتؤكد استمرار استخدام تقنيتي التقطير الوميضي والتناضح العكسي بشكل موسع للعقد القادم مع استمرار جهود التطوير وتخفيض التكاليف لبناء وتشغيل هذه التقنيات وتخلص الورقة إلى عدد من التوصيات الرامية إلى تسريع وتيرة التطوير وسبل تعاون وشراكة القطاع الخاص مع القطاع العام لاكتساب وتوطين تقنيات التحلية في العالم العربي لتعظيم المنافع الاقتصادية والاجتماعية لذلك.

أولاً : النظم الحرارية

لا تزال تقنية التقطير الوميضي المتعدد المراحل (MSF) هي التقنية الأكثر إنتشاراً في دول الخليج العربية لبناء محطات تحلية البحر المركزية نظراً لتنامي الطلب على الكهرباء والماء معاً وإستمرار إنخفاض تكاليف بناء هذه المحطات مع سهولة المحافظة على تشغيلها ووثوقية عاليه في إنتاجها المستمر لسنوات طويلة.

لقد إنخفضت تكاليف بناء محطات التقطير الوميضي المتعدد المراحل بشكل ملحوظ خلال السنوات القليلة الماضية حتى أصبحت منافسة لنظم التقطير المتعددة الأثر (MED) وقريبة جداً من تكاليف بناء نظم الأغشية ويعود ذلك لعدة أسباب منها تطوير القدرات الصناعية لتصميم وبناء وحدات إنتاجية أكبر في مدة زمنية أقل بإستخدام مواد ومعدات أقل حيث وصلت الطاقة الإنتاجية لأكبر الوحدات التي تم التعاقد عليها لمحطة السويحات في الإمارات إلى أكثر من ٧٥١٥٠م^{٣} /يوم (١٦,٧ مليون جالون امبراطوري في اليوم) وتؤكد الشركات المصنعة قدرتها اليوم على إنتاج وحدات طاقتها 90,000 م^{٣} / اليوم ، وتجدر الإشارة إلى أن الطاقة الإنتاجية للوحدات التي صنعت قبل عام ١٩٩٠م كانت لا تتجاوز 20,000 م^{٣} / اليوم كما تجدر الإشارة إلى أن الخبرات التراكمية في تشغيل وصيانة محطات التقطير القديمة أقنعت الجميع بإمكانية بناء هذه الوحدات لتحمل ضغوط أقل في غرف التبخير وبسطحات أقل للتبادل الحراري بسبب تخفيض الإفتراضات المستخدمة سابقاً في تصميم هذه الوحدات (مثل معامل الإتساخ).

كما كان لنظم التعاقد (شراء الماء المنتج بدلاً من شراء المحطة) ورغبة المشترين لمحطات التحلية في تخفيض المدة الزمنية اللازمة لإنتاج الماء المطلوب لتكون في حدود ١٥ شهراً (بدلاً من ٣٠ شهراً أو أكثر كما كان مقبولاً في الماضي)، أجبرت الشركات المصنعة والمقاولين للعمل بكفاءة أكثر وإعادة النظر في طرق شراء المواد والمعدات وطرق التصنيع والتجميع والبناء في الموقع ثم توفير الكفاءات الفنية المطلوبة لسرعة التركيب وإجراء إختبارات التشغيل وبالخصوص لأجهزة القياس والتحكم.

تبلغ وحدة تكلفة بناء محطات التقطير الوميضي الحديثة حوالي ٤٥٠٠ريال سعودي للقدرة على إنتاج متر مكعب/اليوم أما تكلفة الإنتاج فتعتمد في المقام الأول على تكلفة الطاقة المستخدمة ثم على تكلفة التمويل المتاح لبناء المحطة ووصلت إلى ٣ ريال سعودي /للمتر المكعب في المحطات الكبيرة.

التقنية الحرارية المنافسة تجارياً لما ذكر بأعلى هي تقنية التقطير المتعدد الأثر (MED) والتي أستعملت تجارياً قبل نظم التقطير الوميضي وهي أكثر كفاءة في إستخدام الطاقة الحرارية وأقل تكلفة إلا أن صعوبات التشغيل والصيانة لأجهزتها وقلة عدد الشركات المصنعة والمطورة للوحدات الكبيرة منها لا يزال يحد من إنتشارها لغرض الإنتاج المشترك للماء والكهرباء، وقد بلغت طاقة أكبر وحدة تم التعاقد على بنائها حتى تاريخه ٨ مليون جالون امبراطوري في اليوم (36,000 م3/ اليوم) في دولة الأمارات وتؤكد الشركة المصنعة على قدرتها اليوم لإنتاج وحدات بطاقة 45,000 م^{٣} /اليوم وتبلغ تكلفة بناء هذا النوع من المحطات بحوالي ٤٢٠٠ ريال سعودي لإنتاج متر مكعب في اليوم أما تكلفة إنتاج الماء فهي أقل من التقطير الوميضي نظراً لأن كفاءة إستخدام الطاقة تعادل ١٥ رطل من الماء لكل رطل من البخار بالمقابل للمعدل المستخدم تجارياً للتقطير الوميضي والذي هو في حدود ١٠.

النظام الحراري الثالث والمعروف بنظم الضغط البخاري (VC) سواء تتم بأسلوب الضغط الحراري للبخار (TVC) أو بضغط البخار ميكانيكياً (MVC) هو الأقل تطوراً خلال السنوات الماضية لعدم قدرته على منافسة نظم التحلية البديلة ولا يزال هو الأسلوب المفضل لبعض المحطات الصغيرة والإستخدامات الصناعية وتجدر الإشارة إلى أن طاقة أكبر وحدة ضغط بخار متاحة تجارياً هي في حدود ٣٠٠٠ م٣/ اليوم وتستهلك حوالي ٨ كيلو وات كهرباء لإنتاج المتر المكعب من الماء النقي (١٠-٢٠ جزء في المليون) بوثوقية عالية.

ثانياً: نظم الأغشية

تشمل هذه أغشية التناضح العكسي (RO) والترشيح النانومتري (NF) بالإضافة إلى أغشية الترشيح الدقيقة (MF) والترشيح المتناهي الدقة (UF) وهي تزيل المواد العالقة والأملاح الذائبة في الماء بإستخدام فرق الضغط على سطح غشاء صناعي دقيق منفذ للماء أو شبه منفذ وهي تقنيات جديدة دخلت الإستعمال التجاري خلال الثلاثة عقود الماضية وتلمس تطوراً كبيراً خلال السنوات الأخيرة ويتوقع إستمرار معدل التطور السريع لجميع نظم الأغشية في السنوات القادمة.

تشهد نظم التناضح العكس تطوراً كبيراً في كفاءة إداء الأغشية وطول عمرها المفيد وتعدد الأنواع المتاحة منها وفي قدرة مضخات الضغط العالي وكفاءة نظم إسترجاع الطاقة وفي موثوقية استمرار إنتاج المحطة بالرغم من تغيير نوعية المياه الداخلة للمحطة.

أغشية التناضح العكسي المستخدمة حديثاً لتحلية مياه البحر قادرة على المحافظة على إزالة الأملاح بنسبة تزيد على ٩٩,٧% لعدة سنوات مما أدى إلى أمكانية إنتاج الماء العذب المنشود من مياه الخليج العربي في مرحلة واحدة بدلاً من مرحلتين و إمكانية رفع نسبة إستخلاص الماء العذب من مياه البحار المالحة إلى ٤٥% بدلاً من ٣٠% كما كانت لسنوات قريبة في الماضي.
كما أن إنتاجية وحدة الغشاء أصبح يزيد على ٩٠٠٠ جالون في اليوم (٣٤,١ م٣/اليوم) ويتوقع أن يصل إلى 12,000 جالون في اليوم (٤٥,٥٥ م٣/يوم) في المستقبل القريب مما سيؤدي الى المزيد من تخفيض تكلفة إنتاج الماء وبالخصوص مع توفر أنابيب ضغط بقطر (٥٠سم) بدلاً من (٢٠سم) كما هو شائع اليوم.

والتطور الثاني السريع في نظم التناضح العكسي بخلاف الأغشية هو في تطور نظم الضغط العالي وأجهزة إسترجاع الطاقة مما مكن تخفيض معدل استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة لتحلية مياه البحر إلى النصف خلال الخمسة سنوات الماضية وأصبحت اليوم أقل من ٣ كيلووات للمتر المكعب.

تكلفة بناء محطات التناضح العكسي هي في إنخفاض مستمر وتصل في محطات البحر الكبيرة إلى ٢٦٠٠ ريال سعودي للقدرة على إنتاج متر مكعب في اليوم وانخفضت تكلفة تحلية مياه البحر إلى أقل من ٢ ريال سعودي للمتر المكعب في عدد من المحطات العالمية الكبيرة أما تكلفة تحلية المياه القليلة الملوحة فهي أقل من نصف المعدلات المذكورة بأعلى وتزداد مع زيادة ملوحة المياه ومعدل ونوع الملوثات الموجودة فيها.

وتجدر الإشارة إلى أنه لا يوجد حد أعلى للطاقة الإنتاجية لوحدة محطات التناضح العكسي حيث لم تعد مرتبطة بطاقة مضخات الضغط العالي المتوفرة تجارياً وتتميز التصاميم الحديثة لمحطات التناضح العكسي بقدرتها على استمرارية إنتاج طاقتها بالكامل على مدار العام حتى عند إجراء عمليات الصيانة للأغشية والمضخات وعناصر المحطة.

كما أن الخبرات التراكمية في تشغيل وصيانة محطات التناضح العكسي على مدى العقود الأخيرة مكنت الجميع من تجنب العديد من أخطاء التصميم والتشغيل الشائعة في المحطات القديمة كما أن تطور قدراتنا الحاسوبية لبناء نماذج محاكاة اكثر واقعية لظروف التشغيل أدت إلى فهم أفضل لسبل منع الترسبات الكيميائية والحيوية على سطح الغشاء لضمان كفاءة وإستمرارية التشغيل مع تغيير نوعية المياه الداخلة للمحطة وسبل إطالة عمر الأغشية وتخفيض إستهلاك الطاقة والمواد الكيميائية المستخدمة في الإنتاج وفي تنظيف الأغشية عند الحاجة لذلك.

وتجب الإشارة إلى التطور الحديث في دمج أنواع أغشية التناضح العكسي داخل أنبوب الضغط الواحد حيث يمكن زيادة إنتاج الماء بنسبة ٢٥% من الإنبوب الواحد مع تخفيض الضغط اللازم للتشغيل وما يترتب عليه من تخفيض إستهلاك الطاقة بإستخدام ثلاثة انواع من وحدات الأغشية الحلزونية المرتبة تسلسلياً داخل الإنبوب.

كما أن توفر أغشية الفلترة الدقيقة (MF) والفلترة المتناهية الدقة (UF) بأسعار وضمانات تجارية مقبولة لاستخدامها لمعالجة المياه قبل دخولها على أغشية التناضح العكسي يزيد كفاءة وضمان وعمر أغشية التحلية ويتوقع انتشار هذا الاستخدام في محطات المستقبل مع استمرار انخفاض تكاليف أغشية الفلترة المذكورة.

ولعل توفر أغشية الترشيح النانومتري (جزء واحد من ألف مليون جزء من المتر) تجارياً وبأسعار مقبولة سيفتح آفاقاً واسعة لتطورات مستقبلية كبيرة وبالخصوص لنظم التحلية الحرارية حيث يمكن تحسين كفاءة إستخدام الطاقة من خلال تشغيل المحطات عند درجات حرارة أعلى بعد إزالة الأملاح السريعة الترسب باستخدام أغشية الناتو.

ثالثاً: الحلول المدمجة (Hybrid)

تم بناء عدد من محطات التناضح العكسي بالقرب من محطات التقطير الوميضي الكبيرة (جدة، ينبع، الفجيرة) بهدف خلط الماء المنتج من النظامين لإنتاج مياه الشرب المتوازنة بدون الحاجة إلى معالجة كيميائية لمياه التقطير مما يؤدي إلى تخفيض تكاليف إنتاج الماء لكلا النظامين وزيادة وثوقية توفر الماء الغذب تحت كافة ظروف التشغيل.

يتوقع إنتشار إستخدام الحلول المركبة من نظامين أو أكثر مستقبلاً لزيادة كفاءة التشغيل وتخفيض تكلفة الماء العذب وبالخصوص دمج الترشيح النانومتري مع أغشية التناضح العكسي او نظم التقطير المعروفة لزيادة إنتاجية المحطات المشتركة ودمج اغشية الترشيح الدقيقة مع الترشيح النانومتري وأغشية التناضح العكسي لتعظيم منافع كل منها بإسلوب متكامل.

رابعاً: نظم المستقبل الواعدة

هناك العديد من تقنيات التحلية التي مازالت في مراحل مختلفة من التجربة والتطوير تستحق المتابعة والإستثمار بالمشاركة في تطويرهـــا وتجربتها ميدانيـــاً وأشير في هذا الصـــدد إلى إسلوب جريـــان المـــاء خلال المكثـــف الكهربائـــي (Flow Through Capacitor) وأسلوب التناضح الأمامي (Forward Osmosis) وبالخصوص لأن علماء عرب يشاركون في تطوير هذين النظامين.

هذا ولا يتوقع إستبدال أسلوب التقطير الوميضي أو أسلوب التناضح العكسي في المستقبل القريب لإنتشار الخبرات المكتسبة في عمليات التشغيل والصيانة لهذين النظامين ولاستمرار التطوير المتاح لكلاهما على إنفراد أو مجتمعين وبالخصوص عند توفر مواد معدنية أو لدائن صناعية جديدة وعند زيادة المعارف المتاحة عن سبل منع بدء عمليات الترسب والتآكل في النظم والمواد المستخدمة حالياً.

خامساً: التوصيات

١. على الدول العربية مجتمعة أو منفردة إعداد خطط تفصيلية لإكتساب وتطوير وتوطين تقنيات تحلية المياه المالحة لأن الفوائد الإقتصادية والسياسية والإجتماعية لذلك تفوق الحصر.

٢. يجب زيادة المخصصات المالية الموجهه لأبحاث التحلية وربط معدل هذه المخصصات مع حجم الإنفاق على بناء محطات التحلية او حجم الماء المنتج من هذه المحطات لضمان ديمومة واستمرار برامج الأبحاث والتطوير.

٣. ضرورة مشاركة القطاع العام مع القطاع الخاص في تحمل تكاليف تطوير نظم تحلية جديدة وحلول مبتكرة والمشاركة في تحمل مخاطر تجربة النظم الجديدة في المحطات التجارية وذلك بأساليب وحوافز متعددة منها تخصيص وحدة واحدة من كل ١٠ وحدات يتم بنائها مستقبلاً لتكون وحدة إستكشافية لحلول جديدة مبتكرة أو لتطوير تقنيات التحلية المعروفة.

٤. إحتضان وتحفيز المصنعين والمقاولين والباحثين العرب لتطوير وتوطين تقنيات تحلية المياه من خلال تخصيص نسبة لا تقل عن ٢٠% من وحدات التحلية الجديدة ليتم بنائها من قبل الشركات المحلية وبمشاركة وطنية للقيمة المضافة بنسبة لاتقل عن ٥٠%.

٥. ترسيخ ونشر ثقافة التطوير المستمر بين العاملين في قطاع المياه لتطوير القدرات والمعارف من خلال توفير الوسائل والبرامج والمحفزات المادية والمعنوية اللازمة لتحقيق ذلك.

منهج مقترح لتقييم وتطوير وإدارة موارد المياه العذبة

(دراسة الحالة القطرية)

الدكتور محمد يوسف حاجم الهيتي

منهج مقترح لتقييم و تطوير و إدارة موارد المياه العذبة
(دراسة حالة قطرية)

الدكتور محمد يوسف حاجم الحيتي

أستاذ الجغرافيا المساعد

جامعة بغداد / كلية التربية / ابن رشد – قسم الجغرافيا

جمهورية العراق

ملخص البحث

تقترح هذه الورقة منهجا في تقييم وتطوير وادارة موارد المياه العذبة تجمع بين النظرية والتطبيق، يشكل حوض النهر أو مستجمع الأمطار الوحدة الجغرافية لجمع البيانات وتحليلها. ومع أن بعض البلدان تملك بيانات هيدروليجية متوفرة، على صعيد أحواض الأنهار في العادة، فيكاد لا يوجد بلد يمتلك بيانات اجتماعية اقتصادية مصنفة على مثل ذلك المستوى .لذلك يكمن الهدف في كيفية تحقيق إدارة ناجحة للموارد المائية العذبة في ضوء منهج علمي وعملي متفق عليه يخدم المصالح المحلية والإقليمية، فرغم الغموض الشديد الذي يحيط بالاحتياجات المائية في المستقبل فمن الواضح إن جميع القطاعات ستكون لها احتياجات متعاظمة بل هي تواجه منذ الآن ضغوط في مناطق عديدة من العالم. وبالنظر إلى الاتجاهات الراهنة، قد يتعرض ما يصل إلى ثلثي سكان العالم في عام ٢٠٢٥ لإجهاد مائي يتراوح بين المعتدل و المرتفع وقد يواجه ما يقرب من نصف العالم صعوبات واضحة في معالجة تلك الحالة بسبب عدم كفاية الموارد المالية. وحيث أن العديد من البلدان التي تواجه حاليا إجهاد مائي معتدل إلى مرتفع، وكذلك البلدان المعرضة لخطر الانتقال إلى فئات الإجهاد المرتفع بحلول ٢٠٢٥، هذه البلدان تنتمي إلى المجموعات ذات الدخل المنخفض فمن الواضح أن الموارد المائية يمكن أن تصبح عاملا مقيدا للتنمية في عدد من مناطق العالم مكانيا. اتخذت الورقة العراق كدراسة قطرية (تطبيقية) لتمتعه بنهرين كبيرين هما دجلة والفرات وهما من الانهار المشتركة دوليا، فضلا عن امكاناته الاقتصادية وتوافر تربة صالحة للزراعة فقد شهدت سياسة العراق في التعامل مع موارده المائية خلال العقود الاخيرة تطورا كبيرا بعد ان بنيت على أسس علمية رصينة. وعليه فقد طورت مشاريع ري قديمة، وإقامة مشاريع جديدة للري ،إذ يوجد في العراق بالوقت الحاضر زهاء (١٢٩) مشروع اروائيا منها : ٩٣ مشروعا على نهر دجلة و ٣٤ مشروع على نهر الفرات ومشروعات على شط العرب . ويصل مجموع مساحتها إلى نحو (١٣) مليون دونم. ورغم ذلك يعاني العراق نقصا كبيرا في كميات المياه التي خصصت لها بسبب السياسة المائية لدول الجوار الجغرافي، وعليه ستؤدي مستقبلا مثل هذه الخطط عدة صعوبات منها الشحة المائية بشكل اساسي مما يؤثر على النشاط الاقتصادي للعراق .

المقدمة

الماء العذب واحد من اهم العناصر الاساسية التي تقوم عليها الحياة البشرية والنمو الاقتصادي والتنمية، فالماء مصدر الحياة ونسقها و هو اثمن عناصر الطبيعة خاصة في منطقتنا العربية حيث يسود الحر والجفاف خلال معظم اشهر السنة حيث الارتباط وثيق وربما اكثر من أية منطقة أخرى في العالم بين بعض جوانب حضارة الإنسان وجغرافيا الماء وتاريخه، فخريطة المياه تكاد تتماشى مع خارطة نشوء الحياة والحضارة واستقرارها وازدهارها منذ عصورها الأولى.

إن تعدد وظائف الماء وتنوع استخداماته ترك المجال واسعا للتنافس بين هذه الاستخدامات و يزداد هذا التنافس حدة مع اشتداد الضغط على الموارد المائية بطبيعتها. ومع تزايد الطلب عليها، وهو تنافس غالبا ما يخرج منه القطاع الزراعي خاسرا مما ينعكس على الإمكانيات الاقتصادية لهذا القطاع في توفير متطلبات الغذاء للسكان. لقد ازداد الاستهلاك العالمي للمياه بمقدار سبعة أضعاف منذ بداية القرن العشرين وقد تضاعف هذا الاستهلاك خلال العشرين سنة الماضية، ويتنبأ الخبراء بأنه إذا لم يتم فعل شي فأن ثلثي سكان الأرض سيعانون من نقص حاد في المياه بحلول عام ٢٠٢٥.

مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث بطرح التساؤلين الآتيين، حيث يأخذ البحث المشكلة باتجاهين شمولي Macro وضيق Micro:

Macro : ما هو المنهج أو الطريقة المقترحة لأدراك المشاكل الخطرة التي تهدد حالة توافر المياه دوليا في ضوء الاستعمالات و القدرة وحالات الإجهاد التي سببها الإنسان على البيئة الطبيعية ؟ وما هي النتائج المترتبة على هذا الاجهاد ؟ وهل هناك سبل لتفادي هذه المشكلة ؟

Macro : وهو الاتجاه التطبيقي في الدراسة الذي يتناول من العراق حالة دراسية حيث تذهب المشكلة إلى تحديد الخصائص الهيدرولوجية لحوضي نهر دجلة و الفرات بظل المشاريع الزراعية القائمة ،و الحاجة المائية التي تتطلبها المشاريع الزراعية في ضوء التنبؤات السلبية التي سوف تطرأ على المياه وشحتها سيما وان العراق يتمتع بمشاركة مائية كبيرة وهامة بدول الجوار الجغرافي وهي تركيا وإيران وسوريا .

هدف البحث

إن التقييم والادارة الفاعلين للموارد المائية غير ممكنين بدون معلومات كافية بمافيها المعلومات الهيدروليجية والبيانات المتعلقة باستعمال الماء و نوعيته، والبيانات الديموغرافية وإدارة الأراضي و القدرة على تقييم البيانات. وهناك حاجة إلى نظم معلومات متفق عليها و منسقة وطنيا و دوليا و توفر البيانات اللازمة لصنع القرارات بالإضافة إلى طرق موحدة لتحليل المعلومات. إن الوضع الأمثل هو أن يشكل حوض النهر أو مستجمع الأمطار الوحدة الجغرافية لجمع البيانات وتحليلها.لذلك يكمن الهدف في كيفية تحقيق إدارة ناجحة للموارد المائية العذبة في ضوء منهج علمي وعملي متفق عليه يخدم المصالح المحلية والإقليمية.

فرضية البحث

تنطلق فرضيات البحث من المشكلة وهدف الدراسة وهي:

بالإمكان تلافي الشحة والنقص المتوقع في كميات المياه المتاحة، باتباع الاساليب العلمية الصحيحة من الجانب الكمي و النوعي لهذه الثروة بعد تقويمها من المنبع إلى المصب، وتحديد استعمالات الارض التي يمر فيها النهر، فاي نقص او شحة في المياه يمكن تلافيها عن طريق إدارة الاستهلاك أولا في ضوء المعطيات المحلية لكل بلد وقد اتخذنا من العراق حالة تطبيقية لتمتعه بموارد مائية غنية وإمكاناته البشرية والاقتصادية المعروفة والمشاكل التي نجمت ويمكن أن تنجم من الاستخدام غير الأمثل لهذه الموارد وخاصة في الجانب الزراعي.

المبحث الأول: تقييم شمولي للمياه العذبة في العالم:المعروض والمستخدم والآثار المستقبلية

(١-أ) حالة توافر المياه

يقدر الخبراء كمية الماء العذب المتاح بيسر للاستعمال البشري بحوالي ٩٠٠٠ كيلومتر مكعب في السنة.ويضيفون ٣٥٠٠ كيلو متر مكعب أخرى من الماء تحتجزها و تختزنها السدود و المستودعات. إما الماء المتبقي فالتحكم فيه للأغراض البشرية عالي التكاليف بصورة متزايدة بسبب التضاريس و المسافات و الاثار البيئية. ولو قسم مجموع المياه المتدفقة في انهار العالم على سكان العالم (لعام ١٩٩٥) فأن خارج القسمة يبلغ ما متوسطه ٧٣٠٠ متر مكعب من الماء للشخص الواحد في السنة. وبسبب النمو السكاني العالمي، يمثل هذا انخفاضا قدره ٣٧ % لكل شخص من عام ١٩٧٠. [1] وعند فحص صورة المياه العالمية على المستوى القطري، يتبين إن بعض البلدان ما زال يملك مقادير كافية من الماء للفرد بينما اخذت بلدان اخرى تواجه بالفعل صعوبات جدية . و الزيادات المقبلة في الطلب بسبب النمو السكاني و ازدياد الانشطة الاقتصادية سيكون لها حتما تأثير اضافي على موارد الماء المتاحة[2].

(١-ب) شحة المياه عالميا (الأسباب و النتائج)

هناك عدة عوامل بشرية وطبيعية تؤثر على ثبات معدلات كميات المياه العذبة في العالم، اذ ان عدم التوازن في معظم بلدان العالم سيزداد بين الموارد المحددة (التي تعتبر ثابتة) وبين الاستهلاك المتزايد للمياه الناجم عن تنامي عدد السكان والتوسع في المساحات المروية في الأراضي وارتفاع مستوى المعيشة. وقد تزداد مشكلة شحة المياه حدة نتيجة التغير المحتمل في المناخ العالمي الذي قد يقلل بدوره من المياه المتوافرة نظرا لارتفاع درجات الحرارة، وإذا ما حصل فعلا ما يسمى بدفء أو تسخين المناخ Global Climate Warning فتستأثر منطقة الشرق الأوسط بثلاثة احتمالات[3].

أولا: ارتفاع درجات الحرارة فوق المعدل بمقدار (١٥-٣٠ %) وبالتالي ازدياد في عملية التبخر بمقدار (٥-٢٠ %) كذلك ترتفع كمية الفاقد من بحيرات السدود وقنوات الري المفتوحة والمساحات المروية، كما يزداد الطلب على المياه للاغراض المنزلية.

ثانيا: انحسار الأمطار مما يقلل من تغذية المياه الجوفية ومياه السيول والفيضانات.

ثالثا: تفاقم حدة النقص في كميات الأمطار في فترات الجفاف، نقص كميات المواسم الممطرة.

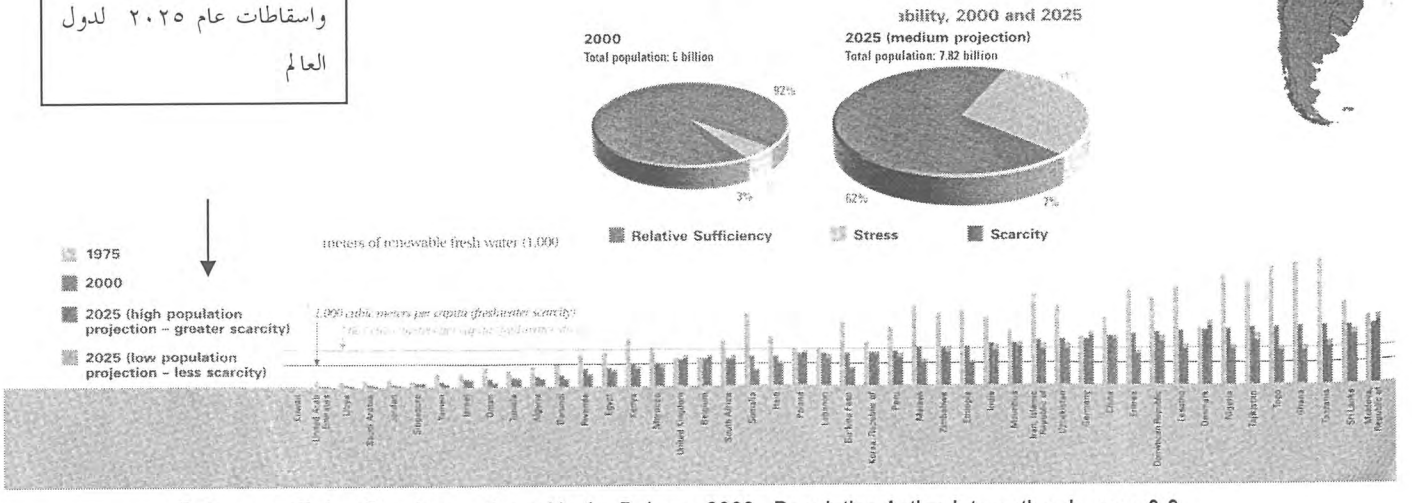
إن هذه التغيرات المناخية المحتملة ستضاعف من تحديات التوصل إلى اتفاقيات دولية بشأن توزيع الميـــاه بـــين البلـــدان المتشاطئة لنفس الحوض المائي ذلك ان الاتفاقيات الحالية مبنية على فرضية حدوث التغيرات في كميات المياه فقط علـــى المدى القصير وثبات معدلاتها على المدى الطويل.

هذا ومن الممكن تأثير مشكلة شحة المياه على المستوى العالمي من خلال ما يأتي:[4] و بمتابعة الشكل و المرتسم رقـــم (١) الذي يبين العلاقة المكانية بين الماء والسكان حتى عام ٢٠٢٥ والبلدان ذات العجز المائي ووفرة الماء العذب حيـــث يظهر:

- الموارد: يغطي الماء حوالي (٧٠ %) من سطح الأرض بحجم يقارب (١,٤) مليون كم٣. (٧،٥ %) من هذا الحجم مياه مالحـــة يستعمل للصناعة او للزراعة، فضلا عن استخدامه للشرب . المياه العذبـــة تمثـــل (٢،٥ %).
- فقط(٧٠%) منها ثلوج متجمدة و الباقي مياه جوفية. (٠،٠٠٧ %) فقط من مجموع كـــل الميـــاه في الأرض من السهولة الوصول إليها.
- التوزيع: عشرة بلدان تمتلك (٦٥ %) من موارد المياه السنوية في العالم (٥٠ %) من سكان العالم لايمتلكون انظمة معالجة وتطهير المياه. (راجع شكل (١))
- النقص: حسب التخمينات فان عتبة وطأة الماء تكون حينما تصل الحصـــص إلى ١٠٠٠ م٣ /شـــخص في السنة، ٢٠٠مليون شخص يعيشون اسفل هذا المستوى او المعيار. (راجع شكل (١))
- التلوث:وفقا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) ٣٠ مليون شخص في السنة يموتون بسبب الأمراض المعدية و الأوبئة التي تحملها المياه الملوثة.

سكان العالم ووفرة الماء العذب للعام ٢٠٠٠ والعام ٢٠٢٥

واقع ومستقبل الماء العذب المتجدد السنوي شخص /سنة للاعوام ١٩٧٥ ، ٢٠٠٠ واسقاطات عام ٢٠٢٥ لدول العالم



Reference : Rober Engelman , Peopel in the Balance 2000 , Population Action International , page 8-9

Water-Short Countries in 2000 and 2025

Water-stressed and water-scarce countries in 2000

Additional water-stressed and water-scarce countries by 2025

No data available

the 21st century. Based on the latest available population and freshwater data, scientists estimate between 2.4 billion and 3.2 billion people may be living in either water-scarce or water-stressed conditions by 2025, depending on future rates of growth compared to 800 million people in the year 2000.

There is one bright spot, however. Between the growth of world population is slowing significantly—a large part due to the greater use of family planning—the future looks less water-short than it did when population

Action International Food Policy Research Institute, in renewable freshwater availability, in

1995, there is agreement that between 2.4 billion and 3.2 billion people could be living in water-scarce countries in 2025. The highest of these projected populations is more or less when considering the world of 2025. As Tom Gleick, Natural Resources Scientist, Stanford University, explained in an e-mail to **H**

(١-ج) الاحتمالات و التحديات المقبلة على الماء دوليا حتى عام ٢٠٢٥:

رغم الغموض الشديد الذي يحيط بالاحتياجات المائية في المستقبل فمن الواضح ان جميع القطاعات ستكون لها احتياجات متعاظمة بل هي تواجه منذ الان ضغوط في مناطق عديدة من العالم. وبالنظر إلى الاتجاهات الراهنة، قد يتعرض ما يصل إلى ثلثي سكان العالم في عام ٢٠٢٥ لإجهاد مائي يتراوح بين المعتدل و المرتفع، وقد يواجه ما يقرب من نصف العالم صعوبات واضحة في معالجة تلك الحالة بسبب عدم كفاية الموارد المالية[٥]. وحيث أن العديد من البلدان التي تواجه حاليا إجهاد مائي معتدل إلى مرتفع وكذلك البلدان المعرضة لخطر الانتقال إلى فئات الإجهاد المرتفع بحلول ٢٠٢٥ تنتمي إلى المجموعات ذات الدخل المنخفض، فمن الواضح أن الموارد المائية يمكن أن تصبح عاملا مقيدا للتنمية في عدد من البلدان[٦]. ولأسباب سبق توضيحها، ستزداد ايضا صعوبة و تكلفة تحقيق زيادات بيسر في إمدادات المياه التي من اجل إنتاج الغذاء على امتداد ٣٠ سنة. فمعظم الزيادة في إنتاج الغذاء لابد و أن يأتي من أراض مروية. وقد استنتجت بعض التقديرات انه بحلول عام ٢٠٢٥ ستدعو الحاجة إلى استخدام جميع المياه التي يمكن الحصول عليها بصورة اقتصادية في العالم لتلبية احتياجات الزراعة و الصناعة و المنازل و الاحتفاظ بمستويات مناسبة للبحيرات و تدفقات كافية في الانهار. فإذا دعت الحاجة إلى مزيد من الماء فسوف يلزم إنشاء مشاريع ذات تكاليف أعلى مثل السدود و التحويلات ذات التكلفة العالية لجلب الماء من مصادر نائية عن المنطقة[٧].

ولما كان إنتاج الغذاء مرتبطا بصورة وثيقة بنوعية الأرض فأن الإدارة السليمة للري أمر أساسي لمنع حدوث ترد في التربة بسبب التملح والإشباع المفرط بالمياه على سبيل المثال. فهناك عامل محتمل آخر يمكن ان يؤثر على توافر المياه. فوفقا للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، اخذ اطلاق غازات مثل ثاني اوكسيد الكربون يزيد من قدرة الجو على احتباس الحرارة. ويحذر الفريق من أن هذا قد يسبب زيادات في درجات الحرارة و تغيرات في التساقط وارتفاعا في منسوب البحر وسيصحب ذلك آثار متفاوتة على توافر المياه العذبة في العالم اجمع[٨].

المبحث الثاني: تقويم وإدارة المشاريع الاروائية الحديثة في العراق ومستقبلها المائي (دراسة تطبيقية)

(٢-أ) التوزيع الجغرافي لمشاريع الري في العراق

بدأ تطور مفهوم المشاريع الاروائية الحديثة في العراق مع بداية القرن العشرين، اذ كان مفهومهما المبكر هو ان مشاريع انشاء السدود و الخزانات لم تكن تهدف إلى ارواء مشاريع معينة او لتحقيق موازنة مائية بل كان الهدف درء أخطار الفيضانات التي كانت تهدد مدن العراق. أما المفهوم الحالي لها ينبع من مؤشرات اقتصادية واجتماعية تدخل ضمن الإطار التنموي

الشامل للمنطقة أو للإقليم ومن ثم لعموم القطر من خلال تفاعلها وتداخلها مع أسس خدمية متعددة منها: المواصلات، والسكن، والماء، والكهرباء التي تهدف إلى تنمية شاملة للريف [9].

لقد شهدت سياسة العراق في تعامله مع موارده المائية خلال العقود الأخيرة تطورا كبيرا بعد أن بنيت على أسس علمية رصينة. وعليه فقد طورت مشاريع ري قديمة وأقامت مشاريع جديدة للري إذ يوجد في قطرنا بالوقت الحاضر زهاء (١٢٩) مشروعا اروائيا منها: ٩٣ مشروعا على نهر دجلة و ٣٤ مشروعا على نهر الفرات ومشروعات على شط العرب. ويصل مجموع مساحتها إلى نحو (١٣) مليون دونم [10]. لاحظ الخارطة رقم (٢).

وكدراسة تطبيقية تم تسليط الضوء على مشاريع الري القائمة على طول مجرى نهر دجلة ونهر الفرات في العراق التي تعاني

نقصاً كبيرا في كميات المياه التي خصصت لها من النهرين، إذ أن دول أعالي حوضي دجلة والفرات تركيا وسوريا، اعتمدت خططا تمثلت في اقامة الخزانات والسدود الحالية و المستقبلية لتوليد الطاقة الكهربائية و استثمار اراض جديدة للانتاج الزراعي تقدر باكثر من ثمانية ملايين ونصف المليون دونم فضلا عن تشغيل خزاني قرة قايا عام (١٩٨٦) واتاتورك عام (١٩٩٠) على نهر الفرات في تركيا. وتلك الخطط أثرت في الوارد المائي الواصل إلى العراق من نهري دجلة والفرات، إذ بلغ تصريف نهر الفرات في عام (١٩٩٠) على نهر الفرات في تركيا في محطة قياس حصيبة بحدود (٢٩٠) م^3/ث وذلك عندما اقدمت تركيا باملاء خزان اتاتورك اذ قطعت المياه لمدة شهر واحد في ١٩٩٠/١٠/٣٠، ثم قامت بتصريف مقداره (٥٠٠) م^3/ث تعهدت بإطلاقه إلى سوريا على وفق الاتفاق الثنائي الجاري بينهما في دمشق عام (١٩٧٨) دون مشاركة العراق[11].وعليه ستؤدي مستقبلا مثل هذه الخطط عدة صعوبات تتبين تفاصيلها من خلال مجريات البحث.

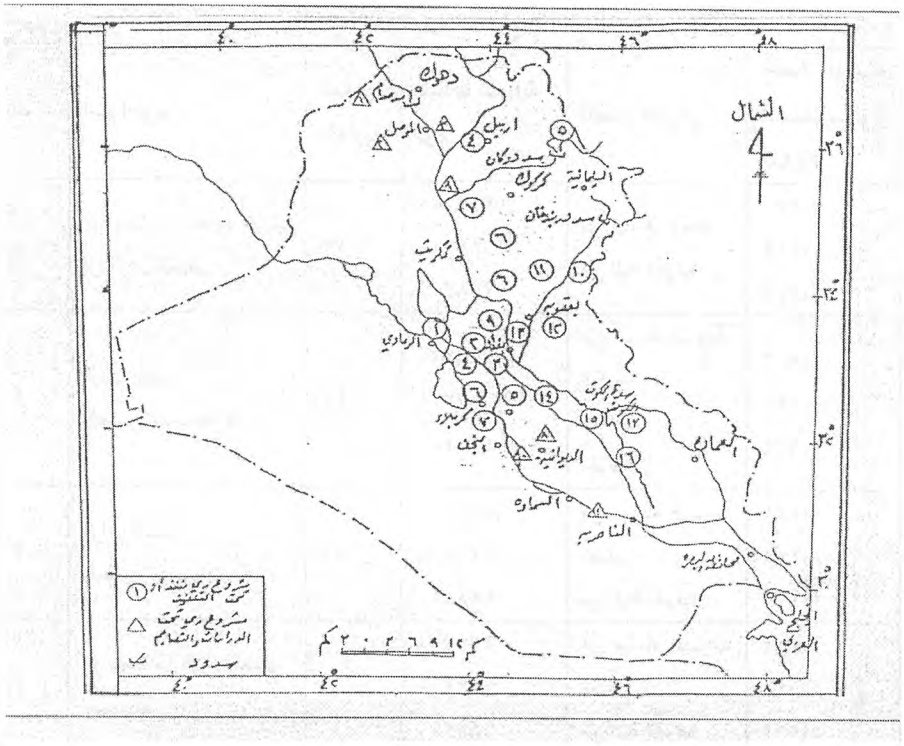
(٢-ب) واقع الأراضي الزراعية في العراق وحاجتها من الحصص المائية

تعتمد الزراعة في قيامها على عدة عوامل منها عاملان أساسيان هما: الأرض والمياه. ونتيجة التقدم العلمي في مجال الزراعة واستخدام الأساليب الحديثة فيها اصبح توافر المياه احد اهم العوامل الرئيسية الذي يحدد التنمية الزراعية، وعليه من الضروري قبل البدء في وضع أية خطة زراعية يجب تقدير كميات المياه التي ستتوافر للزراعة خلال سنوات الخطة وفي السنوات اللاحقة و اختيار افضل الاراضي التي من الممكن استثمارها في الانتاج الزراعي فضلا عن تحديد نوع المحاصيل على وفق كميات المياه المتوافرة. إن إجمالي المساحات الممكن زراعتها في العراق بضمنها الأراضي الديمية و الأراضي التي تروي سيحا و بالواسطة قد بلغت نحو (١١٧،٧) مليون دونم عام ٢٠٠٠ منها : (١٣،٢) مليون دونم تتصف بإنتاجية عالية و (١٠٤،٥) مليون دونم ذات إنتاجية متذبذبة، ويدخل بضمنها الغابات الجبلية[12] . أما إجمالي المساحات الزراعية القابلة للارواء على مستوى المشاريع فقد بلغت في حدود (٢٢،٢) مليون دونم . وفي هذا الإطار يمكن تسليط الضوء على الأراضي القابلة للارواء التي تقع على حوض دجلة والفرات على النحو الآتي:

- حوض نهر دجلة

تشير البيانات الزراعية بان اجمالي المساحات الزراعية الواقعة على حوض نهر دجلة قد بلغ (١٤) مليون دونم، امالمساحات الصافية القابلة اللارواء فتقدر بنحو (١٢)مليون دونم والمستثمر منها فعلا قد بلغ (٨،٥) مليون دونم وذلك لعدم توفر المياه لكامل المساحات نتيجة للمشاريع المقامة على مجرى النهر تركيا التي سيعالجها البحث لاحقا لاحظ الجدول رقم (١) .

عند تحليل الجدول نجد أن مساحة الأراضي الزراعية المروية من نهر دجلة وروافده ومن المياه الارضية قد بلغت (٨،٥) مليون دونم وتتوزع على النحو الاتى:



مشاريع ري حوض دجلة		مشاريع ري حوض الفرات
١- مشروع الجزيرة الشمالي	١٢- مجموعة مشاريع ايسر نهر ديالى- مقدم سدة ديالى	١- مشروع الرمادي
٢- مشروع الجزيرة الجنوبي	١٣- مشروع الخالص	٢- مشروع الصقلاوية
٣- مشروع الجزيرة الشرقي	١٤- مشروع الشحيمية	٣- مشروع الفلوجة - الاسكندرية
٤- مشروع اسكي كلك	١٥- مشروع الدلج	٤- مشروع الفلوجة - العامرية
٥- مشروع سكلة سر	١٦- مشروع شرق وغرب الغراف	٥- مشروع المسيب الكبير
٦- مشروع كركوك- العظيم	١٧- مشروع الدجيلة	٦- مشروع الحسينية
٧- مشروع الحويجة		٧- مشروع بني حسن
٨- مشروع مخمور		٨- مشروع الحلة - ديوانية - الدغارة
٩- مشروع الاسحاقي		٩- مشروع الكفل
١٠- مشروع بيلاجو- خانقين		١٠- مشروع الكفل — الشنافية
١١-مشروع قرتبة		١١- مشروع الشنافية — الناصرية

لمشاريع الري في العراق

المصدر:جمهورية العراق، وزارة الري، الهيئة العامة للمساحة خارطة مشاريع الري في العراق مقياس ١: مليون بغـــداد، ١٩٩١.

جدول رقم (١): المساحات الصافية للارواء والحصة المائية السنوية للمشاريع القائمة فعلاً في انهار: دجلة وروافده لغاية عام ٢٠٠٠

ت	اسم الحوض	عدد المشاريع	المساحة الصافية دونم	المصدر الاروائي	الحصة المائية السنوية مليارم٣
١	نهر دجلة من الحدود التركية إلى الزاب الصغير	١٢	١٢١٢٦٠٠ ٦٥٧٠٠ ١٢٧٨٣٠٠	من مياه نهر دجلة من المياه الجوفية	٢،٢٥٠ ٠،٢٢٩ ٢،٤٧٩
٢	الزاب الكبير (أحد روافد دجلة)	١٤	٣٧٨١٠٠ ٦٢٣٠٠ ٤٤٠٤٠٠	من مياه الزاب الكبير من المياه الجوفية	٠،٨٠٢ ٠،١٧٢ ٠،٩٧٤
٣	الزاب الصغير (أحد روافد دجلة)	١١	٨٧٢٠٠٠ ١٢٦٨٠٠ ٩٩٨٨٠٠	من مياه الزاب الصغير من المياه الجوفية	١،٩٧١ ٠،٢٩٩ ٢،٢٧٠
٤	نهر دجلة من الزاب الصغير حتى ديالى	٩	٥٥٧٧٠٠ ١٢٣٤٠٠ ٦٨١١٠٠	من مياه الزاب الصغير من المياه الجوفية	١،٧٨٢ ٠،٤٨ ٢،٢٦٢
٥	نهر العظيم	٢	١٦٠٠٠ ٥٢٩٠٠ ٦٨٩٠٠	من مياه نهر العظيم من المياه الجوفية	٠،٠٨٠ ٠،٢٦٥ ٠،٣٤٥
٦	نهر ديالى (أحد روافد نهر دجلة)	٢٢	١٤٥٢٥٠٠ ٥٥٨٠٠ ١٥٠٨٣٠٠	من نهر ديالى من المياه الجوفية	٤،١٦٩ ٠،٢١٩ ٤،٣٨٨
٧	نهر دجلة من نهر ديالى إلى شط العرب	٢٧*	٣٥٤٤٢٠٠ - ٣٥٤٤٢٠٠	من مياه نهر دجلة من المياه الجوفية	١٤،١٩٤ - ١٤،١٩٤

المصدر:١) جمهورية العراق، وزارة الزراعة والري، دراسات فنية صادرة من قسم الموازنة المائية، دائرة التخطيط و المتابعة، ٢٠٠٠ (بيانات غير منشورة).

٢*) جمهورية العراق، وزارة الري والتخطيط الشامل لمصادر المياه و تطوير الأراضي في العراق (الموازنة المائية) المرحلة الثالثة (التخطيط و المتابعة)١٩٩٤.

بضمنها المشاريع التي أقيمت بعد تجفيف اهوار القرنة التي هي: مشروع الأراضي المجاورة لنهر العز ومشروع القادسية ومشروع الوادية و العدل ومشروع هور عودة.

ـ ١٢٧٨٣٠٠ دونم تقع على نهر دجلة من الحدود التركية الزاب الصغير وتروى من المياه السطحية والجوفية.
ـ ٤٤٠٤٠٠ دونم تقع على رافد الزاب الكبير وتروى من مياه الزاب والمياه الجوفية.
ـ ٩٩٨٨٠٠ دونم تقع على رافد الزاب الصغير وتروى من مياه الزاب الصغير والمياه الجوفية.
ـ ٦٨١١٠٠ دونم تقع على نهر دجلة من الزاب الصغير حتى ديالى وتروى من مياه الزاب الصغير والمياه الجوفية.
ـ ٦٨٩٠٠ دونم تقع على نهر العظيم وتروى من مياه العظيم والمياه الجوفية.
ـ ١٥٠٨٣٠٠ دونم تقع على نهر ديالى وتروى من مياه نهر ديالى والمياه الجوفية.
ـ ٣٥٤٤٢٠٠ دونم تقع على نهر دجلة وتروى من نهر دجلة.
٨،٥٢٠،٠٠٠ دونم مجموع المساحة الصافية التي تروى من المياه السطحية من نهر دجلة وروافده والجوفية .

كما يظهر من الجدول (١) إن الحصة المائية السنوية من المياه السطحية والجوفية للمشاريع قد بلغت (٢٦،٩١٢) مليارم٣ وتتوزع على النحو الآتي:

٢٥٢٤٨ مليار م^3 تمثل الحاجات المائية السنوية للمشاريع التي تقع على نهر دجلة وروافده والتي تروى من المياه السطحية.
١٦٦٤ مليار م٣ تمثل الحاجات المائية السنوية للمشاريع التي تقع على نهر دجلة وروافده والتي تروى من المياه الجوفية.

- حوض نهر الفرات

يتشارك في استثمار حوض نهر الفرات ثلاث دول هي:العراق، تركياوسوريا ويعد العراق –تاريخيا– اقدم الدول استثمارا لمياه النهر، اذ بلغت مساحة الاراضي الكلية القابلة للارواء والواقعة على حوض النهر في العراق بحدود ثمانية ملايين دونم، في حين بلغت مساحة الأراضي الصافية القابلة للارواء نحو سبعة ملايين دونم، والمستثمر منها فعلا تقع في حدود ثلاثة ملايين دونم وذلك نتيجة للمشاريع الحديثة القائمة على حوض النهر في تركيا وسوريا التي ستذكر لاحقا. لاحظ جدول(٢).
من تحليل الجدول يظهر الآتي:

ـ ٨٢٦٣٦٥٠ دونم تمثل مساحة الأراضي الكلية القابلة للارواء التي تقع على نهر الفرات.
ـ ٦٩٠٥٥٩٨ دونم تمثل المساحة الصافية القابلة للارواء التي تقع على نهر الفرات.
ـ ٣١٣٩٩٠٠ دونم تمثل المساحة المروية فعلا من المياه السطحية لنهر الفرات
ـ ١٤٦٥٩ مليار م٣ تمثل الحصة المائية السنوية المخصصة للمشاريع الواقعة على نهر الفرات التي تروى من المياه السطحية لنهر الفرات.

– شط العرب:

يتكون شط العرب من التقاء نهرى دجلة والفرات فى مدينة القرنة الذى يعد اهم قناة تصريفية لمياه النهرين باتجاه الخليج العربي. تقع على مجراه ثلاثة مشاريع اروائية بضمنها مشروع الشافي الذى نفذ عام (١٩٩٦) بعد تجفيف هور الحمار اذ بلغت مساحتها في حدود (٣٩٩) ألف دونم، تروى من مياه شط العرب ومن المياه الجوفية أما الحصة المائية المخصصة لها سنويا فكانت بحدود (١، ٦٠) مليار م٣ [13].

(٢–ج) دول أعالي الحوضين والنشاط الزراعي:

خططت تركيا في الوقت الحاضر استثمار مياه نهرى دجله والفرات عن طريق انشاء اكبر المشاريع التنمويه وهو:مشروع جنوب شرق الاناضول (GAP) الذى يشمل على ثلاثة عشر مشروعا رئيسيا منها:سبعة مشاريع رئيسية تقع على نهر دجلة. ويتألف كل مشروع من هذه المشاريع من عدد من السدود أكبرهاسد أتاتورك الذي تلغ سعة الخزان الكلية له (48,7) مليار م٣ والذي يقع على نهر الفرات ويد طرمان– سلوان الذي تبلغ سعة الخزان الكلية له (8,5) مليار م٣ والذي يفع على نهر دجلة(لاحظ جدول ٣) إذ بلغ مجموع مساحة الأراضي المروية الجديدة (8,618,740) دونم منها: 6,2 مليون تسقى من نهر الفرات و 2,4 مليون دونم تروى من نهر دجلة [١٤]. أما سوريا فقد استغلت ميته نهر الفرات في توليد الطاقة الكهربائية وارواء أراض جديدة تقدر بحدود مليوني دونم زذلك عن طريق إنشاء ثلاث سدود تخزينية هي: سد تشرين، سد حليبة، سد زلبية وسد الخابور.

جدول رقم (٢): المساحات الكلية والصافية والمساحات المروية فعلا والحصة المائية السنوية في نهر الفرات لغاية عام ٢٠٠٠

ت	اسم المشروع	المحافظة	مساحة الأراضي القابلة للارواء (ألف دونم)		المساحة المروية فعلا من نهر الفرات(ألف دونم/سنوياً)	الحصة المائية السنوية مع الفواقد (مليون م٣)
			الكلية	الصافية		
١	مزارع صغيرة من الحدود السورية لسد القادسية	الانبار	٧٨،٤	٥٠،١	٤١	١٧١
٢	مزارع صغيرة من سد القادسية إلى مشروع الرمادي	الانبار	٥٧	٢٦،٨	١٩	٧٧
٣	مزارع صغيرة من العيون	الانبار	٢،١	٢،٥	–	–
٤	مشروع الرمادي	الانبار	١٤٦	١٣٢	٩٦	٢٩٠
٥	مشروع الحبانية	الانبار	٢١،٦	١٧	١٦	٥٤،٨٥

٦	الرمادي – الفلوجة	الانبار	٩٠	٧٠،٥٠	٤٢	١٦٦
٧	مزارع صغيرة من مشروع الرمادي فلوجة إلى بغداد	الانبار	٣٢،٦	٢٥،٨	١٥	٤٩،٧٧
٩	الصقلاوية	الانبار	٢٣٠	١٨٤	١٥٦	٥٣١
١٠	أبو غريب	بغداد	٢٣٠	١٨٤	٩٣	٣٦٧
١١	الرضوانية	بغداد	٤٤،٨٥	٣٦	١٥،٢	٦٧
١٢	اليوسقية	بغداد	٢٥٠	٢٠٠	١٣٥	٤٤٢
١٣	اللطيفية	بغداد	١٢٣،٦	٩٩	٥٦	٢٠٣
١٤	الاسكندرية	بغداد	٦١،٨	٥١،٤	٣٢	١١٤
١٥	مزارع صغيرة	بغداد	٨١،٥	٥٥،٥٨	٤٢	١٤٨
١٦	مزارع صغيرة من محافظة الانبار إلى سدة الهندية	بابل	٨٦،٢	٦٢،٤	٢٥	٩٥
١٧	رويعية	بابل	١٣،٦٠	١١	١١	٤٨،٨
١٨	ناصرية	بابل	١٣،٤	١١،٥	٧،٢٠	٣٢
١٩	المسيب الكبير	بابل	٣٣٤،٨	٢٦٨	١٩٨	٦٢١
٢٠	الحسينية	كربلاء	١٩٥	١٥٦	٨٤	٥٤١
٢١	مزارع صغيرة	كربلاء	١٩	١٥	–	–
٢٢	بني حسن	كربلاء بابل والنجف	١٤٥	١٢٣،٢	١١١	٧٠٩

٢٣	مزارع صغيرة من سدة الهنيدة إلى الكفل	بابل	٢٣،٥	١٩،١	١٠،٥	٤٠
٢٤	الكفل	بابل	١٧٧	١٥٠	–	–
٢٥	الحلة	بابل	١٠٩٠	٩٧٠	٣٥٦	١٧٨٦
٢٦	دغارة – حرية	القادسية	٧٤٩،١	٦٣٥	١٣٣	٤٧٦
٢٧	الديوانية	القادسية والمثنى	١٠٠٠	٨٥٠	١٧٥	٥٥٠
٢٨	الرميثة	المثنى	٢٠٦	١٦٥	٦٤	٢٣٤
٢٩	الكفل – الشنافية	النجف والقادسية	٧٦٠	٦٤٦	٣٦٨	٢٧٥٢
٣٠	المثنى	النثنى	٦٧	٤٨	٢١	٧٧
٣١	شنافية – ناصرية	القادسية	٩٤٤،٦	٧٦٨،٢	٢٩١	١٠٥٨
٣٢	سوق الشيوخ	ذي قار	٩٤٨	٨٤٨	٥٢١	٢٩٣٠،٢٠
٣٢	مزارع صغيرة في حوض الفرات	البصرة	٤١	٢٤،٩	٦	٢٨،٤
٣٤	المجموع		٨،٢٦٣،٦٥	٦،٩٠٥،٥٩٨	٣،١٣٩،٩٠٠	١٤،٦٥٩

المصادر:١) جمهورية العراق، وزارة الزراعة والري، دراسات فنية صادرة من قسم الموازنة المائية، مصدر سابق، ص ٧٢-٨٥.

٢) جمهورية العراق/ وزارة الري، تخطيط الشامل لمصادر المياه وتطوير الأراضي في العراق، مصدر سابق، ص٥٠-٥٩.

جدول رقم (٣): السدود المنجزة، والمخطط إنجازها في حوضي دجلة والفرات في تركيا وسوريا

ت	اسم الحوض النهري	اسم السد	السعة(مليارم٣)	مراحل الانجاز
١	حوض دجلة في تركيا	باطمان	١،٢	منجز
		كير الكيز	١،٩٩	منجز
		دجلة	٠،٥٩٥	مخطط
		دبنى	–	مخطط
		باطمان – سلفان	٨،٧٣٥	تحت التنفيذ
		كرزان	٠،٤٩٩	مخطط
		آلي صو	٠،٤١	مخطط
		جزرة	٠،٣٦٠	مخطط
		بوتان	–	مخطط
٢	حوض الفرات في تركيا	قرة قايا	٦،٩	منجز
		كيبان	٣٠،٧	منجز
		اتاتورك	٤٨،٧	منجز
		كوزنك	٠،٢٧٦	منجز
		اوزلجة	١،٥٧٥	منجز
		بيرة جيك	١،٣١٤	تحت التنفيذ
		قارة قامش	٠،٢١٧	مخطط
		سورج – بازيكي	١،٧٠٠	مخطط
٣	حوض الفرات في سوريا	الطبقة	١٤،١	منجز
		البعث	٠،٠٩	منجز
		تشرين	١،٩	مخطط
		الخابور	–	تحت التنفيذ
		حلبية – زكيبة	–	مخطط

المصدر: عبد الخالق، ع، غ،١٩٩٠ نهر الفرات– المشاريع الحالية و المستقبلية في دول اعالي نهر وتأثيراتها على الـوارد المائي في العراق، مجلة الباحث العربي العدد ٢٤، ص ١٣– ١٤ .

(٢–د) الحاجات المائية:

تعرف الحاجة المائية (الاروائية) بأنها مقدار مياه الري بغض النظر عن مصدرها اللازمة لنمو المحاصيل الزراعية نموا طبيعيا في فترة زمنية معينة تحت احوال موقع الحقل[15].

يعتمد العراق في تأمين حاجاته من الموارد المائية على نهري دجلة و الفرات وروافدهما و التجهيز المائي المتوافر من المياه الجوفية، إذ تعد الأمطار المصدر الرئيس لهذه الموارد في المنطقة الشمالية من القطر في الشتاء، في حين تعتمد بعض المناطق الاخرى من القطر لاسيما الصحراوية على المياه الجوفية كمصدر رئيس لحياة السكان في فصلي الصيف و الشتاء، بينما تكون الأنهار المورد المائي الأساس لمعظم أراضي السهل الرسوبي و سكانه [16].

ان طبيعة التقديرات التي وضعت عن مجموع الحاجات المائية للقطر تسمح بظهور بعض التباين فيها ومن تحليل الجدول رقم (٤) يتضح الآتي:

- بلغ مجموع حاجات العراق المائية بحدود (٥٨) مليار م٣ لعام ١٩٩٠ في حين بلغ اجمالي الحاجات (٦٨) مليار م٣ لعام ٢٠٠٠
- انخفاض حاجات الزراعة و الري لعام (٢٠٠٠) وذلك للفعاليات اللامسؤلة لدول أعالي حوض دجلة و الفرات المتمثلة في اقامة عدد من المشاريع الاروائية التي اضرت بحصة العراق المائية.
- انخفاض حاجات الاهوار و الضائعات من (١١، ٤٧٤) مليارم٣ في عام (١٩٩٠) إلى (٤) مليارم٣ لعام (١٩٩٥) و (٢٠٠٠) وذلك لتجفيف الاهوار القرنة والحمار في عام (١٩٩٥) وان (٤) مليارم٣ تمثل حاجات الصحة و الفواقد.

جدول رقم (٤): تقديرات مجموع حاجات العراق المائية لغاية عام ٢٠٠٠

ت	نوع الحاجة	الحاجات المائية (مليارم٣)		
		لعام ١٩٩٠	لعام ١٩٩٥	لعام ٢٠٠٠
١	الزراعة و الري	٣٦،١٣٨	٥٢،١٠	٤٠،٤٣٩
٢	الصناعة والاستهلاك البشري	٨،٦٤٩	٨،٨٤	١٩،٢٠٠
٣	تربية الاسماك	٠،٩٤١	٢،٦٤	٢،١٥٥
٤	الغابات	٠،٩٧٣	–	١،١٧٤
٥	الصحة و الاهوار و الضائعات	١١،٤٧٤	٤	٤
	المجموع	٥٨،١٧٥	٦٧،٥٨	٦٦،٩٦٨

المصدر : (١) جمهورية العراق،وزارة الري،التخطيط الشامل لمصادر المياه وتطوير الاراضي في العراق، مصدر سابق ص١٧

(٢) جمهورية العراق ، وزارة الري، دائرة التخطيط والمتابعة، قسم الموازنة المائية، تقرير مطبوع بالرونيو، ١٩٩٣.

(٢-هـ) منهج مقترح لمستقبل المياه و المشاريع الاروائية في العراق:

أظهرت الفقرات السابقة واقع المساحات الكلية و الصافية القابلة للارواء الواقعة على طول مجرى نهر دجلة وروافده، و نهر الفرات وشط العرب في العراق والحاجات المائية السنوية المخصصة لها، فضلا عن خطط تركيا و سوريا في استثماره مياه النهرين ضمن اراضيهما وذلك عن طريق إقامة عدة مشاريع تنموية. نعالج الآن مستقبل المشاريع الاروائية في ضوء

الوارد المائي الواصل إلى القطر من نهر دجلة وروافده ونهر الفرات (صافي وارد النهرين بعد أن تكون كل من تركيا و سوريا قد سحبت من النهرين حاجاتها المائية)، يلاحظ جدول (٥)، الذي كان قريب من الكفاية لحاجاته المختلفة، لاسيما الزراعة و الري و الصناعة و الاستهلاك البشري، وتربية الأسماك و الغابات و الصحة و الضائعات. راجع الجدول رقم (٤).

جدول رقم (٥): الوارد المائي السنوي لحوض دجلة و روافده و حوض الفرات في العراق

ت	تفاصيل النهر	معدل الإيراد السنوي (مليارم٣)	نسبة الإيراد من داخل القطر (%)	نسبة الإيراد من خارج القطر(%)
١	دجلة الرئيس	١٩،٤٣	–	١٠٠
أ	الخابور	٢،١٠	–	–
ب	الزاب الكبير	١٤،٣٢	٥٨	٤٢
ج	الزاب الصغير	٧،٠٧	٦٤	٣٦
د	العظيم	٠،٧٠	١٠٠	–
هـ	ديالى	٥،٨٦	٤١	٥٩
المجموع		٤٩،٤٨	٣٢	٥٦%من تركيا ، ١٢% من ايران
٢	الفرات	٣٣،٠٢	٩	٩١
مجموع النهرين		٨٢،٥	٤١	٩١%من تركياوسوريا، ٩%العراق

المصدر:وزارة التخطيط، خلاصة ورقة عمل وزارة الزراعة و الري، ندوة البيئة و التنمية، تقرير مطبوع بالرونيو، غير منشور، آذار، ١٩٩٢، ص٢٤

أخذت التقديرات التي وضعت عن اجمالي الوارد المائي من نهر دجلة وروافده ونهر الفرات بالتناقص وذلك للمشاريع المنفذة حديثا والمقترح تنفيذها في دول اعالي الحوضين، اذ كان جريان نهر دجلة والفرات طبيعيا من بداية منابعهما حتى دخولهما الاراضي العراقية، اذ لا توجد مشاريع أو سدود تعيق مجراها وفي عام (١٩٧٣) أكملت تركيا و سوريا في وقت واحد إنشاء سدين كبيرين على مجرى نهر الفرات هما:سد كيبان في تركيا الذي تبلغ سعة خزنه (٣٠،٧) مليارم٣ وسد الطبقة في سوريا الذي تبلغ سعة خزنه (١٤،١) مليارم٣ فضلا عن تشغيل خزاني قوة قايا عام(١٩٨٦) واتاتورك عام (١٩٩٠) وتلك المشاريع أثرت في الوارد المائي الواصل إلى العراق من النهرين . إذ سيكون الوارد المتوقع من نهر دجلة في سد الموصل باحتمال (٨٠ %) في حين سيبلغ الوارد المتوقع من نهر الفرات في خزان القادسية باحتمال (٨٠ %). (لاحظ الجدول رقم ٦).

جدول رقم (٦): الوارد المائي لنهر دجلة في موقع سد الموصل ونهر الفرات في موقع سد القادسية

ت	السنة	المعدل (مليار م٣)		مياه مضمونة باحتمال (٨٠%) (مليار م٣)	
		نهر دجلة	نهر الفرات	نهر دجلة	نهر الفرات
١	٢٠٠٠	١٦،٣	١٧،٦	١٢،٣	١٠،٨٤
٢	٢٠١٠	–	–	١١،٤٧	٨،٧
٣	٢٠٢٠	–	–	٩،٣٤	٦،٩

المصدر: وزارة الري، واقع الموارد الطبيعية المتاحة – الارض والمياه، دراسة غير منشورة، ١٩٩٤.

من مقابلة نتائج الوارد المائي السنوي المضمون باحتمال (٨٠%) (في الجدول رقم ٦) واجمالي الحاجات المائية جدولي (١ و ٢) الذي يمثل المساحات الصافية القابلة للارواء و الحصص المائية السنوية للمشاريع القائمة فعلا في انهار دجلة و روافده والفرات وشط العرب حيث يلاحظ الاتي:

اولا: نهر دجلة:

- ١٢،٣ مليارم^3 تمثل الايراد السنوي المضمون باحتمال (٨٠%) في موقع سد الموصل.
- ٢٦،٥ مليارم^3 تمثل وارد مائي داخلي (من داخل الأراضي العراقية).
- ٢٥،٢٤٨ مليارم^3 تمثل الحاجات المائية من المياه السطحية لأغراض الزراعة.
- ١١،٩٨٠ مليارم^3 تمثل الحاجات المائية : المترلية و الصناعية وتوليد الطاقة الكهربائية و الثروة السمكية والغابات والصحة والفواقد ، والإيفاء بجزء من حاجات شط العرب .
- ١،٥٧٢ مليارم^3 تمثل إجمالي الفائض من الإيراد السنوي باحتمال (٨٠ %) .

ثانيا: نهر الفرات:

- ١٠،٨٤ مليارم^3 تمثل الايراد السنوي المضمون باحتمال (٨٠ %) في موقع سد القادسية .
- ١٤،٦٥٩ مليارم^3 تمثل الحاجات المائية من المياه السطحية لأغراض الزراعة .
- ١٠،١٦٥ مليارم^3 تمثل الحاجات المائية : المترلية و الصناعية ، وتوليد الطاقة الكهربائية ،والثروة السمكية ، والغابات والصحة والفواقد، والإيفاء بجزء من حاجات شط العرب.
- ١٣، ٩٨٤ مليار/م^3 تمثل العجز من الإيراد السنوي المضمون باحتمال (٨٠ %) .

من خلال ما عرض يتضح لنا بأن مشاريع الري القائمة على طول مجرى نهر الفرات في العراق تعاني نقصا في حاجاتها المائية التي خصصت لها من النهر، اذ انخفضت مساحة الاراضي الكلية القابلة للارواء من ثمانية ملايين دونم إلى ثلاثة ملايين دونم وذلك نتيجة للمناشيئ المقامة على طول مجرى النهر ضمن الأراضي التركية والسورية التي أخذت بالزيادة منذ عام١٩٧٣ والى الآن والتي أضرت بحصة العراق المائية من النهر، إذ بلغ العجز في الوارد المائي في حدود (١٤) مليارم^3 أما نهر دجلة فان اثار النقص في وارداته هي اقل من نهر الفرات، وذلك لتوافر وارد مائي داخلي مقداره (٢٦، ٥) مليارم^3. وفي حال تشغيل كامل المشاريع المنفذة و المقترحة في تركياسيصل الوارد المضمون باحتمال (٨٠ %) في

موقع سد الموصل إلى(٩، ٤٣)، الأمر الذي يؤدي إلى ظهور العجز المائي وبالتالي سيؤثر على مجمل المساحة الصافية القابلة للارواء التي هي في حالة انخفاض إذا انخفضت من (١٢) مليون دونم إلى (٨،٥) مليون دونم، كذلك فان الحاجات المائية المنزلية والصناعية وتوليد الطاقة الكهربائية والثروة السمكية والغابات والصحة، وحاجات مشاريع شط العرب ستتأثر بنقص الوارد المائي الواصل إلى القطر، إذ يتكون الشط من التقاء نهري دجلة والفرات في مدينة القرنة والذي يتغذى من مياه النهرين .

التوصيات

يمكن أن يخرج البحث بتوصيات عامة وتوصيات خاصة بالدراسة التطبيقية. فعلى المستوى الدولي والعربي:

* إنشاء شبكة عالمية للمعلومات المتصلة بالمياه ضمن المؤسسات القائمة وخاصة مؤسسات منظمة الأمم المتحدة لتجميع المعلومات مع ايلاء اهتمام خاص بنوعية المياه وكميتها واستعمالها. و ينبغي أن تقوم المؤسسات ايضا بإجراء تقييمات منتظمة للمياه على الصعيدين العالمي والإقليمي. وينبغي تنفيذ برامج معلومات عن المياه على الصعيد الوطني و ينبغي أن تقترح المؤسسات الدولية نماذج لكفالة التساوق بين بيانات البلدان الفردية.
* البناء على الترتيبات التعاونية الدولية مثل الشراكة العالمية في المياه و المجلس التعاوني للمياه و المرافق الصحية على الصعيد العالمي والمجلس العالمي للمياه وتعزيز التعاون مع المنظمات غير الحكومية.
* إقامة شراكات أكاديمية بين الشمال و الجنوب لتطوير القدرة البحثية في طائفة واسعة من المسائل المتصلة بالمياه بما فيها مسائل الكمية والنوعية والمسائل المتصلة بمساعدة السكان على تفهم قيمة الماء كرأسمال طبيعي مع اقامة شراكات مع القطاع الخاص و الصناعات للاستفادة من خبرتها الفنية في تحقيق فوائد متبادلة في قطاع الماء.
* وجود إدارة كمية ونوعية للمياه معا تدار بطريقة متكاملة وشاملة مع مراعاة آثار التدابير الادارية على اعلى النهر واسفل النهر و العلاقات الاقليمية و القطاعية و الانصاف الاجتماعي.
* إدماج القطاع الخاص في عملية التنمية المائية وتكوين الخبرة الفنية اللازمة في قضايا المياه بين مستعملي الماء وصانعي القرار على جميع المستويات لزيادة قدرتهم على معالجة المسائل المعقدة في المياه.

أما على المستوى المحلي للقطر العراقي: فيمكن إبراز أهم التوصيات نحو إدارة المياه العذبة وعلى مستويين:

أ – على المستوى الاستراتيجي والدولي لإدارة المياه في القطر العراقي

* التوسع في استراتيجية خزن المياه الفائضة عن الحاجة في الخزانات القائمة على مجرى نهري دجلة والفرات للاستفادة منها في فترة الصيهود فضلا عن الاسراع في تنفيذ السدود المقترحة منها: الفارس والعظيم وبادوش وباكرمان.
* تحقيق المرونة في حركة المياه ما بين حوض نهر دجلة و حوض نهر الفرات بعد تلبية متطلبات خزاني سد الموصل و سد دوكان وتوافر الكميات المطلوبة لسد الحاجات المائية المختلفة لنهر دجلة، عن طريق قناة الثرثار الفرات و إذ تحول المياه بعد الموجات الفيضانية لا مكانية استيعاب الذروات المتتالية.
* التعاون العربي المشترك ما بين العراق و سوريا حول توحيد الاراء و الافكار المتعلقة بنهر الفرات لحمل تركيا بابرام اتفاق ثلاثي يحقق العدالة في توزيع مياه النهر على الدول الثلاث. أما نهر دجلة فان الموارد المائية فيه لا تتأثر (كما ونوعا) بالمشاريع التنموية و الاروائية المقامة في تركيا على المدى المنظور، إذ يتوفر وارد مائي داخلي من الأراضي العراقية وخارجي من مصدره ايران.

ب- أما على المستوى المحلي لإدارة المياه في القطر

* تطبيق التقنية العلمية في عمليات الري واختيار الطرائق المناسبة لها فضلا عن تحديد الحاجات الاروائية للمشاريع الزراعيةوتحديد كمية الاستهلاك المائي للنباتات المزروعة وذلك وفق احتساب التبخر و النتح الكامن ومعامل المحصول وتبخر - نتح المحاصيل وحاجات الري الصافية والكلية، فضلا عن الحاجات الكلية للتركيب المحصولي المنتخب، والمقنن المائي الحقلي والعام والحاجات الاروائية للمشروع أو المشاريع.
* ترشيد استهلاك الموارد المائية في مجال الاستهلاك البشري، الزراعي، الصناعي وتوليد الطاقة الكهربائية فضلا عن الثروة السمكية والغابات والصحة والفواقد.
* التوسع العمودي في الزراعة الذي يعطي ناتج اكبر في وحدة المساحة ويقلل الهدر في لمياه.

الهوامش والمصادر

[١] تقرير الأمم المتحدة، ١٩٩٧، تقييم شامل لموارد المياه العذبة في العالم. كراس تعريفي، نيويورك، مايو، ص١٤.

[٢] المصدر نفسه، ص١٧.

[٣] الكناني، ك، ٢٠٠١، شحة المياه: الأسباب وسبل المعالجة في العراق. مجلة الجغرافي العربي، الأمانة العامة لاتحاد الجغرافيين العرب،العدد ،ص٢١٢.-٢١٣.

[٤] "Courie Magazzine, Issue No 801.United Nations for development programe UNDP .1998 p.18

[٥] تقرير الأمم المتحدة، تقييم شامل، مصدر سابق، ص.٣.

[٦] الأمم المتحدة، مؤتمر البيئة والتنمية، ١٩٩٢، تقرير، المجلد الأول.ريودوجانيرو.٣-١٤ حزيران ١٩٩٢.المرفق الثاني ص١٥.

[٧] الأمم المتحدة، تقرير تقييم شامل لموارد المياه العذبة.مصدر سابق ص٥.

[٨] الأمم المتحدة:منشورات تعريفية بالمياه:لزيادة المعلومات راجع (خلاصات واهم نتائج الدراسات المترجمة):

أ) مشاكل المياه العذبة في العالم-دعوة واقعية جديدة.مجلس البحوث للعلوم والطبيعة . جامعة لينكوبنج.السويد.١٩٩٥ (مجموعة باحثين) باللغة الانكليزية.

ب) تقييم الموارد المائية وتوافر المياه في العالم.المعهد الهيدروليجي الحكومي، الاتحاد الروسي، ١٩٩٢، (مجموعة باحثين).

ج) مستقبل المياه:تقييم الأنماط والمشاكل الطويلة المدى، مجموعة باحثين جامعة كولورادو، U.S.A ، معهد المحيط الهادي. U.S.A.

د) تحقيق استدامة مياهنا في القرن العشرين.(مجموعة باحثين) بالاشتراك مع جامعة لينكوبنج ومعهد المحيط الهادي. U.S.A .

هـ) المياه في المناطق الحضرية-نحو الصحة والاستدامة. (مجموعة باحثين).معهد استوكهولم للبيئة- السويد.

[٩] السامرائي، م ج.، ٢٠٠٠، المشاريع الاروائية المقامة على حوض دجلة و الفرات وحاجتها المائية. مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد٤٥ .حزيران، ٢٠٠٠ (ص.٣٢ – ٣٣).

[١٠] هيئة التصنيع العسكري، النشرة الخاصة بهيئة تنفيذ مشروع المصب العام ومركز النهرين للطباعة المخصصة ص.٢١ (بلا تاريخ).

[١١] جمهورية العراق، وزارة الزراعة والري، ١٩٩٢، دائرة التخطيط والمتابعة، قسم الموازنة المائية، دراسات فنية صادرة من قسم الموازنة المائية، جمع وتنظيم حميد نشأت واحمد محمد بغداد.

[١٢] جمهورية العراق، وزارة الزراعة، مصدر سابق ص.٥٧.

[١٣] المصدر نفسه، ص.٧٨.

[١٤] الصحاف، م، ١٩٧٦، الموارد المائية في العراق وصيانتها من التلوث، منشورات وزارة الاعلام، جمهورية العراق، دار الحرية للطباعة، بغداد، ص٥٧.

[١٥] ويدز، ب:وفيبوند،ستنالي، ١٩٩٠، الري تصميم وممارسة. ترجمة د.احمد يوسف حاجم وسعد سعيد الديوجي، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، مطابع التعليم العالي، ص.١٧.

[١٦] جمهورية العراق، وزارة الزراعة والري، مصدر سابق.ص٧٨.

مؤتمر الخليج السابع للمياه

المياه في دول مجلس التعاون الخليجي ... نحو إدارة متكاملة

١٩ - ٢٣ نوفمبر ٢٠٠٥م دولة الكويت

تنمية وإدارة الموارد المائية الطبيعية

تقييم قابلية خزان الدمام الجوفي للتلوث الناتج من الأنشطة السطحية في مملكة البحرين باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية

إبراهيم سعود الشويعي، وليد خليل الزباري، أسماء علي أباحسين

تقييم قابلية خزان الدمام الجوفي للتلوث الناتج من الأنشطة السطحية في مملكة البحرين باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية

إبراهيم سعود الشويعي، وليد خليل الزباري، و أسماء علي أباحسين
برنامج علوم الصحراء والأراضي القاحلة، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي
ص.ب. ٢٦٦٧١، المنامة، مملكة البحرين.

الملخص

تعتمد مملكة البحرين اعتمادا أساسياً على خزان الدمام المائي، المصدر الرئيس للمياه الطبيعية العذبة نسبياً في المملكة، في تلبية متطلباتها المائية للأغراض المختلفة. وبسبب هذا الاعتماد الكبير ومستويات السحب العالية التي تفوق طاقته الطبيعية، يعاني الخزان حالياً من تدهور حاد وكبير في نوعية مياهه بسبب غزو المياه المالحة وشبه المالحة لمياهه. ومن جهة أخرى أشارت بعض الدراسات الحديثة إلى وجود تلوث للمياه الجوفية للخزان بسبب الأنشطة الزراعية، وإحتمالية تلوثه بحوادث محطات تعبئة الوقود. بالإضافة إلى ذلك توجد حالياً في المملكة العديد من الأنشطة السطحية التي من الممكن أن ينتج عنها تلوث للمياه الجوفية مثل مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الزراعي الراجعة والملوثات الناتجة عن مزارع الدواجن والمناطق الصناعية. ولذا تهدف هذه الدراسة إلى تقييم قابلية خزان الدمام الجوفي للتلوث الناتج من الأنشطة السطحية في مملكة البحرين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وإنتاج وثيقة تخطيطية مرجعية على هيئة خارطة تمثل قابلية المياه الجوفية للتلوث بسبب الأنشطة السطحية يمكن الاستفادة منها في عملية تخطيط استخدامات الأراضي المستقبلية، وحماية خزان الدمام من الملوثات المحتملة من الأنشطة السطحية والقائمة. وتم في هذه الدراسة استخدام منهجية "دراستك" (DRASTIC) في تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث وتم تعديلها لتتناسب مع ظروف مملكة البحرين، حيث تم الاستغناء عن معامل التغذية نظراً لضعف هذا المتغير في مملكة البحرين، كما تم تحوير المعاملات الباقية لما يتناسب وعمق الخزان الجوفي، وطبيعة وسطه، ومعامل توصيله الهيدروليكي، ونوعية كل من تربة جزيرة البحرين وتأثير منطقة الإرتشاح. وتم بناء قاعدة معلومات جغرافية للبيانات الهيدروجيولوجية، والطبوغرافية، والمستويات المائية، والجيولوجية، والتربة، وتراكيب السطح العلوي للخزان المائي الجوفي (طبقة العلات)، وأضيفت لهذه البيانات الوحدات السكنية غير الموصلة بشبكة الصرف الصحي، والمناطق الزراعية، ومواقع محطات تعبئة الوقود، وبعض المناطق الصناعية الرئيسية ومواقع آبار المياه البلدية بمملكة البحرين لتقييم مخاطر التلوث السطحي للخزان الجوفي. وتم استخدام نظام المعلومات الجغرافي نتاج خارطة قابلية المياه الجوفية للتلوث بواسطة الأنشطة السطحية، وتحرّي العلاقات بين مستويات القابلية للتلوث مع الأنشطة السطحية القائمة. وبينت التحاليل المكانية بأن مساحة المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً للتلوث بلغت ١٢٢ كم^2 يقع ٧٥% منها على منكشف خزان الدمام الجوفي، كما تبين بأن ٣٩ كم^2 منها تقع عليه مناطق سكنية غير مرتبطة بشبكة مياه الصرف الصحي كلياً أو جزئياً، وبأن ١٧ كم^2 منها تقع عليه أنشطة زراعية ومزارع دواجن، وعلى ١,٤ كم^2 تقع أنشطة صناعية، كما وقعت خمس من محطات تعبئة الوقود على هذه المواقع، مما يهدد وبشكل كبير سلامة واستدامة الخزان الجوفي بما قد تفرزه هذه الأنشطة من ملوثات تشكل خطراً على الصحة العامة والبيئة وكائناتها الحية، سيما وأن ٣٧ بئر من مجمل الآبار البلدية التي تستخدم في سحب المياه الجوفية من خزان

الدمام وتخلط مع المياه المحلاة لتزويد المناطق السكنية التي تتواجد ضمن مناطق الأنشطة الزراعية ومزارع الدواجن من أصل ٦٢ بئر داخل الجزيرة.

الكلمات الدالة: تقييم قابلية التلوث، أنشطة سطحية، "دراستك"، نظم المعلومات الجغرافية، خزان الدمام المائي، مملكة البحرين.

المقدمة

شهدت مملكة البحرين خلال العقود الأربعة الماضية، كغيرها من دول مجلس التعاون، تنمية متسارعة في شتى المجالات الزراعية والصناعية والاجتماعية، وصاحبها زيادة في عدد السكان من حوالي ٧٠ ألف نسمة في بداية الثلاثينيات إلى نحو 672 ألف نسمة حسب تعداد عام 2002 (الجهاز المركزي للمعلومات، ٢٠٠٢)، مما أدى إلى زيادة كبيرة في الطلب على المياه لتلبية متطلبات القطاعات البلدية والزراعية والصناعية. ولقد قامت المملكة بجهود جبارة في مجال زيادة مصادرها المائية ومحاولة حماية كمية ونوعية مياه خزان الدمام من خلال بناء محطات التحلية، وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، وتغيير نوعية المحاصيل الزراعية التي تستهلك كمية كبيرة من المياه بأخرى أقل استهلاكاً للمياه، ووضع أنظمة وقوانين جديدة. ورغم ذلك، وبسبب الطلب المتنامي على المياه، فقد ازدادت كميات المياه المسحوبة من خزان الدمام الجوفي، الخزان الرئيس للمياه الجوفية في مملكة البحرين، حيث بلغت كمية المياه المسحوبة عام ٢٠٠١م حوالي ١٩٥ مليون متر مكعب في السنة، وهذا يفوق الحد الآمن للمياه الجوفية والبالغ حوالي ١١٢ مليون متر مكعب في السنة، و يعادل تقريباً ضعف معدل الاستعاضة الطبيعية للخزان. ولقد أدى ذلك إلى استنزاف المياه الجوفية وهبوط مستوياتها المائية وانقلاب الانحدارات الهيدروليكية بين مياه الخزان العذبة نسبياً وبين المياه المالحة المحيطة به وهي مياه البحر، والمياه الجوفية شبه المالحة في طبقتي الروس وأم الرضمة، فاختلطت هذه المياه بمياه الخزان وسببت تملحها، فتدنت نوعية مياه الخزان في كثير من مناطق مملكة البحرين (Swar,٢٠٠٢).

من جهة أخرى بينت دراسة أجراها (Zubari *et al.*, 1997) أن المياه التي تغذي خزان الدمام في مملكة البحرين تعاني بشكل كبير من تدهور في كميتها ونوعيتها لاختلاطها بمياه ذات ملوحة مرتفعة بسبب استنزافها، كما أن هناك احتمال كبير لتلوث المياه الجوفية بواسطة الأنشطة السطحية. حيث أشارت الدراسة إلى وجود كميات مرتفعة نسبياً من الأملاح الكلية الذائبة (TDS) وصلت في غرب البحرين إلى حوالي ٥٠٠٠ ملليجرام باللتر حيث تتمركز الأنشطة الزراعية المكثفة. كما أجريت دراسة في العام ١٩٩٠على المياه الجوفية في مملكة البحرين (Raveendran and, 1991 Madany) والتي بينت حدوث تلوث سطحي بالنترات للمياه الجوفية وتجاوز تركيز النترات في عدد من الآبار المعدل المسموح به لمياه الشرب. وأرجع سبب ذلك إلى زيادة الأنشطة البشرية الزراعية وتربية الماشية في بعض المناطق الشرقية مثل منطقة العكر في شمال شرق مملكة البحرين. ولقد حدثت أيضاً مشكلة تسرب الجازولين من محطة تعبئة الوقود (محطة رمكو) الواقعة في منطقة السهلة بمملكة البحرين والذي أعترض من قبل المياه الجوفية السطحية وهذا يثير المخاوف حيال تلوث مياه خزان الدمام من الأنشطة السطحية (زباري، ١٩٩٩).

ويوجد في مملكة البحرين العديد من الأنشطة السطحية التي من الممكن أن ينتج عنها تلوث للمياه الجوفية مثل التلوث بمياه الصرف الصحي. حيث يبلغ عدد المجمعات غير المتصلة بالشبكة العامة للصرف الصحي ١١٣ منطقة من أصل ٣٦٨ منطقة على مستوى مملكة البحرين حسب أخر إحصائية لوزارة الأشغال لعام ٢٠٠٢ (الجهاز المركزي للمعلومات، ٢٠٠٢). وكذلك هناك مكبات النفايات التي تعتبر إحدى الأنشطة التي قد تتسبب في تلوث المياه الجوفية، خصوصاً إذا علمنا أنه بلغ وزن مجمل المخلفات المنزلية والتجارية والصناعية والزراعية خلال عام ٢٠٠١ حوالي ٥٠٧ طن أي بمعدل شهري يبلغ حوالي ٤٢ طن حسب إحصائية إدارة البلديات، وزارة الإسكان والبلديات والبيئة لعام ٢٠٠١ (الجهاز المركزي للمعلومات، ٢٠٠٢). كما تعتبر المبيدات المستخدمة في القطاع الزراعي مصدراً آخراً محتملاً

لتلويث المياه الجوفية. حيث تشير إحصائيات وزارتي الصحة والزراعة أن وزن المبيدات المستخدمة قد بلغ حوالي ٥٣،٠٠٠ (كيلوجرام/ لتر) لعام ٢٠٠٢ والتي قد يتسرب جزء منها إلى المياه الجوفية مع مياه الصرف الزراعي والري الراجعة. هذا بالإضافة إلى نفايات وخزانات المصانع ومزارع الدواجن التي قد تتسبب أيضاً في تلويث المياه الجوفية.

ومن هنا تبرز أهمية القيام بدراسة لتقييم قابلية خزان الدمام الجوفي للتلوث الناتج من الأنشطة السطحية في مملكة البحرين، باستخدام المنهجيات المستخدمة علمياً في تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث ومنها طريقة "دراستك" (DRASTIC Method) وذلك لإنتاج وثيقة تخطيطية (Planning Development) على هيئة خارطة تمثل قابلية المياه الجوفية للتلوث بسبب الأنشطة السطحية يمكن الاستفادة منها في عملية تخطيط استخدامات الأراضي المستقبلية، أو لاتخاذ الإجراءات التي تكفل عدم تلوث المياه الجوفية نتيجة للملوثات التي قد تنشأ وتتسرب من الأنشطة السطحية القائمة حالياً أو المزمع إنشاؤها مستقبلاً والتي قد تؤدي إلى تلوث المياه الجوفية. ويمكن عن طريق ربط خارطة قابلية المياه الجوفية للتلوث بالأنشطة السطحية القائمة حالياً التعرف على مدى خطورة هذه الأنشطة على المياه الجوفية وبيان مخاطرها في تلويث المياه الجوفية والتوصية باتخاذ الإجراءات اللازمة للحد منه.

وتهدف هذه الدراسة بشكل عام إلى المساهمة في حماية المياه الجوفية في مملكة البحرين من الملوثات المحتملة من الأنشطة السطحية، ومساعدة متخذي القرار في التخطيط من أجل حماية أفضل للموارد المائية الجوفية وذلك من خلال وضع المعايير اللازمة للأنشطة الجديدة المراد تنفيذها والتي قد تضر بالمياه الجوفية، وليتحقق بذلك تكامل جهود إدارة الموارد المائية والمحافظة عليها من تردي نوعيتها وتلوثها وبالتالي تتحقق التنمية المستدامة للموارد الطبيعية في مملكة البحرين.

مشكلة الدراسة

حالياً لا توجد لدى المسئولين عن استخدام الأراضي وعن حماية المياه الجوفية في مملكة البحرين أي خريطة توضح قابلية خزان الدمام الجوفي (الخزان الجوفي الرئيس في مملكة البحرين) للتلوث، ولا يتم الأخذ بالاعتبار حساسية الخزان الجوفي للتلوث الناتج من الأنشطة السطحية عند التخطيط لاستخدامات الأراضي وإصدار التصاريح لها. الأمر الذي يستوجب القيام بدراسة تهدف إلى حماية ووقاية المياه الجوفية من التلوث من خلال عمل وثيقة تخطيطية لتحديد مناطق الخزان الجوفي التي لها قابلية التلوث من الأنشطة السطحية بمملكة البحرين يستعان بها في التخطيط لاستخدامات الأراضي لتجنب تلويث المياه الجوفية. كما وأن هناك حاجة لدراسة وتحليل العلاقة بين مواقع الأنشطة السطحية القائمة حالياً (صناعية، زراعية، محطات تعبئة الوقود، مكبات النفايات، شبكات الصرف الصحي، الخ) والتي من المحتمل أن تكون مصادراً لتلوث مياه الخزان، والمناطق الحساسة للخزان والقابلة للتلوث وذلك لأخذ التدابير اللازمة لحماية المياه الجوفية لخزان الدمام من التلوث بفعل هذه الأنشطة، خصوصاً وأن هناك دراسات أشارت إلى وجود تلوث ناتج عن الأنشطة السطحية.

منهج البحث

شملت منهجية العمل اثنين من الثلاث مكونات الرئيسة الخاصة بالمنهجيات المستخدمة في مجال تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث وهما قابلية الخزان للتلوث (Aquifer Pollution Vulnerability) وقابلية التلوث النوعية للمياه الجوفية (Groundwater Pollution Hazard) . وقد تم إنتاج وثيقة تخطيطية لتحديد مناطق خزان الدمام الجوفي التي لها قابلية للتلوث من الأنشطة السطحية بمملكة البحرين في مرحلتين تشتمل ما يلي:

- **المرحلة الأولى: إنتاج خريطة قابلية المياه الجوفية للتلوث تبين المناطق ذات القابلية العالية للتلوث من خلال:**

١. بناء قاعدة بيانات للمملكة من خلال إنتاج خرائط رقمية وذلك بتحويل جميع الخرائط الورقية لكل من جيولوجية جزيرة البحرين، تربة مملكة البحرين، طبقة العلات بمملكة البحرين، الوحدات السكنية بمملكة البحرين، وخرائط كنتورية للطبوغرافية، والمستويات المائية بجزيرة البحرين.

٢. استعراض التلوث الحالي لخزان الدمام الجوفي وأسبابه من خلال معرفة المستويات الملحية، كذلك تحديد المناطق المكشوفة من خزان الدمام والتي قد تتعرض لحدوث تلوث سطحي، والمناطق التي تتمتع بحماية طبيعية للطبقات المائية.

٣. تطبيق منهجية "دراستك" وذلك لإنتاج خريطة توضح درجة حساسية المياه الجوفية للتلوث في مملكة البحرين، وتعديلها لتتناسب مع الظروف الجيولوجية والهيدرولوجية للمملكة من خلال إعطاء كل عنصر أوزان نسبية ثم جمعها لإعطاء مؤشر على قابلية خزان الدمام الجوفي للتلوث.

- **المرحلة الثانية: رسم خريطة تبين مخاطر تلوث المياه الجوفية من مصادر التلوث الناتجة عن الأنشطة السطحية من خلال:**

١. تحديد بعض مصادر التلوث من قبل الأنشطة السطحية مثل (الأنشطة الزراعية ومزارع الدواجن، المصانع، محطات تعبئة الوقود، الوحدات السكنية وشبكات الصرف الصحي، وغيرها).

٢. تحديد المناطق ذات القابلية العالية للتلوث.

٣. إيجاد علاقة تربط بين الأنشطة السطحية وبين مواقع الآبار البلدية.

الموقع والظروف الهيدروجيولوجية والجيولوجية لمملكة البحرين

تتألف مملكة البحرين من أرخبيل يتألف من مجموعة من الجزر تبلغ ٣٦ جزيرة تقع بين دائرتي عرض ٣٣َ ٢٥ْ و ١٢َ ٢٧ْ شمالاً وخطي طول ١٦َ ٥٠ْ و ٠٠َ ٥١ْ شرقاً، أي أنها تقع في الجزء الشرقي للرصيف العربي الداخلي. وتعتبر جزيرة البحرين أهم جزر المملكة وتشكل حوالي ٨٣ % من المساحة الكلية. ولقد أثبتت الدراسات الجيولوجية السطحية لمملكة البحرين بأن وسط جزيرة البحرين يتكون من صخور رسوبية وأن هذه القبة تتكون من الرواسب الكربوناتية التي تعود لعصر الأيوسين، ماعدا جزء بسيط وهو غطاء جبل الدخان الذي يعود لعصر الميوسين. وتأخذ صخور الأيوسين في جزيرة البحرين الشكل البيضاوي نتيجة لعمليات التعرية، بحيث يتواجد حزام من رواسب البلايستوسين المفككة ورواسب حديثة، وهي ضيقة في الشرق وتزداد في العرض في المناطق الشمالية، الجنوب غربية والجنوب. ونفس هذه الصخور توجد في جزيرتي أم نعسان والمحرق. ونتيجة لاستمرار التعرية لصخور الأيوسين وربما للصخور الأحدث منها، تكون حوض داخلي تشكلت أرضيته من صخور الأيوسين الأسفل (تكوين الروس) ويحيط بهذا الحوض منحدرات صخرية من صخور تكوين الدمام مشكلة بذلك الظاهرة الجيولوجية السائدة والمعروفة بصخور الحواف.

ويوجد في مملكة البحرين ثلاث خزانات رئيسية حاملة للمياه الجوفية تكونت في العصر الثلاثي وهذه الخزانات تقسم إلى نظامين هيدروجيولوجيين، هما نظام حاملة الدمام ونظام حاملة مياه الروس – أم الرضمة. وهذين النظامين يمثلان في

إمتدادهما الجانبي جزء من النظام الهيدروجيولوجي الإقليمي لشبه الجزيرة العربية. ويتضمن نظام حاملة الدمام الطبقات (أ) و (ب) والمعروفة بخزاني العلات والخبر على التوالي. كما وتحوي الطبقة (أ) الجزء السفلي من خزان النيوجين والمؤلف من أحجار جيرية رملية. أما بالنسبة للطبقة (ب) فهي تتكون من عضوي الخبر والألفيولينا، ويحدها من أعلى مارل العلات ومن أسفل بالطفل الحاوي لأسنان القرش. ويمكن تقسيم خزان الخبر في مملكة البحرين إلى جزئين، طبقة علوية ذات نفاذية عالية وسمكها يتراوح من (٥-١٠) متر، وطبقة سفلية ذات نفاذية منخفضة نسبياً (GDC, 1980). وبالنسبة للملوحة تعتبر أفضل نوعية للمياه الجوفية في مملكة البحرين هي التي توجد في حاملة الدمام حيث تتراوح الملوحة مابين ٢١٠٠ - ٦٠٠٠ ملليجرام/لتر. ولقد أثر على الخواص الهيدروليكية والقدرة التخزينية لهذا النظام جملة عوامل أهمها عمليات الدلتة (Dolomitization) والعمليات التحويرية (Diagenesis) المختلفة، (Swar, ٢٠٠٢). أما بالنسبة لنظام حاملة مياه الروس - أم الرضمة والذي يتضمن الطبقة (ج)، فهي تتألف من طبقتين مائيتين هما طبقة الروس وطبقة أم الرضمة، وتقع أسفل الطفل الحاوي لأسنان القرش ومياه هذه الطبقة ذات ملوحة عالية تتراوح مابين (٦٠٠٠ - 17, 000)ملليجرام/لتر. وتقع منكشفات هذه الخزانات غرباً داخل الأراضي السعودية حيث مناطق التغذية بواسطة مياه الأمطار. أما باتجاه الساحل الشرقي لمملكة البحرين فتتكشف الأجزاء العلوية من صخور الدمام في المنطقة البحرية التي تفصل جزيرة البحرين عن شبه جزيرة قطر، وتزداد ملوحة مياه الخزان شرقاً وتعكس غزو مياه البحر للخزان. ويتغير الخزان من غير محصور في الأراضي السعودية إلى خزان محصور في مملكة البحرين نتيجة لوجود طبقات ذات نفاذية قليلة. (النعيمي، ١٩٩٩).

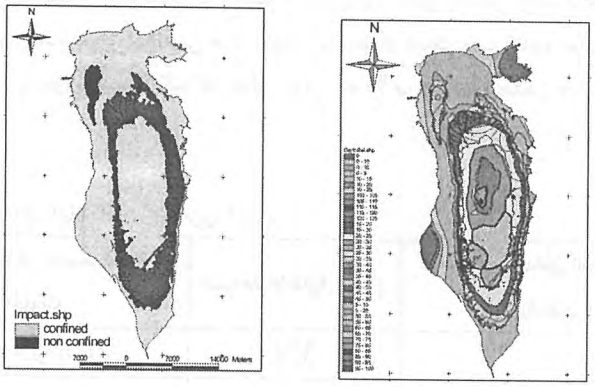
ويعتبر خزان الخبر الخزان الجوفي الرئيسي بمملكة البحرين الذي يوفر نحو ٦٥ % من إجمالي الإستهلاك المائي لأغراض الري والشرب. ويتراوح سمك خزان الخبر مابين ٢٠ إلى ٤٥ متراً، وهذه الطبقة غير محصورة في بعض المناطق ومحصورة في مناطق أخرى بطبقة مارل من الأعلى يبلغ سمكها حوالي ١٣ متر. وتتصف هذه الطبقة بخصائص هيدروليكية جيدة وخاصةً في العشرة أمتار الأولى، حيث تتفاوت ناقليتها بين ١٢٧-١٠،١٤٠ م^{٢}/يوم بمتوسط يبلغ ٢٦٧٦ م^{٢}/يوم (Swar, 2002). وتتفاوت نفاذية طبقة الخبر بين ١٦ - ٩٠٠ م/يوم وتقل النفاذية كلما توغلنا للأسفل بسبب سيادة السحن المارلية والغرينية. أما معامل التخزين فيبلغ في حدود ٥ X ١٠$^{-٥}$، وقد تصل إنتاجية الآبار المحفورة في هذه الطبقة إلى أكثر من ٧٠ لتر في الثانية، وبالنسبة للمسامية فيتراوح متوسطها بين١٧-٢٥ % (النعيمي، ١٩٩٩).

ونتيجة للزيادة الكبيرة في الطلب على المياه في مملكة البحرين وذلك لتلبية كافة القطاعات المترلية والزراعية والصناعية والتجارية، فقد بلغت كمية المياه المسحوبة من خزان الدمام عام ٢٠٠١م حوالي ٢١٨ مليون متر مكعب في السنة، وهذا يعادل تقريباً ضعف معدل الاستعاضة الطبيعية للخزان والتي تبلغ حوالي ١١٢ مليون متر مكعب في السنة، مما أدى إلى انخفاض مستوياته البيزومترية، وانقلاب الانحدارات الهيدروليكية، وغزوه بالمياه المالحة وتردي نوعية مياه هذا الخزان. وعلى الرغم مما أصاب خزان الدمام الجوفي من تدهور كمي ونوعي فإن قدرته على استعادة خواصه النوعية والبيزومترية قد تتم في فترة وجيزة إذا ما تمت السيطرة على زيادة معدلات السحب وزيادة استخدام البدائل المائية من خلال إدارة مائية متكاملة. فمن مقارنة نوعية المياه لخزان الدمام بمنطقة المنامة لعام ١٩٩٢ مع عام ١٩٧٩ نجد أن هناك تحسنا في نوعية المياه بسبب تقليل السحب من قبل محطات تزويد مياه الشرب نتيجة للتوسع في إمدادات المياه المحلاة. كذلك لم

يحدث تغير في ملوحة جزيرة سترة خلال فترة عشر سنوات في الفترة من ١٩٧٩ لغاية 1990 نتيجة لتوقف السحب من هذه المنطقة (النعيمي، ١٩٩٩).

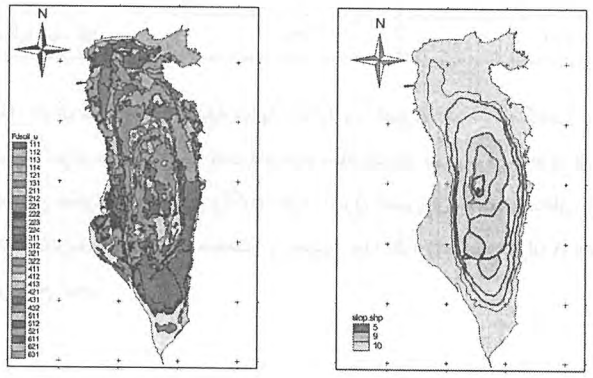
قابلية مياه خزان الدمام الجوفي للتلوث في مملكة البحرين

تشتمل تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث على سبع معاملات هيدروليكية، إلا أن الظروف الهيدروجيولوجية لمملكة البحرين لا تتطلب هذه المعاملات السبع حيث أن معدل سقوط الأمطار لا يتجاوز ٨٠ ملم في السنة لذلك تم استبعاد معامل التغذية والأخذ بستة معاملات فقط وهي العمق إلى الماء، وسط الخزان، نوعية التربة، الطبوغرافية (الميل)، تأثير منطقة الإرتشاح ومعامل التوصيل الهيدروليكي. ويبين (شكل ١) و (شكل ٢) الخرائط الرقمية التي تم إعدادها لاستخدامها في عملية التقييم أما خرائط وسط الخزان ومعامل التوصيل الهيدروليكي فقد أعطيت أوزانها ونسبها قيمة ثابتة لجزيرة البحرين.



العمق إلى الماء　　تأثير منطقة الإرتشاح

شكل ١ خريطتي العمق إلى الماء وتأثير منطقة الإرتشاح لجزيرة البحرين



الميل　　وسط التربة

شكل ٢ خريطتي الميل ووسط التربة لجزيرة البحرين

ولقد تم جمع العوامل والمتغيرات السابقة على مراحل تدريجية حيث تم جمع العامل الأول مع الثاني ومحصلتهما تم جمعهـا مع العامل الثالث وهكذا إلى أن تم إيجاد المحصلة النهائية لجميع هذه العوامل. ولقد استخدمت معادلة "دراستك" لحساب مؤشر حساسية التلوث لمنطقة الدراسة (Aller *et al.*, 1985) :

$$D_i = D_r*D_w + A_r*A_w + S_r*S_w + T_r*T_w + I_r*I_w + C_r*C_w \qquad (1)$$

ووجد أن مؤشر قابلية المياه الجوفية للتلوث بمملكة البحرين يتراوح في قيمته من ٨٥ إلى ١٨٢ وبناءً على ذلك تم تقسيم المؤشر إلى خمسة أقسام متساوية أو مجموعات نسبية (شكل ٣) هي منخفض جداً (٨٥ – ١٠٥)، ومنخفض (١٠٦ – ١٢٥)، ومتوسط (١٢٦– ١٤٥)، وعالي (١٤٦–١٦٥)، وعالي جداً (١٦٦– ١٨٢). مع أنه قد تكون المنـاطق ذات المؤشر المنخفض أو المتوسط أيضاً معرضة للتلوث ولكن مقارنة بغيرها من المناطق تعتبر أقل عرضة للتلوث حيث أن هذه الخريطة تمثل قابلية التلوث للمياه الجوفية بخزان الدمام بمنطقة ما نسبةً إلى المناطق الأخرى. ولقد تم حساب مساحة هذه المناطق ويبين جدول (١) مساحة كل منطقة من هذه المناطق، ويلاحظ أن المناطق ذات القابلية العالية للتلوث تشـكل ٢٦ % من إجمالي مساحة جزيرة البحرين كما أنها تشكل حوالي ٥٠ % من مساحة منكشف خزان الـدمام الجـوفي (الشويعي، ٢٠٠٥).

جدول ١ مساحات مناطق قابلية التلوث في جزيرة البحرين

م	تصنيف المناطق حسب قابلية التلوث	المساحة الإجمالية (كم^2)	نسبة تواجد مناطق القابلية إلى المساحة الإجمالية لجزيرة البحرين
	مساحة جزيرة البحرين	324	-----
١	القابلية المنخفضة جداً للتلوث	٦٠	١٨,٥
٢	القابلية المنخفضة للتلوث	٦٧	٢٠,٧
٣	القابلية المتوسطة للتلوث	٧٥	٢٣,١
٤	القابلية العالية للتلوث	٨٤	٢٦
٥	القابلية العالية جداً للتلوث	٣٨	١١,٧

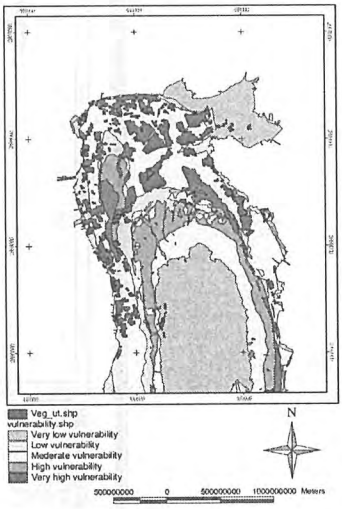
ويتضح من خلال (شكل ٣) أن المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً للتلوث تقع على منكشف خزان الدمام الجوفي، كما هو متوقع. وأن معظم أجزاء جزيرة البحرين ذات قابلية متوسطة للتلوث بسبب وقوع خزان الدمام على أعمـاق تتراوح من ٠ – ١٠ متر عن مستوى سطح البحر ولكون الخزان الجوفي محصور في معظم المنـاطق. وتتميـز الأجـزاء الشمالية الشرقية والأجزاء الجنوبية الغربية بقابلية منخفضة ومنخفضة جداً نظراً لأن عمق الخزان في هذه المناطق يصل إلى أربعين متر عن مستوى سطح البحر.

شكل ٣ خريطة قابلية المياه الجوفية بخزان الدمام للتلوث بجزيرة البحرين

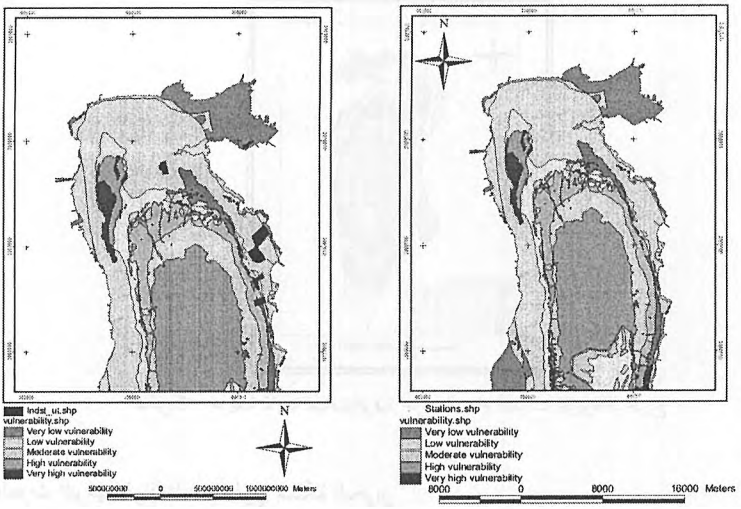
قابلية التلوث النوعية لخزان الدمام الجوفي بمملكة البحرين

سجلت في البحرين عدة حوادث لتلوث المياه الجوفية بفعل الأنشطة البشرية (زباري، ١٩٩٩)، (Raveendran and Madany , 1991)، (Zubari *et al.*, 1997) ، لذلك فإن من الأهمية بمكان تقييم قابلية تلوث المياه الجوفية لخزان الدمام من الأنشطة السطحية. هذا وقد تم إسقاط الأنشطة البشرية على خارطة قابلية المياه الجوفية لخزان الدمام للتلوث في جزيرة البحرين بشكل منفرد (شكل٤)، ثم بشكل جماعي (شكل ٥) لإنتاج خارطة جديدة تمثل مخاطر تلوث خزان الدمام الجوفي من قبل الأنشطة السطحية.

مياه الصرف الصحي الراجعة



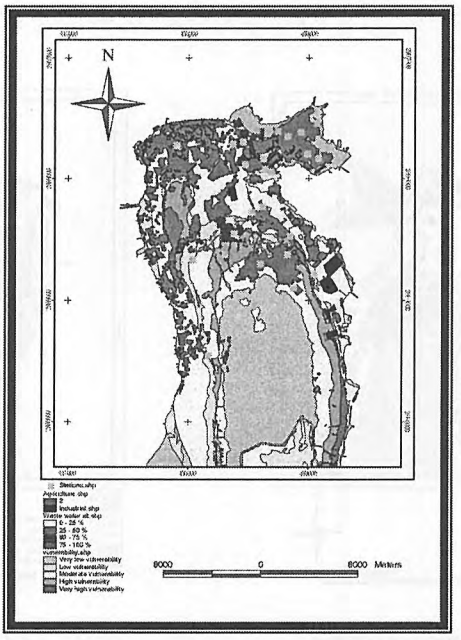
المزارع ومزارع الدواجن



المناطق الصناعية

محطات تعبئة الوقود

شكل ٤ مواقع الأنشطة البشرية الرئيسية بجزيرة البحرين



شكل ٥ جميع الأنشطة السطحية الرئيسية في جزيرة البحرين

ويبين (جدول٢) العلاقة بين الأنشطة البشرية المختلفة في جزيرة البحرين من حيث مساحة تواجدها على المنـــاطق ذات القابلية العالية والعالية جداً بجزيرة البحرين (الشويعي، ٢٠٠٥).

جدول ٢ مساحة تواجد الأنشطة في المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً بجزيرة البحرين

م	نوع النشاط	مساحته الإجمالية (كم٢)	مساحة تواجده على المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً (كم٢)	نسبة الأنشطة التي لها احتمالية عالية للتلويث (%)	نسبة تواجد الأنشطة على المنكشف (%)
١	مساحة جزيرة البحرين	٣٢٤	----------	--------	-------
٢	مساحة منكشف خزان الدمام الجوفي داخل الجزيرة	١٦٣	١٢٢	٧٥	-------
٣	الوحدات السكنية	٦٨,٤	٣٩	٥٧	٢٤
٤	الأنشطة الزراعية ومزارع الدواجن	٤٤	١٧	٣٨,٦	١٠,٥
٥	المناطق الصناعية	٥	١,٤	٢٨	١
٦	محطات تعبئة الوقود	٢٦ محطة (نقاط)	٥ محطات	١٩	٢٧
مجموع مساحة الأنشطة	------	١١٧,٤	٥٧,٤	٤٩	٦٢,٥

كما تم إسقاط الآبار البلدية والبالغ عددها ٩١ بئر على خريطة القابلية النوعية للمياه الجوفية لخزان الدمام للتلوث. وتم عزل الآبار التي تقع خارج جزيرة البحرين والبالغ عددها ٢٩ بئر ليتبقى ٦٢ بئر تتواجد داخل جزيرة البحرين. ويلاحظ أن جميع الآبار تقع في شمال جزيرة البحرين، ومعظمها يقع في الأجزاء الشمالية الشرقية أي أنها تتواجد في منـــاطق ذات قابلية منخفضة ومنخفضة جداً للتلوث، إلا أنه تتواجد في هذه المناطق وحدات سكنية غير متصلة كليـــاً (١٤ بئـــر) أو جزئياً بشبكة الصرف الصحي مما قد يشكل خطورة على الآبار البلدية لذا يتطلب مراقبة مستمرة والتأكد مـــن عـــدم وجود تشققات في جدران هذه الآبار. كما أن ٣٧ بئرا فيها تتواجد في مناطق الأنشطة الزراعية و ١١ بئرا في المنـــاطق الصناعية، الأمر الذي يشكل خطورة على الصحة العامة للإنسان في حالة وصول أي من الملوثات أنفة الذكر إلى آبـــار المياه البلدية (الشويعي، ٢٠٠٥).

النتائج

تم بناء قاعدة بيانات هيدروجيولوجية بعدة مراحل، شملت: جمع البيانات، وتحويل الخرائط الورقية إلى رقمية، وتصنيفها، وتخزينها، وإعداد الخرائط الرقمية لمنطقة البحث باستخدام برنامج (Arc Info GIS). ثم أدخلت هذه البيانات في نظم المعلومات الجغرافية وتم تصنيف المعاملات الستة المستخدمة في منهجية التقييم بطريقة (DRASTIC) وإعطائها نسب وأوزان تتناسب مع الظروف الطبيعية للمنطقة. وتم تطوير قاعدة البيانات لتُستعمل في تحرّي العلاقات بين خارطة قابلية المياه الجوفية لخزان الدمام للتلوث والأنشطة السطحية. و تم دراسة العلاقات بين شرائح نظم المعلومات الجغرافية المختلفة والأنشطة السطحية. وعليه تم تقسيم الأراضي في جزيرة البحرين حسب احتمالية تلوثها إلى خمسة أقسام وتحديد مناطق الخزان المائي الجوفي التي لها احتمالية وخطورة عالية للتلوث.ومن خلال التحاليل المختلفة ودمج البيانات المكانية والوصفية المتوفرة والخرائط التي أجريت في نظم المعلومات الجغرافية تم الوصول إلى النتائج التالية:

١. إنتاج وثيقة تخطيطية مرجعية على هيئة خارطة تمثل قابلية المياه الجوفية للتلوث من الأنشطة السطحية.
٢. تتواجد معظم الأنشطة السطحية في شمال وشمال-غرب وغرب جزيرة البحرين.
٣. يتبين من الدراسة أن أنشطة الصرف الصحي والأنشطة الزراعية ومزارع الدواجن تشكل خطورة حيث قد تتسبب في تلويث مياه خزان الدمام الجوفي نظراً لتواجدها على المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً للتلوث.
٤. بلغت مساحة تواجد الوحدات السكنية المتصلة جزئياً وغير المتصلة والتي تبلغ نسبة اتصالها ٥٠ % فأكثر على المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً للتلوث حوالي ٣٩ كم^{٢}.
٥. بلغت مساحة تواجد الأنشطة الزراعية ومزارع تربية الدواجن على المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً للتلوث حوالي ١٧ كم^{٢}.
٦. تشكل المناطق الصناعية أقل الأنشطة السطحية في مساحة تواجدها على المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً حيث تقدر بحوالي ١,٤ كم^{٢}.
٧. تتواجد سبعة محطات على منكشف خزان الدمام الجوفي ووجد أن خمس محطات منها تقع على المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً للتلوث.
٨. تتواجد ضمن مناطق الأنشطة الزراعية ومزارع الدواجن عدد من الآبار البلدية بلغت ٣٧ بئرا من أصل ٦٢ بئر داخل الجزيرة. وبلغت عدد الآبار التي تتواجد في المنطقة السكانية ١٤ بئرا، بينما بلغت عدد الآبار التي تتواجد في المنطقة الصناعية ١١ بئر. وهذا يشكل خطورة على الصحة العامة للإنسان في حالة وصول الملوثات الناتجة من هذه الأنشطة إلى هذه الآبار.
٩. لم يقع أي من الآبار البلدية على المناطق ذات القابلية العالية والعالية جداً للتلوث.

المراجع:*[References]

الجهاز المركزي للمعلومات، 2002، وزارة الإسكان والبلديات والبيئة، إدارة البلديات، تم زيارة الموقع عام 2004 (www.bahrain.gov.bh/arabic).

الجهاز المركزي للمعلومات، 2002، وزارة الأشغال ، إدارة المجاري ومصارف المياه، تم زيارة الموقع عام 2004 (www.bahrain.gov.bh/arabic).

الجهـــاز المركـــزي للمعلـــومات، 2002، وزارتي الصـــحة والـــزراعة، تم زيـــارة الموقـــع عـــام 2004 (.(www.bahrain.gov.bh/arabic

الشـــويعي، إبـــراهيم سعود، 2005، تقييم قابلية خزان الدمام الجوفي للتلوث الناتج من الأنشطة السطحية في مملكة البحرين باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير، برنامج علوم الصحراء والأراضي القاحلة – جامعة الخليج العربي، 117 صفحة.

النعيمـــي، مبارك أمان، 1999، تقييم الموارد المائية المتاحة وأوجه الاستخدامات في دولة البحرين سلسلة الدراسات والبحوث العلمية (24). مركز البحرين للدراسات والبحوث، المنامة، 313 صفحه.

زبـــاري، ولـــيد خلـــيل، 1999، تسرب جازولين محطة رمكو بالسهلة. إشارة تحذير (مقالة غير منشوره)، أستاذ الهيدروجيولوجيا المشارك، برنامج علوم الصحراء والأراضي القاحلة، جامعة الخليج العربي.

Aller, L., Bennett, T.,Leher, J. H. and Petty, R.J., 1985, DRASTIC : A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings U.S. EPA, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK, EPA/600/2-85/0108, 163pp.

GDC (Groundwater Development Consultants), 1980, Umm Er Radhuma Study, Bahrain Assignment, Vol. 1: Groundwater Resources. Ministry of Agricultural and Water, Kingdom of Saudia Arabia.

Raveendran, E., and Madany, I. M., 1991, Characteristics of Agricultural Drainage Water in Bahrain, The Science of the Total Environment, 104, pp.239-247.

Swar, M.A., 2002, Groundwater quantity and quality assessment of the Dammam aquifer in the Kingdom of Bahrain, 1991 – 2001, Msc Thesis, Arabian Gulf University, Bahrain.

Zubari, W.K., Khater, A.R., AL-Noaimi, M.A., AL-Junaid, S.S., 1997, Spatial and temporal trends in Groundwater salinity in Bahrain, The Arabian Journal for Science and Engineering, vol 22, no 1C, pp. 81-94.

مؤتمر الخليج السابع للمياه
المياه في دول مجلس التعاون الخليجي ... نحو إدارة متكاملة
١٩ - ٢٣ نوفمبر ٢٠٠٥م دولة الكويت

المياه والزراعة

تطوير وتحديث الري السطحي لرفع كفاءة الري في الوطن العربي

الدكتور محمد عيسى مجدلاوي

تطوير وتحديث الري السطحي لرفع كفاءة الري في الوطن العربي

الدكتور محمد عيسى مجدلاوي

إدارة الموارد الطبيعية والبيئة
المنظمة العربية للتنمية الزراعية

الملخص

يعتبر الاستخدام الواسع للري السطحي في الزراعة المروية العربية تحدياً كبيراً لهذا القطاع الهام في الاقتصاد العربي. ولمواجهة هذه المشكلة فقد تزايدت توجهات الدول العربية نحو استخدام طرق الري الحديثة ذات الكفاءة الأعلى في استخدام المياه وخاصة في المشاريع الجديدة. ولكن هناك صعوبات مالية وفنية واجتماعية في تحويل الري السطحي بالدول العربية إلى ري حديث نسبة لاتساع الرقعة المروية وتفتت الحيازات وعدم تقبل المزارع بسهولة لطرق الري الحديثة. لذلك فان الخيار الآخر هو العمل على رفع كفاءة هذه الطرق بإدخال ما يمكن من تطوير وتحسين في مجال الري والصرف. ومن هذا المنطلق تأتي أهمية هذه الدراسة لاستعراض سبل تطوير هذه النظم التقليدية دون الحاجة لاستبدالها إلى ري حديث من أجل ترشيد استخدام المياه، والعمل على زيادة العوائد وتحسين اقتصاديات المشاريع التي تستخدم الري السطحي بالدول العربية. أهداف هذه الدراسة هي تحديد سبلا ومجالات تطوير الري السطحي في الدول العربية. ونشر الخبرات والمعارف والتجارب العربية الناجحة في مجال تطوير الري السطحي لتعميم الفائدة بين الدول العربية. أوضحت الدراسة أن هناك إمكانية حقيقية ومتاحة للتطوير ورفع كفاءة استخدام المياه بإدخال الأساليب الحديثة والمتطورة في نقل وتوزيع المياه ورصد ومتابعة عمليات الري الحقلي، إضافة إلى إمكانية أتمتة جوانب عديدة من شبكة الري. إن المجال التقني للتطوير يشمل مرحلة نقل وتوزيع المياه حيث يسود أسلوب القنوات المفتوحة في العالم العربي وهى معروفة بمشاكلها العديدة وتدني كفاءتها، وإن استخدام الأنابيب يعتبر أول أساليب التطوير في هذا المجال، بالاضافة إلى مندلة جسور القنوات واستخدام أساليب حديثة لصيانتها ونظافتها من الإطماء والأعشاب المائية. كما أن التحكم في شبكة النقل والتوزيع يعد من مجالات التطوير الحديثة الهامة. أما في مرحلة الري الحقلي فإن التطوير قد يشمل العمل على تخفيض منسوب الغمر باستخدام السرابات الطويلة والري بالشرائح، كما أن برمجة الري على دفعات واستخدام التدفق المنقطع قد يكون أحد أساليب التطوير. وقد يشمل التطور في المجال الإداري والمؤسسي تطوير مفهوم الإدارة بصفة عامة واستخدام الإدارة المتكاملة للمياه والمناهج الشمولية والتشاركية والاقتصادية. وبالنسبة للمجال القانوني والتشريعي والسياسات لتطوير الري السطحي فيشمل وضع تعرفة لإتاحة المياه إضافة إلى سياسات حسن استخدام المياه. أما المجال الاجتماعي والارشادي فيشمل الارشاد والتوعية المائية بالمعوقات والمشاكل التي تواجه الموارد المائية وأهمية العمل على تخطيها برفع كفاءة استخدام المياه وإرشاد الجمهور بالوسائل الممكنة لرفع كفاءة الاستخدام ، ويتم ذلك بالطرق الحديثة من دورات زراعية وبرامج تعليمية وتثقيفية.

كلمات إفتتاحية: الري السطحي، كفاءة الري، الإدارة المتكاملة، كلفة المياه.

١ – المقدمة

إن ما تمثله الموارد المائية من أهمية محورية للزراعة العربية وخاصة على ضوء الندرة النسبية لهذه الموارد، يدعو إلى توجيه الاهتمام المناسب للتحليل والدراسة والبحث في كافة القضايا والجوانب التي من شأنها أن تساهم في تنمية وصيانة تلك الموارد، وتحقيق أقصى مستويات ممكنة من الترشيد وكفاءة الاستخدام.

إن من أعظم التحديات التي تواجه المنطقة العربية هو وقوعها في أكثر مناطق العالم جفافاً، مما أدى إلى تدني مصادرها المائية، فبكل المقاييس العالمية تعتبر المنطقة العربية الأقل نصيباً من المياه. من جهة أخرى فإن هذا المناخ قد فرض واقعاً حتمياً يتمثل في تدني نسبة الأراضي التي يمكن استزراعها بالأمطار، فبالرغم من أن جملة هطول الأمطار على المنطقة العربية تقدر بحوالي ٢٢٨٢ مليار متر مكعب سنوياً إلا أن ١٨% فقط من الأراضي العربية تزيد فيها معدلات الهطول عن ٣٠٠ ملم وهي المؤهلة لزراعات مطرية، ومن هذا المنطلق تبرز أهمية الري في الدول العربية لتأمين الغذاء والكساء.

يستخدم الري السطحي في ما يقارب ٨٥% من الأراضي المروية بالوطن العربي، ويرجع إنشاء بعض مشاريع الري السطحي إلى سنوات عديدة خلت لم يتم فيها التقدير المناسب لندرة المياه، كما أن هذه المشاريع لم تشهد التطور والتحديث وإعادة التأهيل اللازمة لمواكبة التقنيات الحديثة، حيث كانت هذه السبل هي الأفضل، وبعضها أنشئ حديثاً بسبب انخفاض تكاليف إنشائها مقارنة بالطرق الحديثة للري. تتسم هذه الطرق التقليدية للري بتدني كفاءة استخدام المياه وبالتالي فهناك فواقد مائية كبيرة قدرت في دراسات سابقة للمنظمة بحوالي ٩١ مليار متر مكعب سنوياً على نطاق الدول العربية.

ولهذه الأسباب مجتمعة فقد برز اتجاه قوي في الدول العربية بتحويل الري السطحي إلى ري حديث، إلا أنه نسبة لاتساع هـذا الأسلوب وارتفـاع تكلفة التمويل وتفتت مساحات الحيازات الزراعية فقـد تكـون هناك صعوبات فنية واقتصادية واجتماعية للقيام بالتحويل الكامل من نظام الري السطحي إلى طرق الري الحديثة. فمن هنا تأتي أهمية الإبقاء على الري السطحي مع ضرورة تطويره لرفع كفاءته.

٢ – الأهمية النسبية للري في الدول العربية

إن التعريف العام للري هو إضافة المياه للتربة لزيادة نسبة الرطوبة فيها بما يوفي بمتطلبات المحاصيل المزروعة واستقرارها، وعليه فإن كمية مياه الري المضافة تعتمد اعتماداً كلياً على مستوى الهطول المطري في المنطقة المعنية بالإضافة إلى العوامل المناخية الأخرى. فالموازنة المائية في منطقة زراعية معينة هي عبارة عن الفرق بين الهطول المطري والمتطلبات المائية للمحاصيل والتي تتمثل في عامل البخر–نتح الكامن وهو عبارة عن المحصلة النهائية للعوامل المناخية المختلفة مع الأخذ بعين الاعتبار عوامل أخرى أهمها التربة ونوعيتها ومدى إمكانيتها في الحفاظ على الرطوبة وطبوغرافية الموقع. إن الموازنة المائية في غالبية الدول العربية سالبة أي أن الهطول المطري يقل كثيراً عن البخر–نتح الكامن، ويوضح الجدول رقم (١) معدلات الهطول المطري في الدول العربية.

تقدر المساحة التي تقل جملة الأمطار السنوية فيها عن ١٠٠ ملم بحوالي ٦٧% من مساحة الأراضي الإجمالية للدول العربية، وتعتبر هذه الأراضي بطبيعة الحال غير مؤهلة لأي نوع من أنواع الزراعة المطرية وإنما تصلح للرعي مع إمكانية قيام مشاريع لحصاد المياه لتوفيرها للإنسان والحيوان والمحافظة على الغطاء النباتي ومكافحة انجراف التربة. أما المساحة التي يتراوح فيها معدل الهطول المطري ما بين ١٠٠-٣٠٠ ملم سنوياً فتقدر بحوالي ١٥% من أراضي الدول العربية، وهي غير صالحة لزراعة مطرية مستقرة، إلا في حدود ضيقة لبعض المحاصيل سريعة النضج أو المقاومة للجفاف، وتعتبر بذلك مناطق رعي طبيعية جيدة وتصلح لمشاريع حصاد المياه. بينما المساحة الصالحة للزراعة المطرية لا تتعدى ١٨% من جملة مساحة الدول العربية، وهى الأراضي ذات معدلات هطول تزيد عن ٣٠٠ ملم في السنة وهى المؤهلة لاستدامة الزراعة المطرية والمناطق الأساسية لإنتاج الغذاء في الدول العربية.

يتضح أن حوالي ٨٢% من الأراضي العربية غير مؤهلة لزراعات مطرية مستقرة وبالتالي فان الزراعة في هذه الأراضي لابد أن تعتمد على الري ، كما أن أي زراعات مكثفة في بقية الأراضي ذات الهطول المطري الذي يزيد عن ٣٠٠ مليمتر في السنة غير ممكنة نظراً لانحصار موسم الأمطار في جزء يسير من السنة، وأن المتطلبات المائية للمحاصيل المكثفة تفوق معدلات الهطول في موسم الأمطار في كثير من هذه الأراضي، وهذا يوضح بجلاء الأهمية النسبية العالية للري في الدول العربية. تشير التحليلات بأن متوسط الأهمية النسبية للزراعة المروية في الدول العربية هي حوالي ٢٢%، فحملة الأراضي المزروعة فيها تبلغ حوالي ٦٩ مليون هكتار منها ١٥ مليون هكتار مروية. تشير المعلومات والبيانات المتاحة والموضحة بالجدول رقم (٢) بأن الأهمية النسبية للري بالدول العربية تتفاوت من أقل من ٥% في الصومال إلى ١٠٠% في جيبوتي والبحرين، حيث لا توجد زراعة مطرية في حين أنها تزيد عن ٥٠% في سبعة دول مما يوضح الأهمية النسبية للزراعة المروية في الدول العربية.

جدول رقم (١): معدل الهطول المطري في الوطن العربي بالمليار متر مكعب

القطر/الاقليم	معدل أقل من ١٠٠ ملم/سنة	معدل ١٠٠-٣٠٠ ملم/سنة	معدل أكثر من ٣٠٠ ملم/سنة	إجمالي الهطول بالمليار متر مكعب سنوياً (م م٣)
الأردن	٤,٠	٢,٧	١,٨	٨,٥
سوريا	٠,٦	٢٥,٤	٢٦,٨	٥٢,٧
العراق	٤,٧	٥٤,٥	٤٠,٧	٩٩,٩
فلسطين	٠٠١	١,٢	٦,٨	٨,٠
لبنان	-	٠,١	٩,١	٩,٢
المشرق العربي	٩,٤	٨٣,٩	٨٥,٢	١٧٨,٣
الامارات	١,١	١,٣	-	٢,٤
البحرين	٠,١	-	-	٠,١
السعودية	٨٩,٥	٢٤,٧	١٢,٧	١٢٦,٨

عمان	٥,٤	٧,٦	١,٩	١٥,٠
قطر	٠,١	–	–	٠,١
الكويت	–	–	–	–
اليمن	٧,٠	٣٠,٨	٢٩,٤	٦٧,٢
شبه الجزيرة العربية	١٠٣,٢	٦٤,٤	٤٤,٠	٢١١,٦
جيبوتي	٠,٩	٢,٦	٠,٥	٤,٠
السودان	٤١,٧	٧٦,٥	٩٧٦,٢	١٠٩٤,٤
الصومال	٦,٦	٣٨,٧	١٤٥,٣	١٩٠,٦
مصر	١١,١	٤,١	–	١٥,٣
الاقليم الأوسط	٦٠,٣	١٢١,٩	١١٢٢,٠	١٣٠٤,٣
تونس	٤,١	١١,٦	٢٤,١	٣٩,٨
الجزائر	٦٧,٩	٣٠,١	٩٤,٥	١٩٢,٥
ليبيا	٢٨,٤	١٦,٢	٤,٤	٤٩,٠
المغرب	٢٩,٢	٣٤,١	٨٦,٧	١٥٠,٠
موريتانيا	٢٩,٢	٧٣,٥	٥٤,٥	١٥٧,٢
المغرب العربي	١٥٨,٨	١٦٥,٥	٢٦٤,٢	٥٨٨,٥
إجمالي الوطن العربي	٣٣١,٧	٤٣٥,٧	١٥١٥,٤	٢٢٨٢,٧

المصدر: دراسة السياسات العامة لاستخدام موارد المياه في الزراعة العربية (١٩٩٤)

٣- ضرورة ومبررات تطوير الري السطحي في الدول العربية

إن التعريف العام للري السطحي هو الاغمار الكلي أو الجزئي للأرض بالمياه لتوفير حاجة المحاصيل الزراعية، وتتعدد أنواع الري السطحي وتتباين في محاسنها ومساوئها، وممكن حصر محاسن الري السطحي فيما يلي:

- قلة التكلفة الإنشائية.
- توفر الخبرة والمعرفة المتوارثة عنه في الدول العربية، وسهولة إدارة وتوزيع مياه الري بالحقل؛ وذلك لإمكانية إضافة كمية من الماء لتغطي احتياجات النبات لفترة لاحقة بما يساعد في تخطيط توزيع مياه الري.
- الحاجة للعمالة مما يعني توفير فرص عمل واسعة.
- قابليته للتعديل وصلاحيته لكل أنواع المحاصيل الحقلية والبستانية والغابية.
- إستهلاك الطاقـــة قليل جـــداً مقارنة مع طرق الري الأخرى.

أما مساوئ الري السطحي فهي تتلخص فيما يلي:

- الحاجة لدرجة عالية من التسوية والتسطيح واقتطاع جزء مقدر من الأرض لإنشاء القنوات والكتوف ومحابس المياه الحقلية.
- تدني كفاءته والتي غالباً ما تكون في حدود ٤٠-٦٠% مما يعتبر هدراً لمياه الري.

- سطح الماء مكشوف بالقنوات والحقول وهذا يصاحبه تدفقات المياه حول الحقل المروي مما يؤدى إلى تفشي الأمراض مثل الملاريا والبلهارسيا وغيرها.

وبالرغم من وجود بعض المساوئ للري السطحي إلا أن هناك ضرورة ملحة لتطويره للأسباب التالية:

١. ارتفاع نسبة الاستخدام الزراعي للمياه في الدول العربية: تقدر نسبة الاستخدام الزراعي للموارد المائية في الدول العربية بحوالي ٨٩% من جملة الاستخدامات، وهي نسبة كبيرة مقارنة بالدول الاخرى في العالم، حيث يبلغ المتوسط العام في العالم حوالي ٧٠%.

٢. التوسع الكبير في الري السطحي في الدول العربية: إن جملة المساحة المروية في الدول العربية تقدر بحوالى ١٥ مليون هكتار، ٨٥% منها تستخدم الري السطحي التقليدي، وهنا تكمن أهمية تطوير الري السطحي في الدول العربية، والذي يعتبر المصدر الرئيسي للحبوب التي تمثل الغذاء الرئيسي للسكان في العديد من الدول. تشير البيانات والمعلومات المتاحة ان أكثر من نصف الدول العربية تزيد فيها نسبة الري السطحي عن ٩٥% وأنها تزيد عن ٩٧% في ثمانية من الدول هي جيبوتي، سوريا، السودان، المغرب، مصر، العراق، موريتانيا واليمن، علماً بأن نسبة الأراضي المروية بهذه الدول تزيد عن ٧٩% من جملة الأراضي المروية بالدول العربية. أما الدول التي فيها تركيز على استخدام طرق الري الحديثة فهي أساساً دول الخليج والدول ذات الموارد المائية المحدودة مع توفر الامكانات المالية لذلك نجد خمسة دول فقط تقل فيها نسبة الري السطحي عن ٥٠% .

٣. تدني كفاءة الري السطحي في الزراعة العربية: الهدف الأساسي من عملية الري هو إضافة المياه إلى التربة بغرض تعويضها عما فقدته من رطوبة أساسية لنمو النبات، ويمكن حساب كمية المياه التي ينبغي إضافتها للتربة وذلك بمعرفة مراحل نمو النبات فوق وتحت سطح التربة ومعرفة خواص التربة الفيزيائية وقياس العوامل المناخية التي تسبب استنزاف الماء، إضافة إلى مراقبة مستوى سطح الماء الجوفي والذي يأخذ في الاعتبار عندما يقترب من منطقة الجذور. وفي الري السطحي فإنه يتم عادة استخدام كمية أكبر من حاجة النبات، وهذه تعتبر كمية مهدورة من المياه. تقاس فعالية أي عملية بنسبة ما تم تحقيقه فعلياً إلى المراد إنجازه أصلاً. ومن هنا يمكن أن تختلف كفاءات الري حسب المراحل المختلفة للري والتي تشمل الآتي:

- كفاءة الإضافة (Application Efficiency): يمكن تعريفها بأنها نسبة كمية المياه التي تصل إلى منطقة جذور النبات إلى الكمية الكلية التي أضيفت إلى الحقل. وهذه النسبة منخفضة في حالة الري السطحي حالياً ومرتفعة للري الموضعي وبينهما تقع النسبة الخاصة بالري بالرش. في الوقت الراهن لا تزيد نسبة كفاءة الإضافة للري السطحي عن ٥٠% في أفضل أحوالها في الوطن العربي (الأردن، سوريا).

جدول رقم (٢): الأهمية النسبية للزراعة المروية على المستوى القطري في الدول العربية لعام ١٩٩٦ (المساحة: ألف هكتار)

الدولة	الرقعة المزروعة	المساحة المروية	الأهمية النسبية للزراعة المروية على المستوى القطري %	الأهمية النسبية للزراعة على المستوى القومي %		مساهمة الزراعة في الناتج المحلي
				المساحة المزروعة	المساحة المروية	
الأردن	٣٨١,٧٣	٧٧,٠٠	٢٠,٠	٠,٥٦	٠,٥٢	٥,٥
الامارات	١٢٥١,١	٦٧,٠	٥٣,٥	٠,١٨	٠,٤٥	٢,٧
البحرين	٥,٣٦	٥,٣	١٠٠	٠,٠١	٠,٠٤	١,٦
تونس	٥٤٠٠,٥٥	٣٥٥,٠	٦,٦	٧,٨٦	٢,٤١	١٥,٥
الجزائر	٨٠٨١,٠٠	٥٠٠,٠	٦,٢	١١,٧٦	٣,٣٩	١١,٤
جيبوتي	٠,٦٧٤	٠,٦٧٤	١٠٠	٠,٠٠١	٠,٠٠٥	٢,٦
السعودية	٤٢٩٤,٠٩	١٦٠٠,٠	٣٧,٣	٦,٢٥	١٠,٨٦	٦,٦
السودان	١٦٨٧١,٨٢	١٩٥٠,٠	١١,٥	٢٤,٥٦	١٣,٢٤	٣٥,٤
سوريا	٦١٢١,٠٠	١٢٤٧,٠	٢٠,٤	٨,٩١	٨,٤٦	٢٨,١
الصومال	١٠٥٩,٥٩	٥٠,٠	٤,٧	١,٥٤	٠,٣٤	–
العراق	٦٧٢١,٠٠	٣٦٠٠,٠	٥٣,٦	٩,٧٨	٢٤,٤٣	٣١,٠
عمان	١٠٦,٠٠	٦١,٦	٥٨,١	٠,١٥	٠,٤٢	–
فلسطين	١٨٥,٥١	١٢,٠	٦,٥	٠,٢٧	٠,٠٨	٣,٠
قطر	١٧,٩٧	٨,٨	٤٩,١	٠,٠٣	٠,٠٦	١,٠
الكويت	٨,٣٧	٤,٨	٥٧,٣	٠,٠١	٠,٠٣	٠,٤
لبنان	٤٦٢,٩٦	٨٧,٥	١٨,٩	٠,٦٧	٠,٥٩	٧,٨
ليبيا	٢٣٦٥,٩٩	٣٩٥,٠	١٦,٧	٣,٤٤	٢,٦٨	٧,٧
مصر	٤١٤٩,٤٩	٣٢٨٠,٠	٧٩	٦,٠٤	٢٢,٢٦	١٦,٧
المغرب	١٠٠٢٨,٣٠	١٣٦٤,٠	١٠	١٤,٦٠	٦,٨١	٢٠,٤
موريتانيا	٥٤٧,١٠	٤٧,٠	٨,٦	٠,٨٠	٠,٣٢	٢٦,٤
اليمن	١٧٥٥,٣	٣٨٣,٠	٢١,٨	٢,٥٦	٢,٦	١٧,٢
الجملة	٦٨٦٨٨,٦٢	١٥٠٩٥,٧٤	٢٢,٥	١٠٠	١٠٠	١٣,٣

المصدر : المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، دراسة أساليب سياسات استرداد تكلفة اتاحة مياه الري في الدول العربية ، ١٩٩٩

- كفاءة النقل (Conveyance Efficiency): هذه الكفاءة عبارة عن نسبة المياه التي تدخل الحقل إلى الكمية التي تتدفق من مصدر المياه الأساسي. تتعرض القنوات الترابية المكشوفة إلى رشح من أسفلها وجوانبها وبخر سطح الماء المكشوف بها ولذلك فإن كفاءتها منخفضة. إرتفعت هذه النسبة من ٢٠% إلى ٨٠% في مشروع بيحان باليمن بعد استبدال القنوات الترابية بأنابيب كما ارتفعت من ٦٥% إلى ٩٠% بعد تحويل القنوات المكشوفة إلى أنابيب في المنطقة الشمالية الوسطى من وادي الأردن .
- الكفاءة الكلية للري (Irrigation Efficiency): عبارة عن حاصل ضرب الكفائتين السابقتين.
- كفاءة التخزين (Storage Efficiency): وهي نسبة المياه التي تضاف لمنطقة الجذور إلى ما هو مطلوب فعلاً لمنطقة الجذور وهي قياس لمدى إيفاء حاجة النباتات من الماء. فإن المزارع يغرق حقله بالماء متى وجد الفرصة سانحة لذلك ودون التقيد بجدولة للري أو احتياجات مائية محددة اعتقادا منه أنه قد وفر لمحاصيلـــه مياه تكفيها لفترة طويلـــة ولا يعلم أن سعة التربة التخزينيـــة محدودة وأن أي كمية زائدة عنها تعتبر هدراً.

إن تدني كفاءة الري الحقلي تتطلب حصر المعوقات الرئيسية حتى يمكن التطرق لمعالجتها وعليه يمكن وضع المعوقات الرئيسية في أطر محددة كما يلي:

- ضعف الارشاد والتوعية بتدني كفاءة هذا الأسلوب من الري وضعف تأهيل المزارع العربي ليستوعب التغير.
- عدم ملائمة أسلوب الري السطحي للتحويل إلى ري حديث، وعدم الإلمام بأساليب تطوير الري في الدول العربية وخاصة من المزارعين. بالإضافة إلى تفتت وصغر الحيازات الذي يعد من عوائق التطوير.
- ندرة المؤسسات التعليمية وقلة البحوث وتعدد الجهات المسؤولة عن تطوير الري.
- قلة المعلومات والرصد حول الفواقد المائية وأسبابها. بالإضافة إلى تفتت وصغر الحيازات الذي يعد من عوائق التطوير.
- انخفاض تكلفة اتاحة المياه للمزارع حيث تدعم اغلب الدول هذه التكلفة، وهناك تدني في العوائد من مشاريع الري وعدم وجود التمويل له مما يعيق التطوير.

٤- مجالات تطوير الري السطحي

هناك مشكلة كمية متمثلة بمحدودية موارد المياه ومشكلة نوعية متمثلة بتلوث الأوساط المائية وبخاصة الجوفية منها نتيجة وصول مياه الري الزائدة إلى التكوينات الجوفية الحاملة للمياه كما هو الحال في العديد من المناطق الساحلية لبعض البلدان العربية، ومن الضرورة بمكان الربط بين هاتين المشكلتين وذلك باستخدام مبادئ اقتصادية للحد من زيادة الطلب على المياه مع المحافظة على توفير هذه المياه بهدف زيادة الرقعة المروية. وبالتالي يمكن رفع كفاءة استخدام المياه والحد من حجم المياه الملوثة وتوفير موارد مائية إضافية من خلال تطوير المجالات التالية:

١. المجال التقني

يعتبر استخدام التكنولوجيا والوسائل الفنية العلمية هو المجال الأساسي لتطوير أساليب الري السطحي القائمة بالدول العربية والتي قد يصعب تحويلها إلى ري حديث. يعتبر تدني كفاءة استخدام المياه بالري السطحي المحدد الأول لاستخدام هذا الأسلوب من الري حيث تقدر الكفاءة الكلية للري السطحي في الدول العربية بأقل من ٤٠%، علماً بأن الري

السطحي بالدول العربية يستهلك حوالى ٥٩% من جملة المصادر المائية بالدول العربية وأن مساحة الأراضي الخاضعة للري السطحي بالدول العربية تزيد عن ٨٥% من جملة الأراضي المروية. تشمل أساليب رفع الكفاءة ما يلي :

١. رفع كفاءة سعة فقدان نقل وتوزيع المياه: تستخدم معظم مشاريع الري السطحي في الدول العربية القنوات الترابية المفتوحة في نقل وتوزيع مياه الري، وهى طريقة قديمة في المنطقة العربية، ويصاحبها فقد كبير في المياه يقدر بأكثر من ٢٠% ويتمثل في التسرب والكسورات المتعددة على جسور القنوات وفواقد البخر_نتح الناتجة من الأعشاب التي تنمو على هذه القنوات. كما أنه نتيجة للإطماء الذي يحدث بهذة القنوات بسبب ارتفاع نسبة الطمي بالمياه تقلل سعة هذه القنوات مما يعوق حصول النبات على كفايته من المياه في الوقت المناسب وبالكميات المطلوبة مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى العطش وتعرض النبات إلى حالة الشد (Water stress) وبالتالي انخفاض شديد في الإنتاجية أو فقدها بالكامل. إضافة إلى أن الأعشاب المائية التي عادة ما تنمو في القنوات الترابية تقود إلى نفس النتيجة السابقة إذا تكاثرت وسدت مجاري القنوات المائية. وقد شهدت العديد من المشاريع بالدول العربية توقف الري بها تماماً وهجرها أو تقليص المساحة المروية بها بسبب تدني كفاءة نقل وتوزيع المياه. إن أساليب تطوير كفاءة النقل والتوزيع قد تشمل ما يلي:

- العمل على تبطين الأقنية المائية بالأسمنت أو بالطين أو بأي مواد عازلة أخرى مما يقلل من الاطماء ونمو الأعشاب.
- استخدام الأنابيب البلاستيكية في نقل وتوزيع المياه تحد من مشكلة الطمي والأعشاب، حيث أن السرعة العالية في الأنابيب لا تسمح بالأطماء، بالإضافة إلى انعدام مقومات نمو الاعشاب داخل الأنابيب. وقد يعيب استخدام هذا الأسلوب ارتفاع تكلفته الانشائية مع قلة تكلفة صيانته مقارنة بالقنوات المفتوحة.
- تقوية الجسور باستخدام آليات لدك وضغط هذه الجسور (Compaction) ، ويستخدم هذا الأسلوب في المغرب العربي وخاصة في موريتانيا رغم ضعف المساحات المروية بها، وقد أثبت مقدرة على تقليل كمية المياه المتسربة من الجسور، وهناك العديد من الآليات بأحجام مختلفة للقيام بهذه المهمة.
- استخدام الأساليب العلمية لمكافحة الأعشاب بالقنوات وتشمل الأساليب الميكانيكية، فهناك الآليات الخاصة لإزالة الأعشاب المائية من القنوات بسهولة كبيرة، وهناك الأساليب الكيميائية باستخدام مواد كيميائية للتخلص من الأعشاب وهذا الأسلوب يشوبه الكثير من المحاذير بسبب المشاكل البيئية التي يصطحبها، وهناك الوسائل البيولوجية والتي تعتمد على تربية أنواع خاصة من الأسماك على القنوات تكون قادرة على التهام الأعشاب وتتغذى بها وهذا بالطبع فائدة إضافية تتمثل في الأسماك التي يمكن صيدها ولكن لابد من العمل على مراقبة ذلك الأسلوب بحذر والحيلولة دون تكاثر الأسماك فوق طاقة القنوات.

٢. تحسين التحكم في قنوات قفل وتوزيع المياه: إن عملية التحكم في القنوات تشمل جانبين أساسيين هما؛ التحكم في مناسيب المياه بالقنوات والتحكم في التدفق داخل القنوات. وعليه فان التحكم في مناسيب المياه بالقنوات يتطلب أولاً تطوير أساليب رصد هذه المناسيب ونقل المعلومة بأسرع فرصة لمركز التحكم. وتعتمد الأساليب المتبعة على القراءة اليومية بواسطة خفراء القنوات ونقل المعلومة للمركز بأساليب تقليدية أفضلها التلفون إن وجد، وهناك أساليب رصد للمناسيب من البعد وإرسال المعلومة للمركز بواسطة أجهزة لاسلكية تقوم بتسجيل المعلومة

وإرسالها للمركز فوراً وهناك أساليب أكثر تطوراً باستخدام الأقمار الصناعية لنقل المعلومة للمركز مما يساعد كثيراً على التحكم في القنوات.

٣. أما أساليب التحكم في التدفق التقليدي فهي تعتمد على مناسيب المياه خلف نقاط التحكم أي أنها تعتمد على الوارد من المياه (على العرض)، أما الأساليب الحديثة والتي طورت في فرنسا فهي تعتمد على التحكم من خلال مناسيب الأمام أي عن طريق الطلب وهى منظمات جيدة ومتطورة تعمل اتوماتيكياً وتقوم بتنظيم التدفق للأمام حسب الطلب، وهذا يعني تمرير كميات المياه المطلوبة دون زيادة أو نقصان. إن التطور المتسارع لأجهزة الكمبيوتر قد فتح الباب واسعاً لائتمة أجهزة الري المختلفة. فأول مميزات الحاسوب هو إمكانية حساب الاحتياجات المائية مقدماً بدقة شديدة وعمل برامج متكاملة لجدولة الري وتشغيل المعدات للإيفاء بهذه الجدولة وتأكيد التدفقات المطلوبة والمحافظة على مناسيب المياه المحددة وهذا يمكن تطبيقه في القنوات المفتوحة وشبكات الأنابيب، كما أنه باستخدام هذه الأجهزة الحاسبة يمكن تحديد طريقة التشغيل الملائمة لمأخذ القنوات في فترة زمنية قصيرة للغاية، ويمكن اختيار الطريقة الملائمة حسب أهمية القناة واقتصاديات المشروع. إن إدخال الأتمتة في شبكات الري السطحي التقليدية القائمة عن طريق التحكم في المناسيب أمام المنشآت قد لا يكون سهلاً في كثير من الأحوال نسبة لضخامة الإنشاءات الهندسية الإضافية اللازمة لذلك وخاصة في جسور القنوات وضرورة رفع مناسيبها بالإضافة إلى أن انحدار القنوات قد لا يناسب تطبيق هذه التقانة، كما أن رفع المناسيب قد يتعارض مع بعض المنشآت الأخرى على القناة.

٤. الأتمتة في المضخات: تعتمد كثير من مشاريع الري السطحي في الدول العربية على رفع المياه من المصادر آبارا كانت أو أنهاراً على المضخات، وتعتبر أتمتة المضخات من أهم وسائل تطوير هذه المشاريع. ففي حالة وجود آبار جوفية مرتبط بعضها ببعض فيمكن بسهولة التحكم في الضخ المشترك بإيقاف البعض عندما تقل الحاجة وتشغيل العدد المناسب عند ارتفاع الطلب، وهذا يتم حسب حالة الخزان المائي وسعة كل مضخة. إن أتمتة شبكة الري في الآبار الجوفية تساعد كثيراً على الاستغلال الأمثل لهذه الموارد المائية وتؤدي إلى تخفيض كبير في استخدامات الطاقة لتوفير كمية المياه المطلوبة. تجدر الإشارة إلى أن الأوضاع التشغيلية التي تتعرض لها أجهزة التحكم الكهربائية الميكانيكية للمضخات قد تواجه بعض المشاكل بسبب الإيقاف والتشغيل المتكرر خاصة في فترة أقصى الاحتياجات المائية للنبات أو في حالة هطول أمطار غير متوقعة، ولذلك لابد من تصميم هذه الأجهزة لاحتمال هذه الأوضاع التشغيلية الصعبة.

٥. تحسين وسائل الري الحقلي: تمثل فواقد الري الحقلي أو ما يسمى أيضاً بفواقد الإضافة الجزء الأكبر من فواقد الري السطحي حيث تقدر كفاءة الإضافة في الري السطحي بالدول العربية حوالي ٤٠-٥٠% وتبلغ حوالي ٦٠% من جملة الفواقد الكلية للري السطحي، وهى تعتبر بذلك أضعف نقطة في حلقة الري السطحي وتحتاج لمجهودات كبيرة لتقليل هذه الفواقد. يعتمد الري السطحي التقليدي على الغمر الكلي للأرض مما يؤدي إلى ارتفاع الفواقد المائية. لذلك من الأساليب لتحسين أسلوب الري السطحي هو برمجة الري بحيث يتم الري على دفعات صغيرة وفترات قصيرة مما يساعد كثيراً على تقليل الفواقد من التبخر من سطح الماء والتسرب إلى أعماق تحت منطقة

الجذور. من الأساليب الجديدة استخدام التدفق المتقطع وهى عدم إرسال الماء دفعة واحدة ولكن على دفعات وهو شبيه بالأسلوب السابق ولكن يختلف في أنه ري مستمر. وقد قدرت كفاءة هذا الأسلوب بحوالي ٧٥% مقارنة مع ٥٠% للأسلوب التقليدي، ومن الأساليب الحديثة المتطورة في الري السطحي استخدام الري على مسارات Border Irrigation ، وهذه الطريقة تتطلب التحكم في تسوية الأرض حتى لا تنساب المياه بسرعة وتتراكم في نهاية المسار بل يجب أن تسير بسرعة مناسبة تمكن من تغلغل المياه في الأرض بنسبة معقولة على طول المسار من بدايته حتى نهايته مع أقل الفواقد.

٦. استخدام الاتصالات الحديثة: يساعد كثيراً استخدام الاتصالات لإيصال المتطلبات المائية في رفع كفاءة استخدام المياه، فمن خلال شبكة الاتصالات يمكن ايصال طلبات المياه من الأجزاء المختلفة من المشروع إلى التحكم دون أخطاء بشرية وتوفير المعلومة الصحيحة في الوقت المناسب.

٢. المجال الإداري والمؤسسي

قادت التجربة العربية في إدارة المياه تحت ظروف الندرة والجفاف معاً إلى استنباط أسس ومبادئ قابلة للتطبيق بشكل واسع نظراً لوجود أكثر من 40% من اليابسة مناطق جافة وشبه جافة. ومن أهم هذه الأسس المستنبطة مفهوم الإدارة المتكاملة للموارد المائية الذي يجمع بين المنظور الهندسي للمشكلة المائية والمنظور الاجتماعي لها (النظم الاجتماعية والبيئية) والذي يعبر عن النهج التكاملي في التخطيط وإدارة الموارد المائية المتاحة ولقي قبولاً واسعاً في المؤسسات المائية في الوطن العربي.

تطور مفهوم إدارة الموارد المائية خلال العقود الماضية من الأعمال والتدابير التي تحقق بمجموعها الاستخدام الأمثل للموارد المائية المتاحة إلى الارتباط العضوي بين السياسة المائية والتخطيط والإدارة، وترشيد استخدامات المياه والجوانب البيئية ومكافحة التلوث، مع الأخذ بعين الاعتبارالجوانب الإقتصادية والإجتماعية. واقترح العاملون في الإدارة المتكاملة للموارد المائية في ضوء التجارب الوطنية للعديد من مناطق العالم عدداً من الأساليب والمناهج تختلف باختلاف الدول ومجتمعاتها، وتبلورت هذه المناهج كالتالي:

أ- المنهج الشمولي Holistic approach

يقوم هذا المنهج على تقييم وتنمية وإدارة الموارد المائية السنوية ووضع السياسات المائية القطاعية في إطار السياسة الوطنية للتنمية الاجتماعية والاقتصادية الشاملة نظراً لمحدودية الموارد المائية وحساسية الأوساط المائية. ويلاحظ هنا أنه على الرغم من تولد القناعة لدى المسؤولين عن القطاعات التنموية بضرورة تطبيق هذا المنهج إلاّ أن إدارة هذه القطاعات غالباً ما يتم بصورة مستقلة مما أدى إلى تدنّي كفاءة استثمار الموارد المتاحة وتدهور الوضع المائي وخاصة في الأحواض المائية الجوفية.

ب- المنهج التشاركي Participatory approach

يقوم هذا المنهج على التفاعل السليم بين واضعي السياسات المائية وعامة السكان المستفيدين من هذه السياسات وذلك بإشراك المستفيدين من المشروعات المائية في كل من عمليات تخطيط وتنفيذ هذه المشروعات. وهذا لايتم عادة إلاّ بتطوير الوضع المؤسسي والتشريعي من جهة، وبتنظيم المستفيدين أنفسهم في جمعيات أو اتحادات تعبر عن مصالحهم ورغباتهم من جهة أخرى.

ج- المنهج الاقتصادي Economic approach

ينادي الكثيرون من العاملين في مجالات التنمية الاقتصادية والاجتماعية بالتعامل مع الماء على أنه "سلعة اقتصادية" وبالتالي يجب استخدام المبادئ الاقتصادية لحل المشكلات المائية كونها تسهم بشكل فعال في رفع كفاءة استخدامات المياه وتقليل الهدر. وعلى الرغم من صعوبة تحديد قيمة المياه في الدورة الهيدرولوجية على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية إلاّ أنه من الضروري أيضاً معاملته الآن كالنفط "عديم القيمة وهو في باطن الأرض وذي القيمة الكبيرة فوقها "، أي يترتب على إنتاج الماء وتحويله من مورد إلى إمدادات تكلفة إضافية في التخزين والتوزيع والمعالجة والصيانة والتشغيل.

٣. المجال القانوني والتشريعي والسياسات

إن الأسلوب المباشر لتنظيم استعمال المياه بهدف رفع كفاءة استخدامها هو التقنين حيث يمكن أن يحقق التخصيص أو ترشيد توصيل المياه أثراً إيجابياً، ويمكن أن تؤدي هذه التدابير إلى زيادة العائد من موارد المياه. وتمثل الرقابة المباشرة على الأنماط المحصولية خياراً آخر يمكن أن يخفض استهلاك المياه على مستوى المزرعة، غير أن تقنين الأنماط المحصولية قد يقيد قدرة المزارع على الاستجابة لقوى السوق ومن ثم تنجم عنه آثار سلبية في صافي دخل المزرعة وفي القيمة المضافة الزراعية. وتنظيم استغلال المياه الجوفية شائع ولكنه كثيراً ما يمثل مشكلة عسيرة، إذ أن السحب من دون ضابط من مستودعات المياه الجوفية ليس نادراً في بلدان المنطقة، ولا تتوفر القدرات الإدارية للمراقبة السليمة بالقدر الكافي.

كذلك تلعب الضوابط الاقتصادية وبخاصة السياسات السعرية المائية دوراً فاعلاً في مجالات ترشيد استخدامات المياه، والواقع أنه إذا لم تتخذ مثل هذه الضوابط في الوطن العربي فلن تعطي الوسائل التقنية أية نتائج مرجوة. لذلك لا بد من تحديد هيكل تعرفة المياه، القائم على معرفة تكاليف إنتاج وتوزيع المياه من جهة، والظروف الاقتصادية والاجتماعية لمستهلكي المياه من جهة ثانية.

١. تكلفة إتاحة المياه

ينبغي أن يكون التدخل بالوسائل المالية وفقاً لمبدأين مقبولين هما؛ مبدأ دفع ثمن الاستعمال ومبدأ تغريم المتسبب في التلوث. وينظر إلى هذين المبدأين على أنهما عادلان وأنهما يؤديان في أكثر الأحيان إلى استعمال كفء للمياه.

هناك مناهج كثيرة لوضع هيكل لوسائل التدخل المالية يؤيد أحدها فكرة أن يكون التمويل الكامل لكلفة توريد المياه على حساب المستعملين، بينما يحبذ نهج آخر التسعير بمستويات تكافؤ الكلفة الحدية للمياه. تهدف معظم الحكومات إلى فرض رسوم على استعمال المياه من شأنها أن تغطي تكاليف صيانة وتشغيل المرافق الحضرية، وفي

حالات كثيرة أيضاً جزءاً من التكاليف الرأسمالية. وعادة ما تكون رسوم المياه، في الواقع العملي، أدنى من المستويات اللازمة لاستعادة التكاليف المالية. وتعزف كثيراً من الحكومات عن قبول مبدأ استعادة كلفة مياه الري وتعمد إلى إبقاء رسوم مياه الري أدنى من مستويات استعادة الكلفة الكاملة كتعويض من انخفاض دخول المزارعين المقيدة بهدف إبقاء أسعار الأغذية منخفضة في السوق والمحافظة على فرص العمل الزراعية والحد من الهجرة المكلفة من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية. غير أن "الري المجاني" يعطي المزارع "إشارة خاطئة" وبالتالي ينبغي أن تكون زيادة رسوم مياه الري عنصراً مهماً لرفع كفاءة استخدام مياه الري. وأي زيادة ذات شأن في رسوم المياه ستؤدي إلى وفورات في استعمال المياه عن طريق تشجيع المزارعين بإقامة نظم ري تحقق وفراً في المياه، وتكييف أنماطهم المحصولية بحيث تحقق صافي عائدات أمثل.

هناك مفاهيم عديدة لتحديد أفضل السبل لتحديد رسوم المياه وأحد المناهج المتداولة هي تسعير المياه بحيث تغطي كلفة التشغيل والصيانة لتوصيل المياه إلى المستعمل. وثمة نهج ثان يشمل جزءاً من الاستثمارات الرأسمالية أيضاً، كما أن هناك نهجاً ثالثاً يتمثل بتسعير المياه بكلفتها الفعلية أو بكلفة الفرصة البديلة. وثمة رأي آخر ولاسيما في ضوء ارتفاع تكاليف الوحدة الإضافية من المياه يتمثل بتسعيرها بكلفتها الحدية الطويلة الأجل التي تشمل بحكم تعريفها تكاليف الضرر البيئي أو إستنفاذ الموارد في الأجل الطويل.

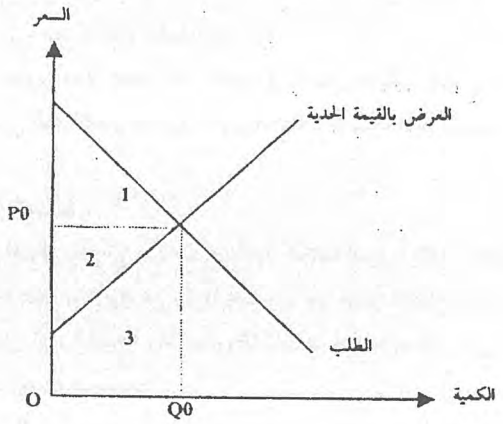
ويمكن أن تراعي أهداف سياسة التسعير واحداً أو أكثر من الاعتبارات التالية:

* كفاءة توزيع الموارد المائية ما بين شتى قطاعات الاقتصاد.
* قدرة المستهلكين على الدفع ولاسيما الفقراء.
* أهداف التنمية القطرية وقضايا الامن الغذائي.
* مراعاة الاعتبارات السياسية لمنطقة خاصة والقضايا الاجتماعية.

ويشمل تسعير المياه كلفة التشغيل والصيانة والتكاليف الرأسمالية وكلفة استنفاد الموارد والضرر البيئي. وهذا يعني تقويم ثمن المياه بسعرها الكفء اجتماعياً. وبموجب آلية تسعير كهذه، فإنه إذا زاد الطلب (بسبب تغير أنماط الاستهلاك أو زيادة عدد السكان كما هو الحال في كثير من البلدان العربية) فإن تكاليف التوريد سوف تزداد. ويعني هذا عملياً وضع هيكل تسعير يختلف باختلاف المستهلكين وأوقات التوريد (فترات الذروة مقابل فترات انخفاض الاستهلاك) ونوعية المياه المقدمة والمناطق الجغرافية. وعندما توضع الأسعار وفقاً للكلفة الحدية الطويلة الأجل في ظروف تزداد فيها تكاليف إنتاج الوحدة الإضافية من المياه، كما هو الحال في كثير من البلدان العربية، فقد يتحقق فائض ويمكن تحويل هذا الفائض لإعانة المجموعات الخاصة مثل الفقراء وسكان المناطق المتخلفة إنمائياً.

في كثير من بلدان المنطقة العربية يجري استنزاف موارد المياه الجوفية بمعدل كبير، ويمكن للحكومات من أجل منع الاستنزاف المستمر أن تلجأ إلى تدابير من قبيل فرض الضرائب أو تخصيص حقوق المياه أو ضبط توريدها. وترسل السياسات التي تقلل من قيمة المورد الطبيعي إشارات اقتصادية خاطئة إلى المزارعين من زاوية الدخل الكبير الذي يخسره المجتمع. ويقدم الشكل رقم (1) مثالاً يبين كلفة الإفراط في الضخ في حالة " الوصول الحر إلى المورد " حيث

يمثل منحنى الطلب استعداد المزارعين للدفع مقابل الوحدة الإضافية من المياه. ويتيح معدل التغذية الطبيعية حداً أقصى من " العرض " مقداره XI. وتمثل OD الكلفة الأولية للحصول على وحدة من المياه عن طريق الضخ. وبهذا السعر، في حالة عدم وجود ضبط للاستعمال، ستضخ X2 وحدة من المياه. ومع ضخ المياه بأكثر من المستوى المستديم وهو X1 (الضخ أكبر من التغذية) يبدأ مستوى المياه في الحوض في الهبوط (كما هو الحال في كثير من بلدان المنطقة) مما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف ضخ الكمية نفسها من المياه.



لشكل رقم (1): كمية المياه المستمدة من الموارد الجوفية لكل وحدة زمنية

وفي ظل التوازن الجديد تضخ مياه أقل (X1) بكلفة أكبر، حيث يدفع المزارعون سعراً لايأخذ في الحسبان كلفة المستعمل (أو كلفة استعمال المياه على مر الأجيال). ويتمتع المستعمل بفترة أولية من الفوائد الإضافية التي تتحقق من الحصول على X2 من المياه، كما هو مبين بالشكل (المنطقة الفاتحة اللون)، ولكن هذه الحالة لاتستمر لأنها تؤدي إلى كلفة إضافية كما هو مبين بالمساحة المنقطة الغامقة اللون. ومن الناحية الاقتصادية سيكون الخصم الذي يحدث في تحقيق الفوائد في الفترة المبكرة أقل من الخصم في الكلفة نتيجة إتباع سياسة الوصول الحر إلى المياه.

ويمكن إنجاز الحل الأقل كلفة المستديم عن طريق فرض رسم مماثل للمقدار AD في الشكل المذكور على كل وحدة من المياه تستمد من المياه الجوفية أو إنشاء سوق لحقوق سحب المياه حتى المستويات المستديمة X1. وفي كثير من البلدان يجعل الوصول الحر إلى المياه الجوفية الضخ غير اقتصادي ويؤدي إلى تفاقم مشكلة تدهور الموارد المائية وفي حالات كثيرة إلى التصحر.

غالباً ما ينظر الاقتصاديون إلى زيادة رسوم المياه كأحد الخيارات المطروحة لتقنين المياه المستخدمة في الزراعة ولرفع كفاءة استخدامها. وتتوقف قدرة المزارعين على دفع الرسوم الإضافية على المياه وفقاً لدخولهم الصافية. والواقع أن عملية زيادة الرسوم على المياه يجب أن تقرن دائماً بحجم الضرائب التي تضعها الدولة على المحاصيل الزراعية (خاصة التصديرية منها) سواء أكانت مباشرة أو غير مباشرة. ففي حالة كبر حجم هذه الضرائب لابدّ للمزارعين

واتحاداتهم من مقاومة أية رسوم إضافية على المياه نظراً لأن هذه الزيادات ستضر بمعدلات التبادل التجاري القطاعية في غير صالح القطاع الزراعي وتؤدي إلى انخفاض رغبة وقدرة المزارع في المحافظة على الموارد المائية.

من جهة أخرى ترتبط أيضاً رسوم المياه كلياً بكل من تكاليف التشغيل والصيانة. إن سوء صيانة شبكة الري يؤدي إلى العديد من الثغرات التي تقود في النهاية إلى انقطاع المياه وبالتالي إلى انخفاض في غلة المحاصيل والإضرار بالمساحات المزروعة وإلى التحول لزراعة المحاصيل المنخفضة القيمة، وإلى تقليص الاستثمارات الزراعية. يجب أن تراعي الزيادات في رسوم المياه مستقبلاً النقاط التالية:

- تصحيح الأسعار مطلوب بهدف القضاء على التدخل في الأسعار بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.
- رفـــع الأسعار فـــي المدى القصير لجمـــع الأموال اللازمة لبناء شبكة الري وصيانتها بكفاءة.

٢. التشريع والقضايا المؤسسية

تعتبر التشريعات من أهم الوسائل التي تستخدمها الإدارة المتكاملة للموارد المائية كونها تقود إلى حماية الموارد المائية لأنها أملاك عامة. وما يتمتع به الأفراد من حقوق بخصوصها هو حـــق الانتفاع بالمياه وذلك في ضوء الرخص التي تمنحها الدولة لاستثمار المياه السطحية والجوفية ووفقاً لشروط تحمي هذه الموارد من التلوث والاستنزاف وتجنب اختلاط مياه الطبقات المتباينة النوعيات.

وتدرك البلدان العربية أهمية التشريعات في حماية الموارد المائية السطحية والجوفية من التلوث، فأخذت تسن القوانين الخاصة بحماية نوعية المياه وحماية البيئة وبخاصة المياه الجوفية على رغم الصعوبات التي تواجهها السلطة المسؤولة عن إدارة الموارد المائية المتعلقة بهذه المياه من جراء التكثيف الزراعي في المناطق المروية وانتقال جزء مهم من المغذيات والملوثات إلى الطبقات الحرة.

وفي ضوء ظروف ازدياد ندرة المياه وزيادة التكاليف الحدية لإمدادات المياه يتعين تحسين وتعزيز الوظائف التنظيمية التي تضطلع بها الحكومة في قطاع المياه. ولا غنى عن إصلاح إدارة الحكومة لقطاع المياه باعتبار أن تحسين الكفاءة هو الهدف الأسمى. وسيكون لهذا الإصلاح تأثير في الوضع المؤسسي لموارد المياه وسيكفل تعريفاً أوضح لدور القطاع الخاص. ويمكن توقع أن تكتسب إعادة توزيع موارد المياه أهمية متعاظمة خاصة في البلدان الفقيرة بالمياه ذات الدخل المتوسط والدخل المنخفض. وستتطلب هذه العوامل وغيرها من العوامل الملحة إصلاحات مؤسسية وتشريعية لمعالجة الجوانب التنظيمية وغيرها من الوظائف التي ستظهر نتيجة للأوضاع الجديدة لموارد المياه.

٤. المجال الاجتماعي والإرشادي والتوعية

ما زالت المشاكل ذات الطبيعة الاجتماعية تؤثر في أساليب الري وكفاءة استخدام الماء في بعض البلدان العربية، من حيث تعوّد المزارعين على نمط ري معين وصعوبة تركه، مثل استعمال الري بالغمر غير المقيد أو بالخطوط الترابية غير المنتظمة، مما ينتج عنه فقد كميات كبيرة من مياه الري.

وما تزال الأقسام المتخصصة "بالإرشاد المائي" للمزارعين شبه غائبة في العديد من البلدان العربية وبالتالي يبقى المزارع من دون الإرشاد الكافي والفعال لتحسين طرق الري داخل المزرعة. أما في مجال " توعية الجمهور " تشجع الأطر التي

تستهدف مشاركة الحائزين في صنع القرارات على تحقيق الشفافية والمحاسبة، ويمكن أن تكفل تأييد والتزام الجمهور بسياسات وبرامج المياه. ويمكن أن تؤدي المناشدات الموجهة لتوعية الجمهور من خلال برامج التعليم العامة والمبادرات المماثلة إلى تغييرات مهمة في السلوك البشري المتصل بحفظ المياه واستعمالها. وهذه الجهود في معظمها لاتكاد تكلف شيئاً بالمقارنة مع الاستثمارات في قطاع المياه وينبغي تشجيعها ودعمها في البلدان العربية.

النتائج والتوصيات

بناءاً على ما تقدم فإن أهم النتائج التي يمكن التوصل إليها تتمثل فيما يلي:

- هنالك ضرورات اقتصادية واجتماعية وتنموية وبيئية عاجلة لتطوير وتحسين الري السطحي في الدول العربية.
- عند دراسة وتخطيط وتنفيذ مشاريع الري الجديدة يجب الأخذ بعين الاعتبار استخدام أساليب الري الحديثة والحد من التوسع في مشاريع الري السطحي التقليدية.
- على كل دولة عربية وضع استراتيجية متكاملة واضحة المعالم قابلة للتطبيق لقطاعي الري والصرف لتكون نواة لاستراتيجية عربية شاملة.
- من المفيد أن تتضمن السياسات المائية والري السطحي في الدول بنوداً تنص على التعاون الوثيق بين الأقطار العربية ونقل الخبرات والتي من شأنها زيادة كفاءة إدارة الري والصرف.
- العمل على تخصيص المياه في الزراعة حسب الاحتياجات الفعلية العلمية للمحاصيل وفقاً للمناخ والمساحة المروية وخواص التربة.
- العمل على تقديم خدمات ارشادية حول الري السطحي بدءاً من مصادر المياه وانتهاءً بجذور النبات.

المراجع

١. الأشـــرم، محمود،٢٠٠١، اقتصاديات المياه في الوطـــن العربي والعالم.مركز دراسات الوحدة العربية، بـــيروت، آب /أغسطس ٢٠٠١.

٢. المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة السياسات العامة لاستخدام موارد المياه في الزراعة، ١٩٩٤.

٣. المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة تعزيز دور تنظيمات مستخدمي المياه في الزراعة العربيةز ١٩٩٩.

٤. المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة أساليب وسياسات استرداد تكلفة إتاحة مياه الري في الـــدول العربيـــةز ١٩٩٩.

٥. المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة تعزيز استخدام الري الآلي لتحسين كفاءة الري الحقلي في الدول العربية. ٢٠٠١.

٦. المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة سبل تطوير الري والصرف في الدول العربية. ٢٠٠٢

٧. عمر العوض – موقف تطوير الري السطحي والصرف في السودان.

٨. المويلحي، نبيل، ٢٠٠٢، موقف تطوير الري السطحي والصرف في جمهورية مصر العربية.

٩. البعثة الإقليمية للماء والزراعة 2000, MREA , السفارة الفرنسية في الأردن، عمان، أهمية المياه المستخدمة للزراعة في الشرق الأوسط. جهود للمساعدة التقنية الفرنسية في المنطقة، مجلة أخبار علمية، آب ٢٠٠٠.

١٠. سدر، نايف سعد، ٢٠٠٢، دراسة حول تطور الري السطحي والصرف الجوفي في المملكة الأردنية الهاشمية.

١١. مومن، محمد، ٢٠٠٢، تطوير الري السطحي والصرف في المملكة المغربية.

١٢. أسعد الكنج، ١٩٩٦، الصرف والاستصلاح الزراعي.

١٣. محمد حسن عامر، ١٩٩٦، تاريخ الصرف الزراعي في مصر.

14. FAO, 1995, "Irrigation in Africa in Figures". Water Reports (7), Rome (1995).

15 .MARTIN Gilles, 1997, « Irrigation Tensiométrique (Jordanie) ». Rev. Nouvelles Scientifiques (CEDUST), Jullit 1997.

تقييم نمو شجيرات الاتربليكس في منطقة شبه جافة باستخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار

د. امحمد عبدالله الرازقي، م. مفتاح الرابطي، م. حسين طالب، م. سليمان أبوالخير

تقييم نمو شجيرات الاتربليكس (ATRIPLEX) في منطقة شبه جافة باستخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار

د. امحمد عبد الله الرزاقي[1]، م. مفتاح الرابطي[2]، م. حسين طالب[3]، م. سليمان أبوالخير[4]

١ – رئيس قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة الجبل الغربي

غريان – ليبيا m_razzaghi@yahoo.co.uk

٢، ٣، ٤ – باحثين بمركز البحوث الزراعية – طرابلس – ليبيا

الملخص

تم تقييم نمو شجيرات الاتربليكس (Atriplex) الرعوية في منطقة شبه جافة في الجزء الغربي من ليبيا باستخدام تجربة لحصاد مياه الأمطار. استخدم في هذه التجربة تقنيتين من تقنيات حصاد مياه الأمطار (الخطوط الكنتورية والأحواض المعينية (Contour ridges and Negarim basin) ، حيث تم قياس وتقييم ارتفاع الشجيرة ومحيط وطول تاجها ودرجة نضجها كمعايير لقياس كفاءة نظام حصاد مياه الأمطار في المناطق شبه الجافة. تم استخدام ثلاث مساحات تجميع (١٠,٢ ، ١٢,٥، ١٥,٥ متر مربع) لكل تقنية بثلاثة مكررات لكل منهما. تم حساب مساحة التجميع بناءا على الاحتياجات المائية للنبات ومساحة منطقة الجذور ومعامل الجريان السطحي والمتوسط السنوي لهطول الأمطار بالمنطقة. وجد أن نسبة المنطقة المزروعة إلى منطقة التجميع 15:1 وقد تم تقييم نمو شجيرات الاتربليكس لسنتين متتاليتين. أعطت كل من تقنية الخطوط الكنتورية وتقنية الأحواض المعينية نتائج أفضل مقارنة بنمو الشجيرات التي تم غرسها خارج أنظمة حصاد المياه (نباتات مراقبة). الكفاءة الكلية للتقنيات تختلف من تقنية لأخرى ومن مساحة تجميع إلى أخرى. ثبت أن تقنية الخطوط الكنتورية ومساحة التجميع الأكبر لهما تأثير قوى على نمو الشجيرات.

مقدمة

مع اكتشاف النفط في ليبيا خلال النصف الأخير من القرن الماضي وما رافق ذلك من ارتفاع في مستوى المعيشة وزيادة في عدد السكان والتوسع في الإنتاج الزراعي والصناعي تعرضت الموارد المائية المتوفرة بالبلد للاستنزاف والتلوث. غير أن قلة هذه الموارد وتعرضها للاستنزاف والتلوث وعدم قدرتها على التجدد حسب الاحتياجات قد حد كثيرا" من هذا التوسع بل وفرض اتخاذ إجراءات عكسية تحت على التقليل من معدلات استهلاك المياه والمحافظة على المتوفر منها لأجيال المستقبل واستمرارية التنمية وتواصلها. ولقد فرضت هذه الأزمة البحث عن كافة المصادر المائية التقليدية وغير التقليدية ومحاولة تطويعها لتحقيق أهداف التنمية. ومن بين هذه المصادر نقل وإعادة توزيع المياه الجوفية بين الجنوب والشمال وإزالة ملوحة مياه البحر ومعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استعمالها. ونظرا لارتفاع تكلفة تنمية وتطوير مثل هذه الموارد وعدم استمراريتها، فتم الاتجاه إلى إعطاء المزيد من الاهتمام إلى المورد القديم الدائم والمتجدد المتمثل في مياه الأمطار والرجوع إليه وتطويره وتنمية تقنيات استثماره في ضوء البحوث المائية والزراعية الحديثة. ونقصد بذلك الاستثمار فهم الدورة المائية في المناطق المطرية وتسخيرها لتوفير جزء من الاحتياجات البشرية والحيوانية ودعم الزراعات البعليه. ولإعطاء فكرة عامة عن أهمية هذا المورد تكفى الإشارة إلى أن كمية الأمطار التي تسقط على ليبيا تبلغ ٤٤٩ مليار متر مكعب لا يستفاد منها إلا بنسبة ضيئلة حيث يتعرض معظمها للبخر والتسرب والجريان السطحي إلى البحر. وتقدر كمية الجريان السطحي بحوالي ٢٥٧ مليون متر مكعب في السنة يتم حجز حوالي ٦٠ مليون متر مكعب خلف مجموعة من السدود يبلغ عددها ١٦ سدا بسعة تخزينية إجمالية تصل إلى ٣٨٥ مليون متر مكعب. ولقد حاولت المؤسسات المائية والزراعية تنمية هذا المورد منذ السبعينات وربطه ببرامج تنمية الموارد الطبيعية الأخرى والمحافظة عليها كالتربة والغطاء النباتي والأحياء البرية والتنمية الريفية وذلك من خلال تشجير المساكب المائية وتصطيبها وإقامة السدود التعويقية والتخزينية.

الزراعة التي تغذيها الأمطار والتي تساهم في إنتاج الحبوب والزيوت تتركز في الجبل الغربي في الغرب والجبل الأخضر في الشرق وفي الأودية ذات التربة العميقة والمساحات ذات التراكيز من ماء المطر الجاري فوق سطح الأرض. تقليديا، هناك العديد من تقنيات حصاد مياه الأمطار مثل الخطوط الكنتورية والسدود الشبه دائرية التي تستخدم في زراعة أشجار الزيتون والتين واللوز.

البنية التحتية القائمة لتقنيات حصاد مياه الأمطار ساءت في الماضي بسبب انعدام الصيانة وأصبحت تشكل خيارا ثانويا وتم تجاهلها حتى الماضي القريب حيث اتخذت خطوات جادة من أجل تحسين هذا النظام باستخدام أحدث التقنيات والتطورات في هذا المجال [1,2]. وكنتيجة لذلك قام مركز البحوث الزراعية (ARC) بالتعاون مع المركز الدولي للبحوث الزراعية بالمناطق الجافة [3] (ICARDA) بإجراء تجربة من أجل اختبار الطريقة الملائمة والأكثر جدوى لحصاد مياه الأمطار والتي تلائم بيئة البلد. تهدف التجربة إلى اختيار وتقييم تقنيتين تستخدم في حصاد مياه الأمطار من أجل تحسين الإنتاج الحيوي في بيئة زراعية–مناخية وجيوفيزيائية معينة والتي تسود بشكل كبير في المناطق الشمالية الغربية من ليبيا.

موقع التجربة

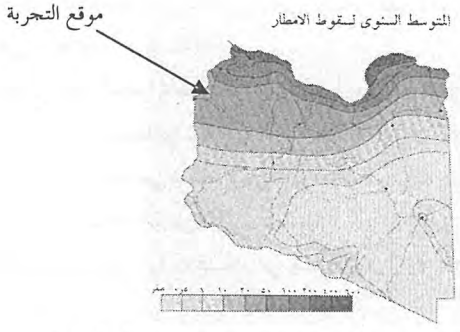
يقع موقع التجربة بمشروع مراعي غريان الواقع بمنطقة القضامة على بعد ٤٠ كيلومتر جنوب غرب مدينة غريان (خط الطول '6 13^{o} وخط العرض '55 31^{o}).

المناخ

تتميز المنطقة التي نفذت بها التجربة بمناخها الشبه صحراوي. البيانات المطرية للمحطات المجاورة تظهر أن المتوسط السنوي لهطول الأمطار بمنطقة التجربة يبلغ ١٤٤ مم والحد الأعلى والأدنى للمتوسط السنوي لدرجات الحرارة هو $23.3\ C^o$ و $13.3\ C^o$ درجة على التوالي. وقد تصل درجة الحرارة إلى ما يزيد عن $40\ C^o$ درجة مئوية في فصل الصيف وتهبط إلى ما دون الصفر في فصل الشتاء [4]. البيانات المناخيه الشهرية الموضحة بالجدول رقم (1) تظهر ارجحية زيادة هطول الأمطار خلال ديسمبر ويناير وفبراير وعليه لابد من حدوث اختزان للرطوبة. كمية الأمطار خلال شهر مارس قد توازي التبخر فقط. هذا التوازن يختل في شهر ابريل عندما يرجح ارتفاع نسبة التبخر مقارنة بسقوط الأمطار. من ناحية ثانية فان الرطوبة المتبقية قد تغطى جزءا من نقص الرطوبة. لا يوجد هطول للأمطار في مايو ويونيو وأغسطس وهى أشهر تشهد نقص عالي في الرطوبة حيث تعاني النباتات من تبخر منخفض جدا وبالتالي يكون نموها قليلا أو منعدما. هطول الأمطار في سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر قد يغطي النقص في الرطوبة جزئيا حتى يأتي وقت يزيد فيه مستوى هطول الأمطار عن مستوى التبخر. عليه، فان الأمطار تعتبر احد أكثر المعالم المناخية أهمية من أجل بقاء وتتابع التجمع الحيوي في منطقة ليس بها مصدر آخر من مصادر المياه العذبة. شكل رقم (1) يوضح خريطة مطرية للمنطقة وكذلك موقع التجربة.

جدول رقم (1) المتوسط الشهري للأمطار بمنطقة التجربة (القضامة)

السنة	الأمطار (مم)											
	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	المجموع
78/79 - 02/03	9.0	19.0	20.0	18.0	24.0	22.0	21.0	4.5	2.4	0.8	0.4	3.0	144.1



الشكل رقم (1) خريطة مطرية لليبيا وموضح عليها موقع التجربة

الطبوغرافية والتربة والغطاء النباتي

طبوغرافية المنطقة التي نفذت بها التجربة مدحرجة متموجة بتفاوت انحداري يتراوح من ٢ – ٢٠ %. الانحدار السائد في موقع التجربة حوالي ٥ %. المقطع الطولي لتربة الموقع يشير إلى أن التربة تتكون من طمي بسمك ٣٠ سم يقع في طبقة عميقة هشة من الحجر الجيري. لقد لوحظ أن جذور النباتات قد نفذت داخل هذه الطبقة. يمكن تصنيف تربة الموقع على أنها كلسية جافة صحراوية (Calcic Xerofluvents) . تسود منطقة التجربة بشكل عام فصائل الشيح (Artemisisa Herb Alba and Hamad Scoparium) وكذلك نبات الحلفاء (Stipa Tenacissima) بشكل متفرق.

تصميم التجربة

تهدف التجربة لإثبات فرق الإنتاج الحيوي الإجمالي باستخدام وبدون استخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار والتقييم الكمي لهذا الفرق بين حالة مرجعية وحالتين معالجتين. تم اختيار تقنيتي الخطوط الكنتورية (Contour Lines) والأحواض المعينية.(Nigarm) تم اختيار نبات الأتربليكس الاسترالي (Australian Atriplex) كنبات رعوي مما يتماشى وخصائص المنطقة المحيطة بموقع التجربة.

من خلال الاحتياجات المائية ومساحة الجذور لنبات الأتربليكس ومقدار الهطول مع افتراض أن الجريان السطحي بمنطقة التجربة 50% من الهطول، وجد أن النسبة بين المساحة المزروعة (CA) إلى مساحة التجميع (C) هي ١ : ١٥ . الجدول رقم (2) يوضح طريقة حساب هذه النسبة. تم اختيار ثلاث مكررات من أجل تقليل الخطأ التجريبي. والتكرارات التي تم اعتمادها كانت فيها النسب على النحو التالي: 1 : 1, 12 : 1, 15 : 18.75 . معايير التصميم للخطوط الكنتورية والأحواض المعنية موضحة بالجدول رقم (3) . التصميم الحقلي للتجربة موضح بالشكل رقم (2) .

- المتوسط السنوي للأمطار = ١٤٤ مم
- باعتبار أن متوسط قطر شجيرة الأتربليكس هو ١ متر فتكون مساحة الظل والتي تمثل مساحة انتشار الجذور الفعالة = ٠,٧٨٥ م^{٢}
- الاحتياجات المائية لشجيرة الأتربليكس بالمناطق الشبيه بمنطقة التجربة والتي يمكن امتصاصها من منطقة الجذور هي 0.985 م^{٣} في السنة [5].
- كمية المياه التي يمكن تجميعها بمنطقة الجذور من الهطول مباشرة = 0.785 x 0.144 = 0.113 م^{٣} / سنة
- كمية المياه التي يجب تجميعها بواسطة تقنية حصاد مياه الأمطار = 0.985 x 0.113 = 0.845 م^{٣} / سنة
- بما أن معامل الجريان السطحي بمنطقة التجربة غير متوفر فتم فرضه على أساس ٠,٥ ، طريقة (Cook and) تدعم هذا الفرض [6] .
- مساحة التجميع التي يجب توفرها لنتمكن من تجميع ٠,٨٤٥ م٣ خلال موسم الهطول تم حسابها من العلاقة التالية:
- مساحة التجميع (C) = الاحتياجات المائية / (المتوسط السنوي للهطول معامل الجريان السطحي)

$$C = \frac{0.845}{0.144 \times 0.5} = 11.73\ m^2$$

- المساحة المزروعة (CA) + مساحة التجميع (C) = 11.736 + 0.785 = 12.521 م٢
- مساحة التجميع إلى المساحة المزروعة (C / CA) = ١ : 11.736 : 0.785 = 15 :

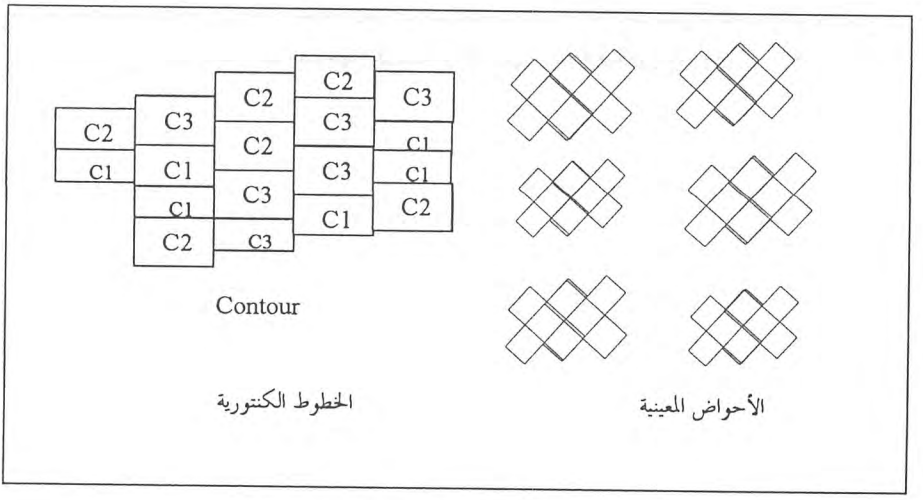
جدول رقم (2): يوضح خطوات حساب مساحة التجميع

جدول رقم (3): يوضح معايير التصميم للتقنيات المستخدمة في التجربة

C / CA	الخطوط الكنتورية			الأحواض المعنية		
	الرمز	المساحة الكلية م٢	المسافة بين الخطوط م	الرمز	مساحة الحوض م٢	أبعاد الحوض م x م
12 : 1	C1	10.2	6.8	N1	10.2	3.2 x 3.2
15 : 1	C2	12.5	8.4	N2	12.5	3.6 x 3.6
18.75 : 1	C3	15.5	10.4	N3	15.5	3.95 x 3.95

تنفيذ التجربة

بعد عمليتي التصميم والتخطيط قام أعضاء الفريق بتنفيذ التجربة بالموقع ونظرا لصغر مساحة الموقع وعدم انتظام ميلـه ووجود بعض المناطق ذات التربة الضحلة تم التصرف بتوزيع الخطوط الكنتورية بواقع خطين متوازين لكل معاملة بطول ١٥ متر لكل خط كما هو موضح بالشكل (2). تمت الزراعة بتاريخ 8 مارس 1998 باستخدام شتلات عمرها سـنة من الأتربليكس الاسترالي بواقع ٢٠ شجرة لكل خط كنتوري وشجيرة في كل حوض من الأحواض المعينية.



الشكل رقم (2)يوضح التصميم الحقلي للتجربة

جمع البيانات

هناك مقياس لتسجيل كميات الأمطار موجود بالقرب من موقع التجربة وهو المصدر الرئيسي لبيانات هطول الأمطـــار بالموقع بيانات هطول الأمطار خلال فترة التجربة (1998 - 2001) موضحة بالجدول رقم (4) .

جدول رقم (٤) المتوسط الشهري لهطول الأمطار بمنطقة التجربة (القضامة) خلال فترة الدراسة (٠١/٢٠٠٠-٨٩/١٩٩٧)

السنـــــة	الأمطار مم												
	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	السنوي
١٩٩٧/٩٨	٧٤,٥	٣٨,٠	٠,٠	٢٦,٥	٤٩,٠	١٣,٠	٥٤,٢	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٢٥٥,٥
١٩٩٨/٩٩	٠,٠	٠,٠	١٧,٥	١٧,٠	٢٦,٠	٦١,١	٢٤,١	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١٣,٥	١٥٩,٢
٩٩/٢٠٠٠	٨,٧	٠,٠	١٩,٨	٥٤,٠	١٦,٢	٧٥,٩	٠,٠	٠,٠	٦,٢	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١٨٠,٨
٢٠٠٠/٢٠٠١	٠,٠	٩٤,٠	٠,٠	٠,٠	١٦,٣	٨٠,٨	٠,٠	٦,٢	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١٩٧,٣
المتوسط الشهري	٢٠,٨	٣٣,٠	٩,٣	٢٤,٤	٢,٩	٥٧,٧	١٩,٦	١,٦	١,٦	٠,٠	٠,٠	٣,٤	١٩٨,٣

تم قياس نمو شجيرة الأتربليكس في كل مستجمع بنهاية الموسم 2001/2000 وشمل ذلك قياس ارتفاعها وقطر وارتفاع تاجها وحجم المجموع الخضري بها ونسبة نضوجها. البيانات التي تم جمعها موضحة بالجدول رقم (5).

الجدول رقم (٥) : يوضح خلاصة البيانات المجمعة من التجربة

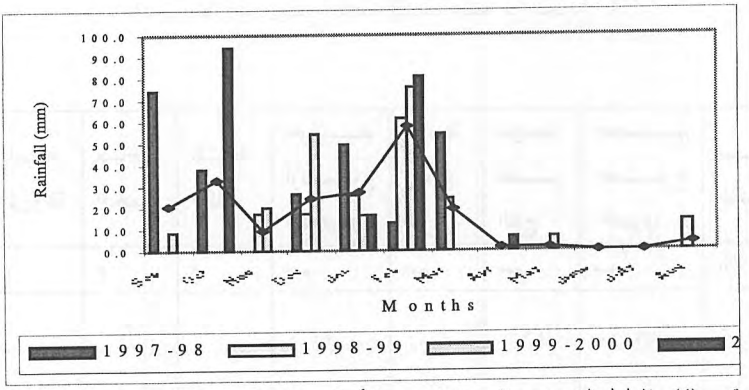
المعاملة	المساحة المزروعة	مساحة التجميع	المساحة الكلية	متوسط ارتفاع الشجيرة	متوسط ارتفاع التاج	متوسط قطر التاج	حجم المجموع الخضري	نسبة النضوج
	م^{٢}	م^{٢}	م^{٢}	سم	سم	سم	سم^{٣}	%
نبات المراقبة				٥٣,٠	٢٦,٠	٤٩,٠	٤٩٠٠٤	١٦
C1	٠,٧٨٥	٩,٤	١٠,١٩	٥٩,٠	٥٧,٠	٩٠,٠	٣٦٢٤٣٥	٦٦
C2	٠,٧٨٥	١١,٧	١٢,٤٩	٥٣,٠	٥٣,٠	٧١,٠	٢٠٩٧٣١	٥١
C3	٠,٧٨٥	١٤,٧	١٥,٤٩	٦٢,٠	٥٨,٠	١١٠,٠	٥٥٠٩١٣	٧٩
N1	٠,٧٨٥	٩,٤	١٠,١٩	٥٦,٠	٢٥,٥	٧٥,٠	١١٢٥٩٨	٤٤
N2	٠,٧٨٥	١١,٧	١٢,٤٩	٥٥,٥	٣٩,٠	٧١,٠	١٥٤٣٣٠	٥٠
N3	٠,٧٨٥	١٤,٧	١٥,٤٩	٥٨,٠	٤٢,٠	٨٣,٥	٢٢٩٨٧٥	٦٢

النتائج المناقشة

هطول الأمطار

بيانات هطول الأمطار بمنطقة التجربة (منطقة القضامة) عن السنوات 1997 - 2000 والموضحة بالجدول رقم (4) تظهر متوسطا سنويا لهطول الأمطار مقداره ١٩٩ مم. المقارنة بين المتوسط البعيد المدى (١٤٤ مم) والمتوسط خلال مدة الدراسة يكشف بشكل عام بأن فترة الدراسة سجلت متوسطا عاليا ويمكن اعتبارها رطبة نسبيا. بالنظر إلى البيانات يلاحظ أن كمية الهطول التي تساوى أو تزيد عن ٣٠ مم حدث ٢-٣ مرات في كل موسم. هذا يعني أن مقدارا هاما من الأمطار السنوية يسقط في هذه المرات وبالتالي تكون مياه هذه الأمطار متاحة لفترة قصيرة إن لم يتم تخزينها بشكل سليم.

معرفة التوزيع الشهري الواسع لهطول الأمطار هام لمعرفة كمية المياه المتاحة للحياة الاجتماعية في المناطق التي تغذيها الأمطار. الشكل (4) يظهر الهطول الشهري للأمطار والمتوسط الشهري بمنطقة القضامة خلال مدة الدراسة. هطول الأمطار الشهريبظهر تباينات مرتفعة. استنادا لبيانات أربع سنوات فانه يظهر هطول الأمطار في شهر ديسمبر بمقدار صفر في إحدى السنوات الأربع (شهر ديسمبر غير ممطر في ٢٥ % من الوقت)، في ثلاث من السنوات الأربع (تكون أشهر أبريل ومايو غير ممطرة في ٨٠ % من الوقت). أشهر يناير وفبراير تتلقى هطول للأمطار في ١٠٠ % من الوقت. مستوى التباين مرتفعا كذلك فيما يتعلق بالمتوسط. أن ذلك قد يؤثر سلبا على الحياة الجماعية إذا استمرت ظروف هطول الأمطار في الأشهر المذكورة أعلاه لسنتين متتاليتين.

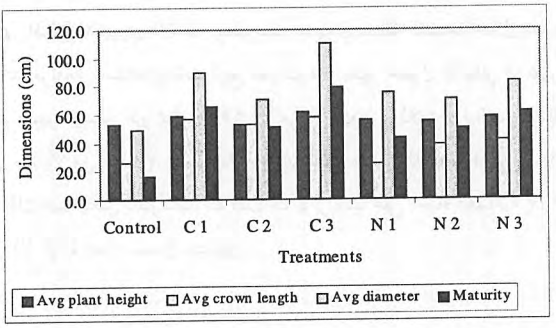


الشكل رقم (4) الهطول الشهري، والمتوسط الشهري للأمطار بمنطقة التجربة خلال فترة التجربة (1997/2001)

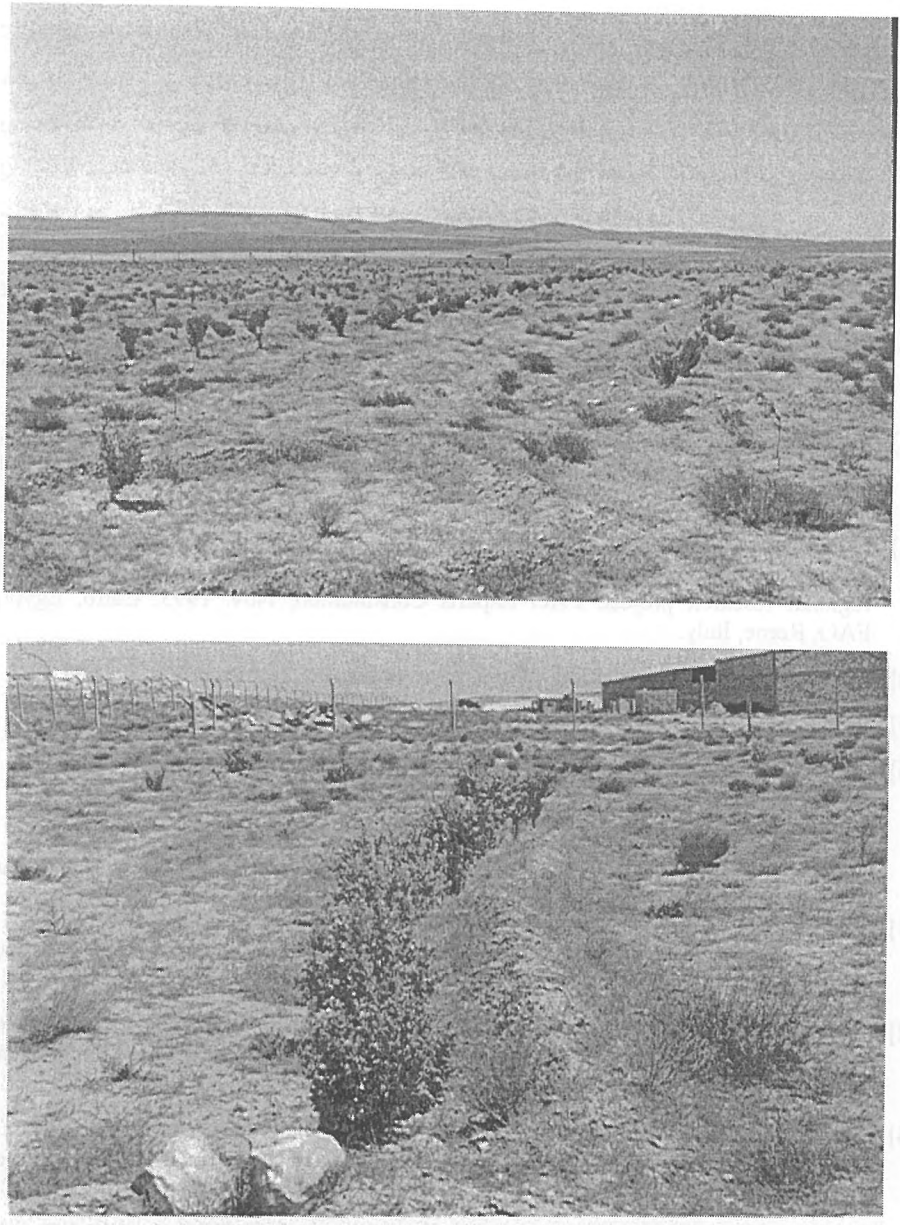
نمو نبات الأتربليكس فيما يتعلق بالمعالجات:

الشكل (5) قائم على خلاصة نتائج تظهر التباين في ارتفاع النبات وأحجام تاجه (إكليله) ونضوجه وذلك بالنسبة لتجربة المراقبة (Control) والمكررات الثلاث لكل من الخطوط الكنتورية والأحواض المعينية. النتائج تظهر معدلات بقاء جيدة لكلتا المعالجتين وحالة الضبط. هذه تشير كذلك إلى تتابع النبات وان كلتا المعالجتين كان ادائهما أفضل من حالة الضبط عندما كان أداء الخطوط الكنتورية ذات مساحة التجميع البالغة ١٤,٧ متر مربع هو الأفضل من بين كل المعالجات.

الشكل (5) يظهر تغير الحياة الجماعية فيما يتعلق بحجم منطقة التجميع للأحواض المعينية والخطوط الكنتورية. انه يظهر أن نمو الحياة الجماعية كان مرتفعا في حالة الخطوط الكنتورية مقارنة بالأحواض المعينية بالنسبة لمساحات التجميع الثلاثة، ومن ناحية ثانية فان منطقة التجميع البالغ مساحتها ١٤,٧ متر مربع كان أدائها أفضل من مناطق التجميع التي مساحتها ١١,٧، ٩,٤ متر مربع وذلك بالنسبة لكلتا المعالجتين. أداء الخطوط الكنتورية التي تبلغ مساحة التجميع بها ١٤,٧ متر مربع كان الأفضل بين كل البدائل. حجم الحياة الجماعية بالنسبة للمعالجات حسبما تمت مقارنتها بحالة الضبط (Control) أعلى بمقدار ٢,٣ إلى ١١ مرة الأمر الذي يظهر جدوى طرق حصاد مياه الأمطار. الشكل رقم (6) يوضح صور لنمو الأتربليكس باستخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار.



الشكل رقم (5) يوضح علاقة العلاقة بين معدل نمر شجيرات الأتربليكس ومساحة التجميع



الشكل رقم (6) صور لنمو نبات الأتربليكس باستخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار

الخلاصة

كنتيجة لهذه التجربة، فان طريقة الخطوط الكنتورية أعطت نتائج أفضل من نتائج الأحواض المعينية، ولكننا لا نستطيع أن نعمم هذا الاستنتاج من خلال تقييم أولي ما لم يتم تكرار هذه التجربة. لقد أثبتت التجربة بأن الأتربليكس يمكن زراعته في مناطق المنحدرات حيث كان يعتقد انه في المناطق شبه الجافة يمكن زراعة بطون الأودية فقط. الطرق التي استخدمت في التجربة بسيطة جدا ويمكن إنشائها يدويا أو بواسطة آلات بسيطة. تقنية الخطوط الكنتورية يمكن استخدامها لأكثر من غرض، فعلى سبيل المثال يمكن زراعة المنطقة التي بين الخطوط بنباتات رعوية أخرى.

المراجع:

[1] الرزاقي، أ.ع ، ١٩٩٩، تنمية المناطق الجافة وشبه الجافة باستخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار. المؤتمر العلمي الأول حول الموارد الطبيعية بمنطقة خليج سرت، ٢٧ – ٣٠ نوفمبر ١٩٩٩، سرت – ليبيا

[2] Algharaine, S., 1995, "Rain water Harvesting and Runoff Husbandry in Libyan Jamahiriya" (past trace and future experiment), paper presented in a workshop about conservation of soil and water in non irrigated regions in Libya, 26-29 April, 1995.

[3] Oweis, T. and Prinze, D., 1993, "Identification of potential water harvesting areas and methods for the arid regions of West Asia and North Africa". A proposal for a regional research project. FAO Experts Consultation, Nov. 1993, Cairo, Egypt, FAO, Rome, Italy.

[4] Rakoczi, A. and Jansen, 1985, "Final report on Garian Pasture Project", 1985.

[5] FAO, 1991, "Water Harvesting". AGL/MISC/7/91

[6] Schwab & Others Elementary Soil & water Engineering, Wiley 1971.

مراجع إضافية لها علاقة بموضوع الورقة

[1] FAO, 1994, "Water harvesting for improved agriculture production", water report 3. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Cairo, Egypt, November 1993. Rome, Italy.

[2] Frasier, G.W., 1994, "Water harvesting/runoff farming systems for agriculture production". Proceedings of the FAO Expert Consultation, Cairo, Egypt, November 1993. Rome, Italy.

[3] Frasier, G.W. and Myers, L.E., 1993, "Hand Book of water harvesting", Agricultural Handbook No. 600". USA: United States Department of Agriculture, Agriculture Research Services.

[4] Gintzburger, G. and Huxley, P.A.; "Surface Water Micro-Catchment and Range Plant Establishment – A Preliminary Investigation". FAO/ARC Acc.234/79, March 1979.

[5] Oweis, T. and Tiameh, 1996, "Evaluation of a small basin water harvesting system in the arid region of Jordan". Water Resources Management, 10:21-34.

تقييم أداء وتعديل نظم الري المحوري تحت ظروف المملكة العربية السعودية

حسين محمد الغباري
قسم الهندسة الزراعية – كلية علوم الأغذية والزراعة
ص.ب ٢٤٦٠، جامعة الملك سعود، الرياض ١١٤٥١

ملخص البحث

أصبح نظام الري بالرش المحوري واسع الاستخدام في معظم المساحات المستزرعة بالمملكة العربية السعودية، حوالي ٨٠% من المساحات المروية حيث وصل عدد نظم الري المحوري الى اكثر من ٢٠٠٠٠ جهاز. لذا فإن تطوير إدارة مياه الري أصبحت ضرورية لزيادة كفاءة استخدام مياه الري وتقليل فواقد المياه من هذه النظم. لذلك أصبح من المتطلبات الضرورية تقييم نظم الري المستخدمة في الحقول مطلب ضروري لمعرفة كفاءة وأداء هذه النظم أثناء التشغيل في الحقل حتى يمكن تحسين الأداء وتطويره بما يتناسب مع ظروف الحقل تحت الظروف المحلية، كذلك معرفة أهم المشاكل والمعوقات التي تواجه إدارة المزرعة مع هذا النظام. في هذا البحث تم إجراء دراسة حقلية لتقييم أجهزة ري محوري في بعض مزارع منطقة الرياض، بالإضافة الى إجراء دراسة مسحية على ٧٦١ جهاز ري محوري موزعة في المناطق الزراعية بالمملكة العربية السعودية بإستخدام استبيان تم تصميمه خصيصاً لهذا الغرض لدراسة المشاكل المتعلقة بنظام الري المحوري، وكذلك التشغيل والصيانة تحت الظروف المحلية. ولقد أوضحت نتائج البحث أن معظم أجهزة الري المحوري ذات إنتظامية منخفضة في توزيع مياه الري على المساحة المروية حيث مثلاً كانت قيم C_u تتراوح بين ٦٨% الى ٨٦%، بينما كانت قيم D_u تراوحت بين ٥٤% الى ٧٦%. كذلك أظهرت نتائج الدراسة أن جميع المزارع في المملكة تستخدم أجهزة ري محوري مصنوعة من عدة شركات يتراوح عدد الأبراج من ٤ الى ١٠ تعاني من مشاكل عديدة. من أهم هذه المشاكل هي مشكلة تآكل أنابيب نظم الري المحوري بعد حوالي سنتين من التركيب وبالأخص عند الوصلات. بالإضافة الى ذلك عدم وجود صيانة دورية مناسبة وكذلك عدم القيام بالتقييم الحقلي للأجهزة، كذلك شملت الدراسة بعض التوصيات والمقترحات لمستخدمي نظم الري المحوري.

الكلمات المفتاحية: الري بالرش- النظام المحوري –معامل الإنتظامية–كفاءة الري –التآكل- أداء نظام الري.

مقدمة

حقق القطاع الزراعي في المملكة العربية السعودية خلال السنوات الماضية تقدما ملحوظا حيث بلغ مستويات عالية من الإنتاج في جميع المجالات وصلت إلى حد الاكتفاء الذاتي لبعض المحاصيل، وهذا أدى الى زيادة كبيرة في مساحات الأراضي المروية التي كانت أراضي صحراوية. يعتبر القطاع الزراعي من اكبر القطاعات استهلاكاً للمياه، كما أن التوسع في الرقعة الزراعية أدى الى زيادة في الطلب على المياه كان على حساب المخزون الجوفي للمياه، حيث ازداد الطلب على المياه الجوفية بمعدلات مرتفعة خلال السنوات الأخيرة، مما أدى الى الإخلال الحاد بالتوازن بين الطلب على المياه والمعروض منها، الأمر الذي قد يؤثر بشكل سلبي على الدور المتميز للزراعة على المدى البعيد، حيث تعتبر الزراعة نشاطاً لانهائياً مع التجديد المستمر في أنماط المحاصيل، وقد أدى هذا التوسع الزراعي الى تبني نظم الري الحديثة مثل نظام الري المحوري ونظام الري بالتنقيط. وقد أصبح نظام الري المحوري ذو الضغط المنخفض من أكثر نظم الري استخداماً في المملكة العربية السعودية حيث يروي مساحات شاسعة في معظم مناطق المملكة الزراعية.

في الواقع أظهرت الدراسات ان مياه الري لاتستثمر بالشكل الأمثل بسبب انخفاض كفاءة نظم الري وزيادة نسبة الفواقد المائية مما يسبب هدر للمياه الجوفية وإضافة مياه زائدة عن الاحتياجات الفعلية للمحاصيل. ومما هو جدير بالذكر أن طرق التقييم الحقلي لاداء نظام الري تستخدم لمعالجة إحدى المشاكل الضرورية في الوقت الحالي وهي مشكلة فقدان المياه نتيجة الاستخدام والتوزيع عن طريق نظام الري في داخل الحقل والتي تعتبر من المشاكل الهامة الموجودة داخل المزارع التي تستخدم نظم الري المختلفة. لذا فإن تقييم أداء نظام الري يعتبر أمرا ضرورياً ليس لنظام الري المحوري فحسب ولكن لجميع نظم الري الحقلي. ويمكن استخدام بيانات التقييم لتوضيح أهم المشاكل البارزة في الوقت الحاضر وهي المياه المفقودة أثناء التوزيع والتشغيل لنظام الري على مستوى المزرعة. كذلك فإن التقييم سوف يشير الى مكان وكمية المياه المفقودة أثناء التشغيل وكذلك في كيفية تطوير نظام الري أو تشغيله أو كليهما. وسوف تكون أهداف هذا البحث الذي يعتبر من الأبحاث الأولية في هذا المجال في المملكة المدعوم من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية هي:

١. إجراء دراسة مسحية لتقييم أداء نظم الري المحوري في مزارع المملكة وذلك للتعرف على أداء أجهزة الري المحوري وكذلك معرفة أهم المشاكل التي تواجه المزارع مع نظام الري المحوري في معظم مناطق المملكة الزراعية.
٢. تقييم حقلي لمجموعة من نظم الري المحورية التي مازالت تحت التشغيل في المزارع في بعض مناطق المملكة الزراعية. وذلك لمعرفة الأداء الفعلي لهذه النظم وكيفية توزيع المياه المضافة على المساحة المروية.

المسح الأدبي

أنتشر في العالم نظم ري عديدة بهدف تطوير الزراعة وتحسين الإنتاج ومن أهمها نظم الري بالرش، وعرف هذا النظام في بداية القرن التاسع عشر تقريباً لري حدائق ومنتزهات المدن الكبيرة. ويعتبر نظام الري المحوري أهم نظم الري بالرش المستخدمة في المملكة، حيث يتم بواسطته إضافة كميات كبيرة من مياه الري إلى مساحات كبيرة من الأراضي. وقد أصبح نظام الري المحوري ذو الضغط المنخفض من أكثر نظم الري استخداماً في المملكة حيث أوضحت نتائج دراسة

قام بها (الغباري ومحمد، ١٩٩٥) أن عدد أجهزة الري المحوري خلال الفترة من عام ١٩٨١م-١٩٩٢م وهي الفترة التي بدأ استخدام هذا النظام فيها في المملكة) هي حوالي ٢٠٠٢٨ جهازاً، وهذه الأجهزة تروي حوالي ٨٠% من المساحة المروية في المملكة، وهذا العدد يزداد سنوياً. بالإضافة إلى ذلك فإن نظام الري المحوري يمكن استخدامه في الأراضي ذات التضاريس المختلفة وعلى الترب الرملية (Jensen, 1983; Pair, 1971 ; Heermann and Swedensky). لذا يعتبر تقييم أداء نظام الري ضرورياً ليس لنظام الري بالرش المحوري فحسب ولكن لجميع نظم الري، ولا شك أن رفع كفاءة انتظامية توزيع المياه في الحقل، تزيد كفاءة استخدام مياه الري، وكمية الإنتاج. ولقياس درجة تجانس توزيع المياه من نظام الري بالرش على المساحة المروية لابد من إيجاد معامل الانتظامية (التجانس). ويحسب المعامل من القياسات الحقلية لأعماق الماء المتجمع في أوعية القياس الموضوعة على مسافات منتظمة ضمن المنطقة المتأثرة بالرش. لقد تم خلال عدة سنوات إيجاد وتطوير الكثير من المعادلات التي تعنى بقياس انتظامية توزيع المياه الخارجة من الرشاشات أثناء الري، وتعد الدراسة التي قام بها1942) (Christiansen (من أوائل الدراسات التي تعنى بتوزيع وانتظام مياه الري فوق سطح التربة، حيث استخدم علاقة رياضية لإيجاد معامل الانتظامية فوق سطح التربة أثناء عملية الري من نظام الري بالرش التقليدي. وعادة يكون معدل الرش لجهاز الري بالرش المحوري متغيرا فيزداد معدل الإضافة من قيمة صغرى بالقرب من المحور، إلى قيمة عظمى في نهاية الخط، وحيث أن الجهاز يقوم بحركة دائرية، لذا يكون معامل انتظام التوزيع معبراً عن جزء من المساحة الدائرية تحت الرشاش، والذي يتمثل بعلب التجميع الذي أخذ في الاعتبار، لذا تم تعديل العلاقة الخاصة بالرش التقليدي إلى علاقة خاصة بالرش المحوري (Heerman and Hein, 1968 and ASAE, 1994) .

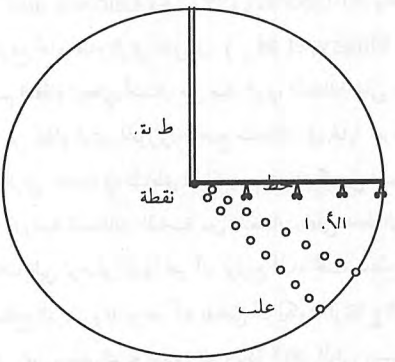
يتأثر توزيع المياه تحت نظم الري بالرش بعدة عوامل أثناء عملية الري مثل ضغط التشغيل، وارتفاع الرشاش عن سطح التربة، وسرعة جهاز الرش المحوري، ودرجة الحرارة، بالإضافة الى عوامل تشغيلية وإدارية لنظام الري. وقد اهتم العديد من الباحثين بدراسة تأثير معظم هذه العوامل على انتظامية توزيع المياه أثناء عملية الري فوق سطح التربة عند استخدام تلك النظم مثل Al-Ghobari,1992; Al-Ghobari and Al-Amoud,1993 والعمود والغباري، ١٩٩٦). كذلك هناك دراسات حديثة أجريت لرفع أداء نظام الري المحوري (Camp, et al.1998 and Omary, et al., 1996) وذلك من خلال تعديل تصميم النظام ليعطي أعماق من مياه الري المختلفة على حسب المساحة المطلوبة. كما يمكن تحسين انتظامية توزيع مياه الري من نظام الري المحوري بوضع منقطات في نهاية خرطوم مرن مسحوب على سطح التربة، بالإضافة إلى تقليل فواقد الرش خاصة في المناطق الجافة، حيث قام كل من (Li and Gao 1998) وكذلك (Coelho, et al. 1997 بدراسة المسافات المناسبة بين المنقطات على خط الرش المحوري حسب نوع المحصول المزروع. ومن أهم الاستنتاجات التي توصلوا إليها هو أن توزيع المياه تحت سطح التربة باستخدام هذه المنقطات أعلى من توزيع المياه فوق سطح التربة. وقد وجد أنه يفضل أن يكون ارتفاع الرشاش مرتبط بارتفاع المحصول حيث أن زيادة ارتفاع الرشاش عن سطح التربة يؤدي إلى زيادة الفقد المائي بسبب تأثير الرياح ودرجة الحرارة، ففي دراسة قام بها (1961) Strong وجد أن فواقد الرش تزداد بزيادة ارتفاع حامل الرشاش. وفي دراسة قام بها كل من الغباري (١٩٩٦) وكذلك (Al-Ghobari (1993, 1994 و (1993) Hills and Nderitu توصلوا إلى أن ارتفاع حامل الرشاش وحجم الفوهة، يؤثران بشكل معنوي على فواقد التبخر وبعثرة الرياح. وقد وجد

الغباري (٢٠٠٣) في دراسة قام بها لستة نظم ري محورية في الحقل أن معاملات الإنتظامية تحت سطح التربة كانت أعلى بحوالي ١٢% من معاملات الإنتظامية فوق سطح التربة. بينما وجد الغباري (١٩٩٦) أن سرعة دوران نظام الري المحوري تزيد من فواقد الرش وبالتالي تنخفض الإنتظامية مع زيادة سرعة الدوران.

المواد وطرق البحث

لإنجاز الهدف الأول من الدراسة تم تصميم استبانة للقيام بالدراسة المسحية وذلك بهدف التعرف على كفاءة اداء أجهزة الري المحوري وقد تم جمع البينات المطلوبة في الدراسة المسحية في أكثر من ٥٠ مزرعة شملت ٧٦١ جهاز ري محوري وذلك بطرق الزيارات الميدانية للمزارع المنتشرة في مناطق المملكة. ومن هذه الأستبانة يمكن الحصول على بيانات عن المزرعة وجهاز الري المحوري وتشغيل وتقييم وصيانة نظام الري وكذلك أهم المشاكل التي تواجه المزارع مع نظام الري المحوري. وقد روعي في اختيار المزارع أن تكون متنوعة المساحة فبعضها مزارع صغيرة والبعض الأخر مزارع لشركات زراعية كبيرة، وأن تكون موزعة في مناطق مختلفة من المملكة.

أما الهدف الثاني وهو التقييم الحقلي لأجهزة الري المحوري تحت ظروف التشغيل الحقلي فقد تم اختيار أربع مناطق زارعية يكثر استخدام نظم الري المحوري بها، بالإضافة الى التنوع المناخي والمائي (النوعية والكمية) بها الى حد ما. هذه المناطق هي الرياض، القصيم، الشرقية والجوف، وفي هذه الورقة سوف يتم مناقشة التقييم الحقلي لـ ١٥ جهاز ري محوري في منطقة الرياض ومحافظاتها التي تم الانتهاء منها. عند تقييم جهاز الري المحوري في الحقل تم اتباع الخطوات الموصى بها من قبل جمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية والمتبعة من قبل الباحثين مع نظم الري المحوري (1994). وقد تم وضع صفين من علب تجميع المياه على طول خط الرش المحوري كما يوضح ذلك الشكل رقم (١)، كانت المسافة بين العلبة والأخرى في الصف الواحد ٥ متر. لقد تم اختيار نسبة سرعة دوران ثابتة ٥٠% عند تشغيل نظام الري مع جميع أجهزة الري المحوري، وكذلك تم تسجيل سرعة الرياح ودرجة الحرارة الجوية والرطوبة النسبية عند كل تقييم.



الشكل رقم ١: طريقة وضع علب التجميع لقياس انتظامية التوزيع لأجهزة الري المحوري

لقياس درجة تجانس توزيع المياه من نظام الري بالرش على المساحة المروية لابد من إيجـــاد معامـــل الانتظاميـــة (C_u) باستخدام معادلة كريستيانسن المعدلة للنظام المحوري وهي:

$$C_{uc} = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=N} W_i \left| \frac{X_i}{D_w} - 1 \right|}{\sum_{i=1}^{i=N} W_i} \right] \times 100 \qquad (1)$$

حيث أن :

C_{uc} = معامل الانتظامية (%) لمعادلة كريستيانسن المعدلة

N = عدد أوعية القياس او علب التجميع

X_i = عمق المياه المتجمعة فى الوعاء القياسي الواحد

N_i = معامل الوزن أو رقم الوعاء في حال ثبات المسافة بين الأوعية

$$D_W = \text{متوسط العمق الموزون} = \frac{\text{مجموع الأعماق الموزونة}}{\text{مجموع أرقام الأوعية}}$$

كذلك تم إيجاد معامل انتظامية التوزيع للربع الأقل (D_u) حيث يستخدم هذا المعامل للتعرف على درجة انتظامية توزيع المياه على ربع المساحة المروية التي حصلت على أقل كمية وهي :

$$D_u = \frac{d_w}{D_w} \times 100 \qquad (2)$$

حيث أن :

D_u = معامل انتظامية التوزيع للربع الأقل (%)

D_W = متوسط العمق الموزون لعمق الماء المتجمع في الربع الأقل.

كذلك تم إيجاد كفاءة الإضافة E_a) وهي ذات مدلول على الكفاءة الفعلية لإضافة المياه للمساحة المروية. تعتبر (E_a) و(C_u) الطريقتين الأكثر قبولاً لتقييم نظم الري بالرش وهي:

$$E_a = \frac{D_w}{D_g} \times 100 \qquad (3)$$

حيث أن:

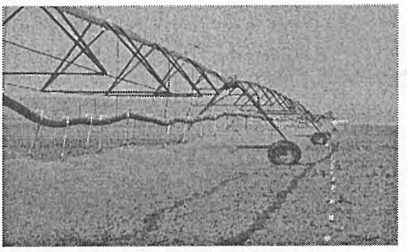
D_g = عمق الماء الكلي المضاف من الرشاشات (مم).

كذلك تم إيجاد كفاءة إضافة المياه في الربع الأقل (PELQ) التي تعطي دلالة على كفاءة الإدارة والتصميم لنظام الري، ويمكن إيجادها كالتالي (باعتبار أن D_w تمثل D_n):

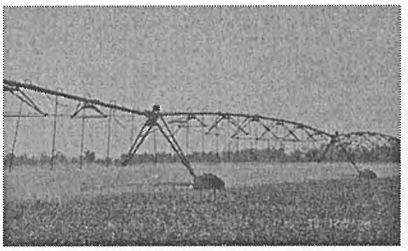
$$PELQ = D_u \times E_a = \frac{d_w}{D_W} \times \frac{D_w}{D_g} \times 100 = \frac{d_w}{D_g} \times 100 \qquad (4)$$

النتائج والمناقشة

في هذا البحث تم تقييم ١٥ جهاز ري محوري موزعة في مدينة الرياض والمحافظات المجاورة مثل الخرج والمزاحمية والفيحاء. وقد أخذ في الاعتبار عند اختيار المزارع ان يكون هناك تنوع أو اختلاف في أجهزة الري المحوري المطلوب تقييمها من حيث الشركات المنتجة للأجهزة وعمر الأجهزة والمساحة المروية وعدد الأبراج وبعض التعديلات التي أجريت على بعضها من قبل المزارعين. وقد تراوح عمر الأجهزة التي تم تقييمها بين ٥ الى ٢٥ سنة مصنوعة من عدة شركات متنوعة. وقد حدث هناك إجراء بعض التعديلات الأساسية على بعض الأجهزة المحورية من قبل بعض المزارعين على تصميم جهاز الري المحوري الأساسي مثل تغيير موقع ونوع مادة أنبوب خط الرش المحوري والمسافات بين الرشاشات بهدف تقليل التآكل في خط الرش المصنوع من الحديد الصلب كما توضح ذلك الصور رقما (٢،١). حيث يتم استبدال أنبوب الصلب المجلفن الأساسي والذي يكثر التآكل عند استخدامه بأنبوب بلاستيكي لخط الرش المحوري الذي يكون أقرب الى سطح الأرض (حوالي ٢ متر).



صورة رقم (١): تم تعديل خط الرش المحوري



صورة رقم (٢): خط الرش الأساسي

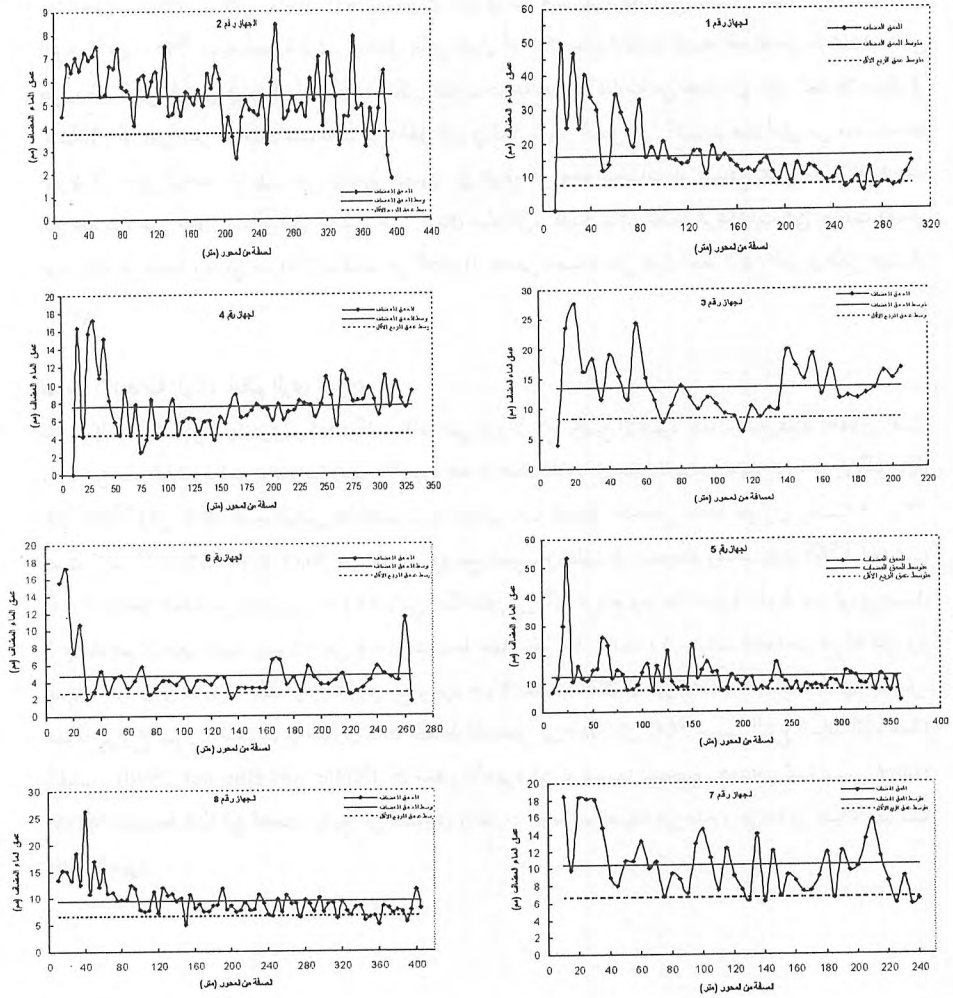
إنتظامية توزيع أعماق المياه المضافة

ولمعرفة انتظامية توزيع المياه المضافة على المساحة المروية من الحقل تم قياس متوسط أعماق المياه المضافة على طول خط الرش المحوري من الرشاشات لكل جهاز ري. حيث يوضح الشكل رقم (٢) نماذج توزيع المياه المضافة للأجهزة التي تم تقييمها، يلاحظ في هذه النماذج أن هناك تفاوت كبير في أعماق المياه من جهاز الى آخر كذلك يلاحظ أن هناك تفاوت في أعماق المياه المضافة داخل النموذج الواحد على طول خط الرش المحوري للجهاز الواحد، حيث نجد ان هناك أعماق كبيرة في بداية الخط لبعض الأجهزة مقارنة بنهاية الخط، بينما نجد العكس صحيح لبعض الأجهزة، وأحيانا أخرى تكون الأعماق في وسط خط الرش أعلى من الطرفين. كذلك يلاحظ أن متوسط عمق الماء المضاف (D_w) ومتوسط عمق الماء المضاف في الربع الأقل (d_w) اللذان تم ايجادهما لكل جهاز ري، وتتراوح قيم D_w من ٤,٧٥ مم للجهاز رقم ٦ الى ٢٢,١٦ مم للجهاز رقم ١٤، بينما تراوحت قيم d_w بين ٢,٦٧ مم للجهاز رقم ٦ الى ١٥,٣٦

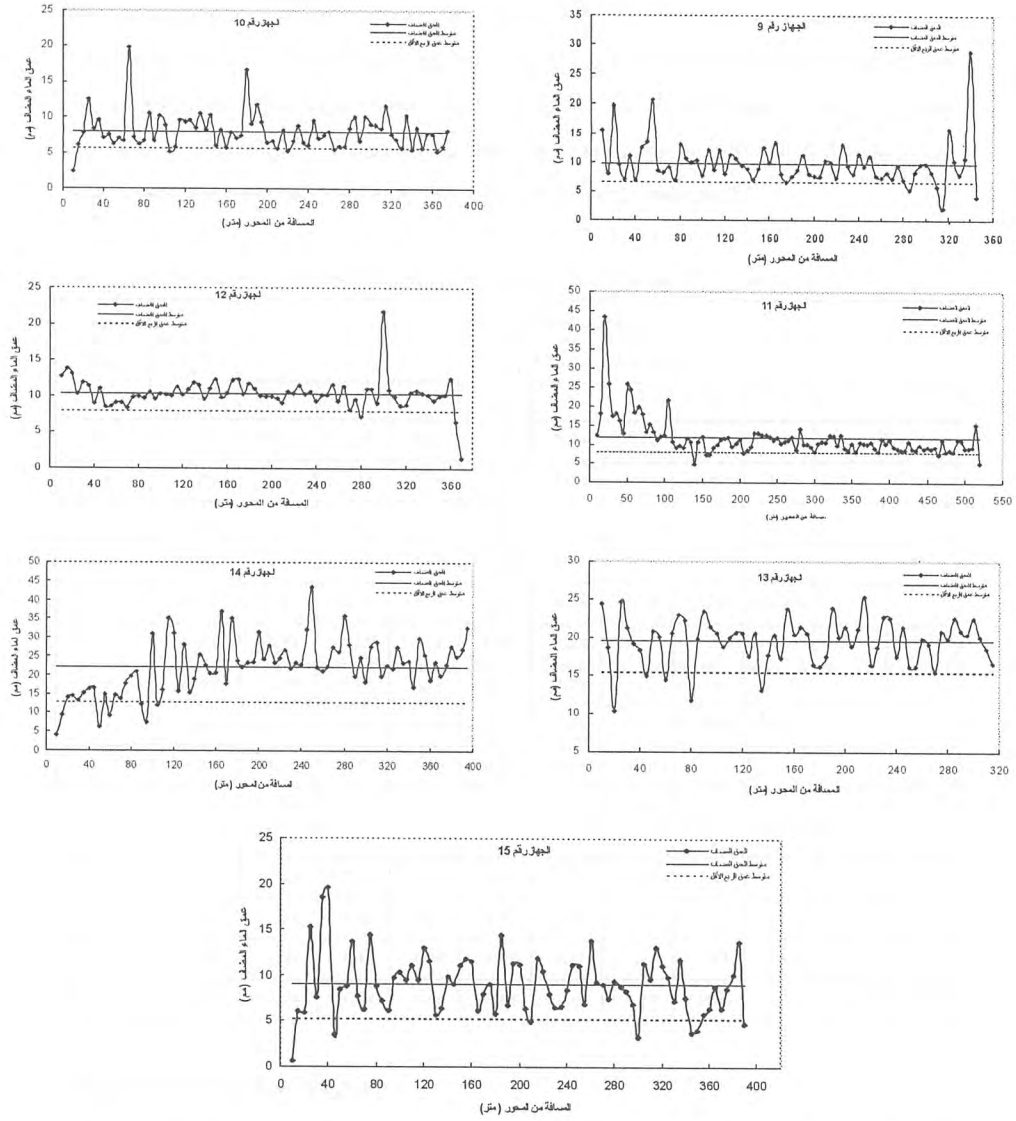
مم للجهاز رقم ١٣. وبالتالي يلاحظ أن هناك تفاوت كبير في قيم هذه المتوسطات مع العلم أن نسبة سرعة الدوران للبرج الأخير ٥٠% لجميع أجهزة الري. وبالتالي يمكن القول أن هناك عدم انتظامية للمياه المضافة من الرشاشات على طول خط الرش المحوري في معظم الأجهزة ، ولكن تتفاوت درجة عدم الانتظامية من جهاز الى آخر كما يلاحظ في الأشكال. أو بمعنى آخر أن هناك مساحات من الحقل المروي لكل جهاز تحصل على كميات مياه أعلى من مساحات أخرى في الحقل الواحد، مما يؤثر على انتاجية المحصول. في الواقع من هذه المنحنيات أو النماذج يمكن معرفة المساحات التي حصلت على مياه زائدة أو التي حصلت على أعماق مياه أقل، كذلك يمكن تحديد الرشاشات التي أضافت أعماق مياه زائدة أو ناقصة وبالتالي معرفة الرشاشات التي تحتاج الى فحص وصيانة على طول خط الرش المحوري لكل جهاز محوري.

معامل الانتظامية (C_u) لنظم الري المحوري

لقد تم إيجاد C_u لكل جهاز ري وكذلك للمسافات التي بين الأبراج لجميع الأجهزة كما يوضح ذلك الجدول رقم (١). من هذه النتائج لمعامل الانتظامية لجميع الأجهزة نجد ان هناك تفاوتا في هذه القيم من جهاز الى آخر إلا أنها جميعًا تحت ٨٥% وهي القيمة الدنيا الموصى بها لنظم الري المحوري ذات الضغط المنخفض ماعدا جهازي رقم ١٢ و١٣ حيث كان C_u ٨٦,٨% و ٨٩,٢% على التوالي. ويرجع السبب في ذلك الى استخدام رشاشات LDN الحديثة ذات الانتظامية العالية مع الجهازين ١٢ و١٣ والتي ايضًا تقلل من تأثير الرياح ودرجة الحرارة الجوية عند توزيع مياه الري بالرغم أن عمر الجهاز رقم ١٢ هي ٥ سنوات بينما جهاز رقم ١٣ كانت ١٠ سنوات منتجة من شركة فالي و لم يحدث استبدال أو تعديل لخط الرش المحوري مع وجود صيانة مستمرة لتلك الأجهزة حسب مشاهدتنا في الحقل. عمومًا تتراوح قيم C_u لنظم الري المحوري ذات الضغط المنخفض بين٨٥% إلى ٩٠% حسب المناخ السائد أثناء عملية التقييم (Keller and Bliesner, 1990). إن معظم الأجهزة التي تم تقييمها تستخدم رشاشات ثابتة تسمى super spray المصنوعة محليًا التي أعطت توزيع أقل انتظامية، وتفاوت درجات الصيانة من عدم وجودها الى صيانة مقبولة لتلك الأجهزة.



الشكل رقم 2أ: توزيع أعماق المياه المضافة على طول خط الرش المحوري للأجهزة من رقم 1 إلى 8



الشكل رقم 2ب: توزيع أعماق المياه المضافة على طول خط الرش المحوري للأجهزة من رقم 9 إلى 15

كذلك شمل البحث دراسة توزيع المياه وإنتظاميتها لكل مسافة بين الأبراج (المسافة الواحدة تحتوي على مجموعة من الرشاشات) لكل جهاز ري على طول خط الرش المحوري كما يوضح ذلك الجدول رقم (1). بملاحظة قيم C_u للمسافات بين الأبراج لكل جهاز على طول خط الرش المحوري نجد ان هناك تفاوت كبير في الانتظامية من مسافة الى أخرى للجهاز الواحد أو لجميع الأجهزة كما يلاحظ ذلك في الجدول رقم (1). عمومًا عند مقارنة معاملات الانتظامية للمسافات لجميع الأجهزة نجد أن هناك تباين كبير في انتظامية توزيع المياه حيث نجد أن هناك أجهزة أعطت

الانتظامية للمسافات لجميع الأجهزة نجد أن هناك تباين كبير في انتظامية توزيع المياه حيث نجد أن هناك أجهزة أعطت انتظامية عالية للمسافات بين جميع الأبراج كما في الجهاز رقم ١٣، بينما هناك أجهزة ذات انتظامية منخفضة الى حد كبير بين الأبراج كما في المسافة رقم ١ للجهاز رقم ٥. وبالتالي يمكن القول أن هناك أجهزة ري تعطي توزيع للمياه غير منتظم وغير مقبول على المساحة المروية كما في الجهاز رقم ١، وبالتالي لابد من إعادة النظر في التصميم والصيانة لتلك الأجهزة. بينما هناك أجهزة تعطي توزيع للمياه منتظم ومقبول كما في الجهاز رقم ١٣.

جدول رقم (١): قيم معامل الانتظامية لكل جهاز وللمسافات بين الأبراج لأجهزة الرش المحوري

رقم الجهاز المحوري	معامل الانتظامية C_u (%)									
	C_u للجهاز	C_u المسافات								
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
١	٦٩,٢	٦٦,٣	٧٤,٠	٨٨,٣	٨٨,٠	٨٢,٣	٧٥,٣				
٢	٧٩,٥	٩٥,٤	٨٨,١	٨٥,٦	٨٧,٨	٨٤,٥	٨٣,١	٧٦,٨	٧١,٦		
٣	٧٧,٤	٧٦,٩	٨٠,٠	٦٨,٦	٨٤,٨						
٤	٨١,١	٦١,٠	٦٥,٣	٨٦,٣	٩١,٥	٨٥,٥	٨٦,٣				
٥	٧٥,١	٤٢,٢	٧٢,٣	٦٩,٣	٧٤,٦	٨١,٦	٨٠,٩	٨٢,٨	٧٥,٥		
٦	٧١,٨	٤٣,٦	٧٨,٦	٩٠,٣	٦٥,٨	٨٤,٧	٦٠,٩				
٧	٧٥,٢	٦٧,٨	٨٢,٢	٧١,٠	٨٠,٣	٧٣,٥					
٨	٨٣,٠	٧١,٦	٨٦,٥	٨٥,٣	٨٥,١	٨٩,٢	٨٦,٤	٨٧,٣	٨٤,٥		
٩	٧٣,٣	٧٥,١	٧٩,٢	٨٣,٨	٨٢,٥	٨٤,٣	٦٠,٥				
١٠	٨٠,٠	٨٣,٨	٧٠,١	٨٥,٦	٧٤,٢	٨٤,٦	٨١,٦	٨١,٠			
١١	٨٤,٤	٧٠,٣	٧٩,٤	٧٧,٩	٨٧,٣	٨٩,٢	٨٨,٨	٨٨,٢	٩٠,٧	٩٣,٨	٨٠,٨
١٢	٨٦,٨	٨٧,٠	٩١,٦	٩٣,١	٩٢,٢	٩٢,٣	٧٨,٧	٧٥,٨			
١٣	٨٩,٢	٨٥,٦	٨٧,٣	٨٩,٩	٨٩,٥	٨٧,٣	٩١,١				
١٤	٨٢,١	٧٣,٩	٧٤,٥	٦٨,٩	٧٩,٩	٩١,٣	٨٠,٠	٨٧,٧	٨٦,٢		
١٥	٧٣,٦	٥٧,٦	٧١,٠	٨٥,٠	٧٦,٢	٧٠,٠	٧٩,٥	٨٥,٤	٧٧,٤	٦٨,١	

معامل انتظامية التوزيع للربع الأقل (D_u)

لقد تم إيجاد D_u لجميع الأجهزة التي تم تقييمها كما يوضح ذلك الجدول رقم (٢). ويبين الجدول أن قيم D_u تتفاوت من جهاز الى آخر وتتراوح بين ٥٤,١% الى ٨١,٦%، ويلاحظ أن معظم الأجهزة أعطت قيم لـ D_u أعلى من ٦٧% أو قريبة، وعمومًا يمكن القول ان توزيع المياه المضافة في الربع الأقل للمساحة المروية الكلية بواسطة نظم الري المحوري مقبول، وبالتالي كميات مياه التسرب العميق محدودة. كذلك تم إيجاد معامل D_u لكل مسافة بين الأبراج span على طول خط الرش المحوري لجميع الأجهزة كما هو مبين في الجدول (٢). من هذه النتائج المعطاة في الجدول لمعامل D_u لجميع الأجهزة نجد ان هناك تفاوت في هذه القيم من مسافة الى أخرى للجهاز الواحد، وكذلك هناك تفاوت كبير في قيمة D_u للمسافات من جهاز الى آخر. وبالتالي يمكن القول على أن هناك أماكن من المساحة المروية

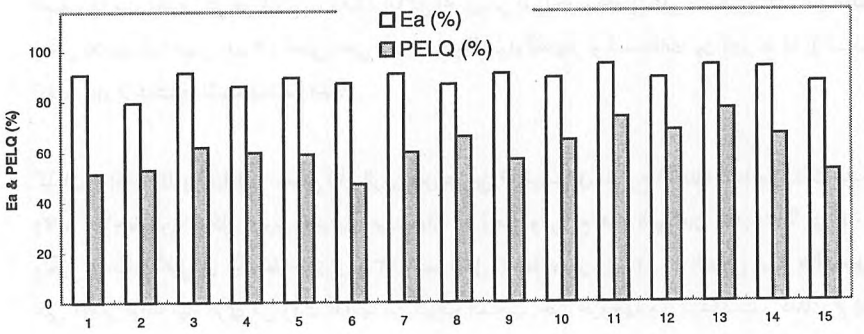
.

أضيف لها مياه زائدة أكثر من المطلوب وهناك أماكن أخرى من المساحة لم تحصل على ماء الري بالقدر المطلوب. ولكن يلاحظ ان الجهاز رقم ١٣ أعطي اعلى قيمة لـ D_u سواء للجهاز أو للمسافات بين الأبراج مما يؤكد على كفاءة اداء الرشاشات المستخدمة مع الجهاز.

كذلك تم إيجاد E_a و PELQ لجميع نظم الري المحوري التي تم تقييمها في المزارع المختلفة كما يبين ذلك الشكل رقم (٣). ويلاحظ من الشكل تفاوت قيم E_a من جهاز الى آخر، وتتراوح هذه القيم بين ٧٥,٣٤% الى ٨٩,٠٤% ولكن يلاحظ الأعلى في الكفاءة جهاز رقم ١٣ بينما الأقل كفاءة جهاز رقم ٢. إن انخفاض قيمة Ea تعطي دلالة على مقدار فواقد مياه الري من وقت تدفقها من أنبوب السحب حتى خروجها من الرشاشات. كذلك تم إيجاد قيم PELQ لكل نظام ري محوري كما يوضح ذلك الشكل رقم (٣). وبالتالي يمكن القول أن قيم PELQ منخفضة لمعظم أجهزة الري المحوري، بالإضافة الى وجود تفاوت في قيم PELQ بين جميع الأجهزة التي تم تقييمها. كذلك يلاحظ من الشكل أن هناك تباين بين قيم E_a و PELQ، ومن المعلوم أنه كلما أزداد الفرق بين قيمة كل من PELQ و E_a يدل على وجود مشاكل إدارية أو تصميمية لنظم الري في المزارع المختلفة.

جدول رقم (٢): قيم D_u لكل جهاز وللمسافات المختلفة المكونة لأجهزة الرش المحورية.

رقم الجهاز المحوري	معامل الانتظامية D_u (%)									
	C_u للجهاز	C_u المسافات								
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
١	٥٦,٨	٣٦,٤	٦٨,١	٨١,٨	٨٠,٧	٧٠,٧	٧١,٢				
٢	٦٦,٦	٩١,٠	٨٠,٩	٨٢,٣	٧٦,١	٦٩,٤	٨٠,٠	٦٥,٩	٥٤,٣		
٣	٦٨,١	٦٥,٩	٦٥,٩	٦٥,٩	٦٥,٧	٨٢,٣					
٤	٧٠,٠	٤٧,٢	٥٨,٤	٧٤,٩	٨٤,٨	٧٨,٢	٨٠,٧				
٥	٦٦,١	٣٤,٤	٥٨,٤	٥٩,٢	٦٢,٧	٧٥,٠	٧١,٥	٨١,٥	٥٤,٢		
٦	٥٤,١	٣٢,٠	٦٥,٧	٨٠,٩	٦٦,١	٧٧,٨	٥٠,٠				
٧	٦٥,٩	٦١,٤	٦٩,٩	٦٣,٨	٧٣,٥	٦٢,٠					
٨	٧٦,٠	٦٧,٣	٨٢,٨	٧٨,٣	٧٤,٢	٨٥,٩	٧٥,٩	٨٠,١	٧٦,٢		
٩	٦٢,٤	٦٢,٧	٧٢,٦	٧٩,٠	٨٠,٦	٨٠,٥	٤٤,٥				
١٠	٧٢,٠	٧٧,١	٦٥,٤	٦٨,٧	٧٠,٢	٧٦,٠	٧١,٩	٧٢,٩			
١١	٧٨,٠	٦١,٨	٧٧,٣	٦٦,٦	٧٥,٢	٧٧,٦	٨٢,٩	٧٩,٤	٨٧,٢	٨٩,٢	٧٥,٦
١٢	٧٤,٩	٨٢,٣	٩٠,٦	٨٩,٨	٨٨,٧	٨٦,٩	٧٤,٠	٤٢,٩			
١٣	٨١,٦	٧٢,٣	٧٨,٠	٨٢,٤	٨٣,٠	٨١,٣	٨٢,٧				
١٤	١٧,٦	٥١,٠	٥٦,٣	٦٣,٣	٧٦,٣	٩٠,٠	٧٣,٣	٧٩,٦	٧٥,٥		
١٥	٥٩,٦	٣٧,٧	٥٦,٦	٦٦,٢	٦٥,٦	٦١,٧	٧٠,٦	٧٨,٣	٥٤,٩	٥٦,٧	

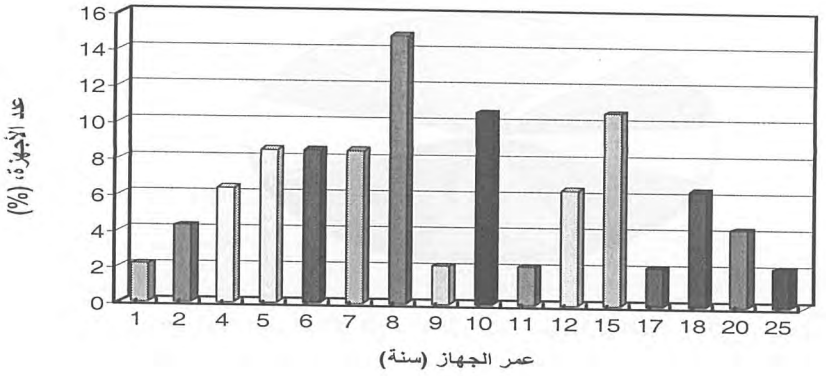


الشكل رقم (٣): قيم E_a و PELQ لأجهزة الري المحوري

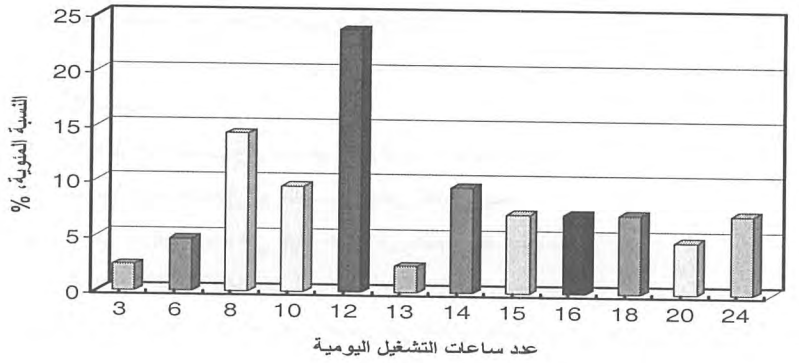
الدراسة المسحية

من خلال استعراض نتائج بيانات الدراسة المسحية التي شملت ٧٦١ جهاز ري محوري المستخدمة في مناطق زراعية مختلفة بالمملكة تبين أن هناك أجهزة محورية ذات أعمار مختلفة كما يوضح ذلك الشكل رقم (٤). كذلك وجد أن خط الرش المحوري الذي طوله حوالي ٤١٥ متر (٨ أبراج) هو الأكثر شيوعًا في الاستخدام في مزارع المملكة. كذلك وجد من الدراسة المسحية أن أكثر الأماكن تأثراً بالتآكل في جميع أنواع الأنابيب هي عند الوصلات بنسبة (٦٩%)، بالإضافة إلى وسط الأنبوب ولكن بنسبة أقل (٣١%) لكل من الأنبوب المجلفن والصلب الأملس (المدهون).

كذلك وجد أن عدد ساعات التشغيل اليومية لنظم الري المحورية أثناء الموسم تختلف كما يوضح ذلك الشكل رقم (٥) ويلاحظ أن عدد ساعات التشغيل اليومية ١٢و ٨ ساعة هما الأكثر وقد تصل إلى ٢٤ ساعة. كذلك وجد أن القائم بعملية تشغيل نظام الري أثناء الموسم يكون عامل بنسبة ٥٥% أو عامل فني بنسبة ٣٣% أو مهندس ري بنسبة ١٢%. ووجد أن المحاصيل المزروعة تحت هذه النظم المحورية يمثل البرسيم ٤٣% والقمح ٢٧% والشعير ١٤% بينما المحاصيل الأخرى لاتتجاوز ١٦%. وهذا يعني أن هناك عدد كبير من هذه الأجهزة لا يستفاد منها إلا في موسم القمح والشعير وتبقى بدون استخدام معظم أيام السنة. كذلك وجد من بيانات الأستبانة أن هناك مزارع لاتستخدم جدولة الري إلا بنسبة ١١%، بينما الغالبية من المزارع لا تعرف ما المقصود بجدولة الري ولا تطبقها أثناء الموسم وهي بنسبة ٨٩%.

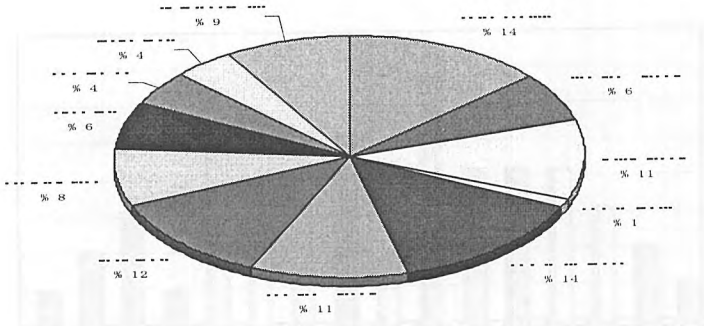


الشكل رقم (4) عمر أجهزة الري المحورية المستخدمة في المزارع



الشكل رقم (5): عدد ساعات تشغيل نظم الري المحورية في اليوم في المزارع التي تحت الدراسة

كذلك أظهرت نتائج الاستبيان أن معظم المزارع لاتقوم بتقييم نظم الري المحوري نهائيًا وهي بنسبة 83%، بينما 17 % من هذه المزارع يتم تقييم نظم الري المحوري ولكن على فترات غير منتظمة فيها. وهذا يعني أن معظم نظم ري المحوري التي شملتها الاستبانة قد يتم إضافة المياه بانتظامية توزيع منخفضة لفترات طويلة إذا لم يتم التقييم، مما يؤدي إلى سوء توزيع لمياه الري وانخفاض إنتاجية المحصول وهدر للمياه الجوفية. كذلك أوضحت نتائج الاستبانة أن الصيانة تكون كذلك على فترات غير محددة حيث الصيانة كل موسم بنسبة 50% بينما الصيانة السنوية 17%. أما أهم المشاكل التي تواجه المزارع نتيجة استخدام أجهزة نظم الري المحوري في المزارع التي شملتها الأستبانة تحت ظروف الحقل فيوضح ذلك الشكل رقم (6) مع بيان ولكن يمكن القول أن أكثر هذه المشاكل تحدث مع هذه الأجهزة تحت الظروف المحلية هي الأعطال الكهربائية (14%) وأعطال ناقل الحركة (14%) بالإضافة إلى المشاكل الأخرى نسبة حدوث كل مشكلة.



الشكل رقم (٦) أهم المشاكل التي تواجه المزارع مع أجهزة الري المحوري في المزارع المختلفة

الخاتمة والتوصيات

بناءاً على نتائج التقييم الحقلي والدراسة المسحية لبعض نظم الري المحوري يمكن تلخيص أهم اسباب عدم انتظامية توزيع المياه وانخفاض أداء معظم الأجهزة في النقاط التالية:

١- وجود مشكلة تآكل أنابيب الري وتحدث مشكلة التآكل في بعض الأنابيب بعد مرور حوالي سنتين من الاستخدام

٢- الاختيار غير المناسب والترتيب غير سليم للرشاشات بعد الصيانة

٣- متوسط ضغط التشغيل غير مناسب وإنخفاض كفاءة المضخة

٤- وجود تسربات للمياه على طول خط الرش وعدم وجود صيانة مناسبة

٥- التعديلات التي يقوم بها بعض المزارعين لخط الرش المحوري غير مناسبة

وبالتالي لرفع أداء نظام الرش المحوري والحصول على انتظامية عالية لابد من وجود صيانة دورية للأجهزة واجراء التقييم الحقلي للتأكد من مطابقة المواصفات بالحصول على انتظامية عالية. وكذلك استخدام الرشاشات المناسبة مع الترتيب المناسب وعدم تغيير مواصفات النظام من قبل المزارعين قبل الحصول على استشارة متخصصة.

المراجع

العمود، احمد إبراهيم و الغباري، حسين محمد، ١٩٩٦، تأثير صيانة الرشاشات على أداء نظام الري المحوري في المملكة العربية السعودية. مجلة الإمارات للعلوم الزراعية، كلية العلوم الزراعية، جامعة الإمارات العربية

الغباري، حسين محمد ومحمد، فوزي سعيد، ١٩٩٥، دراسة مسحية عن مشكلة التآكل في أنابيب نظام الري المحوري في مزارع المملكة العربية السعودية جامعة الملك سعود، كلية الزراعة، مركز البحوث الزراعية، نشرة بحثية رقم (٥٤): ١-٢٥.

الغباري، حسين محمد. ١٩٩٦. تأثير سرعة دوران نظام الري المحوري على فواقد الري بالرش. مجلة جامعة الملك سعود، مجلد ٨، العلوم الزراعية (١):١١١-١٢٣.

Al-Ghobari, H. M., 1992, "Losses from Low Pressure Center Pivot Irrigation Systems in a Desert Climate as Affected by Nozzle Height". J. Agric. Water Management, Vol.21:23-32, Elsevier Science Publishers B.V. Netherlands.

Al-Ghobari, H. M, 1993, "Evaporation and Drift Losses from Sprinkler Irrigation Systems under Hot and Dry Conditions". J. of King Saud University, Vol, 5 Agric, Sci, (2):153-164.

Al-Ghobari, H. M., 1994, "Field Study for Evaluation of Center Pivot System Performance under Arid Regions". Bull. Fac. Agric., Univ. Cairo. Vol. 45(4), 765-783.

AlGhobari, H.M. and Al-Amoud, A.I., 1993, "Center Pivot Water A pplication Uniformity Relative toTravel Speed and Direction". Alex J. Agric. Res. 38 (1):1-18.

Al-Ghobari, H. M., 2003, "The areal distribution of applied water above and below soil surface under center pivot Sprinkler irrigation system". J. of the Sadi Society of Agric, Sciences, Vol. 2. (2): 207-221.

Ali, SM., and Barefoot, AD., 1982, "Low Trajectory Sprinkler Patterns and Evaporation Loss". ASAE paper 81-2085.

ASAE Standards S436., 1994, "Test procedure for determining the uniformity of water distribution for center pivot, corner pivot, and moving lateral irrigation machines equipped with spry or sprinkler nozzles". ASAE, Joseph, MI 49085, P 754-75 5.

Camp, C.R.; Sadler, E.J.; Evans, D.E.; Usrey, L.J., and Omary, U. M., 1998, "Modified center pivot system for precision management of water and nutrients". ASAE, Vol. 14 (1), PP. 23-31.

Christiansen, J. E., 1942, "Irrigation by Sprinkling. Agricultural Experiment Station". Bulletin 670, California.

Coelho, R.D., Martin, D.L. and Chaudhry, F.H., 1997, "Optimal Emitter Spacing on a Center Pivot LEPA Irrigation Systems". ASAE, Paper No. 972215.

Heermann, D.F. and Hein, P.R., 1968, "Performance Characteristics of Self-Propelled Center Pivot Sprinkler Irrigation Systems Transactions". Of the ASAE, vol. 11(1),pp.11-15.

Heermann, D.F. and Swedensky D.L., 1984, "Simulation analysis of center pivot sprinkler uniformity". ASAE Winter Meeting, Paper No. 84-2582, st. Joseph, MI 49085-9659, PP. 16.

Hills, D. J. and Nderitu, S. M., 1993, "Sprinkler uniformity as affected by riser characteristics". Trans, Of the ASAE, Vol. 9 (6): 515-521.

Jensen, M.E., 1983, "Design and Operation of Farm Irrigation Systems". Ch. 14 and 15. ASAE Monogragh no. 3. pp. 829.

Keller, J. and Bliesner, R. D., 1990, "Sprinkle and Trickle Irrigation." Van Nostrand Reinhold, New York NY. U.S.A.

Li, J. and Gao, Z., 1998, "Modeling the effects of sprinkler water uniformity on crop yield". ASAE paper no 982076, Presented at the ASAE Annual International meeting.

Omary, M., C. R. Camp, and E. J. Sadler, 1996, "Center pivot irrigation system modification to provide variable water application depth". ASAE Paper No. 962075.St. Joseph, MI.

Pair, C. H., 1971, "Water distribution under sprinkler irrigation". Transaction of the ASAE, 11(5): 648-661.

Pair, C. H.; Hinz, W. W.; Reid, C. and Foest, K. R., 1975, "Sprinkler Irrigation". Fourth edition. Sprinkler irrigation Association, Silver Spring, MD, 615 pp.

Strong, W. C., 1961, "Advanced Irrigation Design. Agriculture and irrigation". Proc. Of an intl. Irrigation symp., southern Rhodesia, 242-246.

مؤتمر الخليج السابع للمياه
المياه في دول مجلس التعاون الخليجي ... نحو إدارة متكاملة
١٩ - ٢٣ نوفمبر ٢٠٠٥م دولة الكويت

المياه والصحة والبيئة

دراسة تطبيقية لمثلث جودة الموارد المائية

في منطقة الأحساء بالسعودية

أ.د. محمد وليد كامل

دراسة تطبيقية لمثلث جودة الموارد المائية في منطقة الأحساء بالسعودية

أ.د محمد وليد كامل

كلية الزراعة – جامعة حلب

الملخص

إن تقنيات تخمين الموارد المائية الجاهزة والمستعملة رهن بتطور نظم المعلومات الجغرافية Geographic information systems (GIS) ، ومهما تقدمت تلك التقنيات فان تقويم الموارد المائية الجاهزة للاستعمال الزراعي Agricultural والصناعي Industrial والسكني Domestic يمثل بمثلث جودة المياه Water quality، ويتبدل مفهوم الجودة مع الغاية من استعمال المياه ، ففي المجال السكني يكون المعيار هو الاوكسيجن المنحل في الماء dissolved oxygen in water (DO)، و في المجال الصناعي يكون المعيار هو قساوة المياه hardness water (HW)، أما في المجال الزراعي فالمعيار متعدد ويتصدره مفهوم كربونات الصوديوم المتبقية residual sodium carbonate (RSC) بالإضافة إلى الناقلية الكهربائية electrical conductivity (EC) ودرجة الحموضة (pH)، وجاءت الدراسة تطبيقا لمثلث الجودة في عينات من المياه الجوفية ومياه الخليج ومياه الصرف الزراعي والمدني (20 عينة) خلال فترتين من القياس: 15 /7- 9/15 /1422 في منطقة الأحساء بالسعودية.

الكلمات الدالة: استرجاع المياه، مثلث جودة المياه، زراعة مستدامة، مياه الصرف

المقدمـــة

من المحتمل أن تصل مساحة الرقعة الزراعية في السعودية إلى مليون هكتار من مجمل المساحة الكلية 225 مليون هكتار، ويمكـــن أن تـــبلغ الـــزراعات الرعوية عشرة أضعاف المساحة المزروعة، وذلك من خلال حصاد وتطوير الموارد المائية المتجددة من هطل ومن مخزون جوفي للمياه المستحاثة ومن مياه معالجة، إذ يتراوح الهطول السنوي بين 17 مم في ساحل البحر الأحمر إلى 485 مم في قمم المرتفعات الجنوبية الغربية (أكثر من 2500 م ارتفاع) (الزغت ، عقباوي ، 1986) مروراً بمنطقة الأحساء 86- 108 مم التي تقدر مساحتها بنحو 5.6 مليون هكتار، والتي تعتبر من المناطق الزراعية في الســـعودية لوفـــرة المـــياه الصالحة في آبارها، إلا أن مياه الآبار متأثرة بالتركيب الجيولوجي أولا و بالتسربات من المصارف الصناعية والزراعية والمدنية بعد التضخم في مختلف الأنشطة الإنسانية ثانيا، فكان لابد من التعرف على جودتها وفق مثلث جودة الموارد المائية بهدف استثمارها في المجالات المناسبة.

المواد وطرائق العمل

تم اخـــذ عيـــنات مائية من بعض الآبار (1- 13 بئرا) وعينات من مياه الصرف الزراعي (14-15-16 عينات) و المدني (17 عينة) ومن مياه الخليج العربي عند مصب المصارف (18-19-20 عينات) لكونها قد تكون موردا للتحلية فمـــنطقة الأحساء تطل على الخليج العربي من ميناء العقير (الطاهر، 1999)، واستخدمت بعض نتائج التحليل لمعرفة درجـــة الجودة من خلال مثلث جودة المياه، وتم اخذ العينات في عبوات بلاستيكية (كامل، 1996) مع مراعاة نقلها وتخـــزينها خلال فترتين زمنيين: 7/15 – 15 /9 /1422، وأجريت بعض التحاليل الأولية في مختبر قسم علوم التربة بكلية الزراعة في جامعـــة الملك سعود، ومن هذه التحاليـــل نذكر منهـــا: قياسات تمت باستخدام الاليكترود النوعي لـــتحديد درجـــة (microprocessor pH) (pH-537) – والناقلية الكهربائية- EC (ysi model-35) الاوكسيجن المنحل OD (OD-meter)– و الكبريتات(turbidimeter) SO_4^{2-} ، أما تقدير كاتيوني الكالسيوم Ca^{2+}والمغنيـــزيوم Mg^{2+} فكـــان باستخدام مقياس الطيف الذري ذو اللهب (perkin elmer -2380)، وتقدير الكربونات والبيكربونات بالمعايرة .

النتائج والمناقشة

بعـــد إجراء التحاليل الأولية التي أجريت في مختبرات قسم علوم التربة بكلية الزراعة في جامعة الملك سعود، تم تبويبها في الجـــداول ذوات الـــرقـــم (1و2 و3و4 و5) خـــلال الفترة الأولى 15 /7 والفترة الثانيـــة 15 / 9 من عـــام 1422 (2002 م). قبل مناقشة النتائج لابد من طرح تساؤلات يمكن أن تكون النتائج وطريقة عرضها وتحليلها إجابة لبعض تلك التساؤلات:

أولا – هل خاصية الجودة في المياه ترتبط باختبار وحيد أم باختبارات متعددة؟

ثانيا – هل الاختبار لخاصية الجودة ثابت مع الزمن أم متغير؟

ثالثا – هل للتركيب الجيولوجي لموقع المياه السطحية أم الجوفية من اثر في تحديد درجة الجودة والغاية منها؟

رابعا – هل يمكن تجنب العامل الشخصي وشفافية أدوات جمع واختبار الجودة؟

لقد تبين من مقارنة النتائج الواردة في الجدولين رقم (1) ورقم (2):

1- إن قيمة OD مغ/ل لمختلف عينات المياه المحصودة كانت ثابتة نسبيا (0.36 وسطيا)، (بفرض أن درجة الحرارة كانت بحدود 20 درجة مئوية (OD= 9.1 mg/l)، إلا انه قد حصل تلوث بالمواد العضوية بمعدل يكافىء OD يتراوح بين 1 مغ/ل وبين 2 مغ/ل في الآبار ذوات الرقم (4) و (5) و(7) و(9) و (11) و(12) و (13) بسبب تناقص قيمة الاوكسيجن المنحل فيها (6.25-8.43) – (7.37-9.46)- (8.78-9.91)-(9.71 -8.39) - (8.27-10.06) - (8.16- 9.39)- (7.34-8.76) على الترتيب، وان التلوث بالمواد العضوية كان واضحا في عينة مياه الصرف المدني رقم (17) بسبب تدني قيمة الاوكسيجن المنحل فيها (1.34 - 2.64) خلال فترتي القياس.

2- إن قيمة EC ديسيسمنز/م(dS/m) لعينات مياه الآبار ومياه الصرف الزراعي والمدني ومياه الخليج كانت متزايدة خلال فترتي القياس (2 شهر) ماعدا البئر رقم (4)كانت القيمة متناقصة (2.31-8.76) ربما يكون ذلك بسبب التسربات الجانبية، وكان التناقص واضحا في ملوحة مياه الخليج ربما يكون ذلك بسبب التخفيف بمياه الصرف، وكانت تتراوح بين 2 وبين 3 (1.4-2.1 غ/ل) وهي بحسب التصنيف غير مضمونة النتائج أو مشكوك في صلاحيتها للزراعة doubtful، ومنها ما هو اكبر من 3 فهي غير مرغوب فيها unsuitable.

3- إن قيمة الكبريتات مليمكافىء/ل مقاسة بطريقة العكارة turbidimerter غير ثابتة خلال فترتي القياس، وهي مختلفة القيمة بين موقع وآخر تزايدا وتناقصا، فإذا كانت متزايدة فهناك عملية ذوبان لمركب الجبس $CaSO_4.2H_2O$ gypsum، أما إذا ما كانت متناقصة فهناك عملية ترسيب، ويتدخل في عمليتي الترسيب والذوبان الأملاح الأخرى (كامل ،2001 و 2002)، وان لتواجد ايونات الجبس (SO_4-Ca) في المياه أثرا واضحا في درجة حموضتها بحيث تتراوح بين 7و8 ما عدا في مياه الصرف الزراعي التي اقتربت من 8.1، فإذا اعتبرنا قيمة الكبريتات هي المكافىء لعسر المياه الدائمة (جدول رقم 5) فمياه الآبار ومياه الصرف الزراعي تتراوح عسرتها بين العسرة المتوسطة وشديدة العسرة مما يتطلب تطريتها لاستثمارها في المشاريع الصناعية.

الجدول رقم (1): يبين النتائج الأولية لتحاليل عينات المياه المحصودة من منطقة الأحساء خلال الفترة الزمنية 15/7/1422

رقم العينة	pH	EC	OD	SO_4
1	7.1	1.94	9.32	2.45
2	7.2	2.48	9.54	2.88
3	7.2	2.24	9.70	2.56
4	6.9	8.76	8.43	34.54
5	7.3	3.15	9.46	30.50
6	7.9	2.42	9.67	3.19
7	7.3	1.85	9.91	2.01
8	7.6	1.82	9.35	2.06
9	7.3	4.46	9.71	28.82

1.74	8.72	1.94	7.5	10
20.92	10.06	5.72	7.6	11
8.44	9.39	3.60	7.8	12
45.98	8.76	5.13	7.8	13
15.50	9.72	1.89	7.3	14
11.65	8.48	1.85	7.5	15
14.20	9.72	1.73	8.1	16
17.50	1.34	2.24	7.5	17
887.50	8.70	29.50	7.0	18
737.20	8.56	34.20	7.8	19
1040.1	8.88	41.20	7.9	20

الجـــدول رقم (2): يبين النتائج الأولية لتحاليل عينات المياه المحصودة من منطقة الأحساء بالسعودية خلال الفترة الزمنية 15 / 9 / 1422

SO_4	OD	EC	pH	رقم العينة
2.34	9.38	2.49	7.1	1
3.42	9.49	3.06	7.8	2
2.81	9.73	2.76	7.5	3
34.75	6.25	2.31	6.8	4
3.53	7.37	4.33	7.1	5
2.27	8.78	2.52	7.3	7
2.17	8.87	2.41	7.6	8
11.24	8.39	6.85	7.4	9
2.21	8.26	2.60	7.5	10
22.27	8.27	8.63	7.5	11
10.83	8.16	5.21	7.6	12
18.32	7.34	7.10	7.7	13
2.39	9.55	2.55	7.5	14
2.04	8.13	2.48	7.5	15
2.03	10.03	2.38	8.1	16
1.14	2.64	3.52	7.7	17
52.12	8.27	6.82	7.7	18
56.28	7.69	7.20	7.6	19
77.81	9.66	9.48	7.9	20

وتبين أيضا من مقارنة نتائج الجدولين رقم (3) ورقم (4):

1- إن المـياه المحصـودة من مواقع مختلفة داخل منطقة الأحساء كانت غنية بايونات الكلسيوم ومصدرها التوضعات الجبسـية، و غنية أيضا بايونات المغنيزيوم ومصدرها معدن الباليجورسكيت (كامل، الصومالي، 2001) ، وان مجموع هذه الايونات (مليمكافىء/ل) يفوق تركيز البيكربونات (مليمكافىء/ل)، وان الفرق بين الأخير والأول هو ما يعرف بكـربونات الصـوديوم المتبقية التي تعتبر مدخلا من مداخل التنبؤ عن صلاحية مياه الري، اذ تعتبر المياه جيدة دونما أن تقلون التربة من اجل فرق اقل من 1.25 ومتوسطة الجودة إذا كان الفرق يقع ما بين قيمتين 1.25 و بين 2.50، وما زاد عـن ذلـك فالمياه غير صالحة لكون البيكربونات ترسب الكالسيوم والمغنيزيوم على سحنة كربونات الكلسيوم و كـربونات المغنيـزيوم، وما زاد من البيكربونات حرا نشطا يكون منشطا لايونات الصوديوم فتتحقق القلوية في التربة، وهذا ما يسمح بالقول: إن مياه الآبار جميعا صالحة الري من وجهة نظر حماية التربة من التقلون (تشكل القلوية) ماعدا مـياه البئر رقم (7) فهي متوسطة الصلاحية، وعينة الصرف الزراعي رقم (16) وعينة الصرف المدني رقم (17) فهما مرفوضتان لاستخدامها في الزراعة.

الجـدول رقم (3): يبين النتائج الأولية لتحاليل عينات المياه المحصودة من منطقة الأحساء خلال الفترة الزمنية 15 /7/ 1422

رقم العينة	CA^{2+}	MG^{+}	HCO_3^-	- RCS	TDS
1	7.21	5.66	1.00	11.87	24.25
2	7.32	5.26	3.00	8.03	31.00
3	9.97	40.83	7.00	43.80	28.00
4	8.76	6.88	2.87	12.77	109.50
5	7.62	4.78	4.37	8.12	39.37
6	6.89	4.83	3.12	8.60	30.25
7	5.99	4.78	3.12	7.65	23.13
8	6.08	4.68	2.87	7.89	22.75
9	23.60	33.00	3.75	52.85	55.75
10	6.51	3.91	2.25	8.17	24.25
11	20.68	16.13	4.87	31.94	71.50
12	13.68	9.21	4.12	18.77	45.00
13	29.13	38.67	7.00	60.80	64.13
14	6.07	4.85	2.75	8.17	23.63
15	5.46	4.71	2.25	7.92	23.13
16	5.62	4.25	3.50	6.37	21.63
17	4.83	4.30	8.00	1.13	28.00
18	5.32	35.80	6.50	34.62	368.80
19	5.35	37.50	8.00	34.80	427.50
20	22.17	187.50	4.50	205.67	515.00

الجـــدول رقم (4): يبين النتائج الأولية لتحاليل عينات المياه المحصودة من منطقة الأحساء خلال الفترة الزمنية 9/15/ 1422

TDS	RCS	HCO_3	mG^{2+}	CA^{2+}	رقم العينة
31.13	2.60	7.50	4.52	5.58	1
28.25	2.77	7.50	4.53	5.74	2
34.50	2.08	7.50	4.68	4.90	3
28.88	34.66	12.50	35.76	11.40	4
54.13	7.74	7.50	7.50	7.74	5
31.50	+2.17	10.00	2.72	5.11	7
30.13	0.37	7.50	2.74	5.13	8
85.63	10.84	10.00	8.31	12.53	9
32.50	0.89	7.50	2.39	6.00	10
107.90	22.44	7.50	11.38	18.56	11
65.13	7.64	10.00	5.96	11.68	12
88.75	13.34	12.50	9.12	16.72	13
31.88	0.61	7.50	2.69	5.15	14
31.00	2.76	5.00	2.50	5.26	15
29.75	+4.29	10.00	2.35	3.36	16
44.00	+7.01	15.00	2.79	5.20	17
85.25	45.80	15.00	43.17	17.63	18
90.00	54.69	7.50	43.26	18.43	19
118.50	66.01	5.00	44.92	26.09	20

الجدول رقم (5): يبين قيم القساوة الدائمة مغ /ليتر في عينات المياه المحصودة من منطقة الإحساء خلال الفترتين الزمنتيين 7/15 – 9/15 / 1422

الفترة 9/15	الفترة 7/15	رقم العينة
112.32	117.60	1
164.16	138.24	2
134.88	122.88	3
1668.00	1657.92	4
169.44	1464.06	5
--------	1531.20	6
108.96	96.48	7
104.16	98.88	8
539.52	1383.36	9
106.08	83.52	10
1068.96	1004.16	11
519.84	405.12	12

879.36	2207.04	13
114.72	108.00	14
97.92	78.72	15
97.44	72.48	16
54.72	108.48	17
2501.76	540.00	18
2701.44	542.40	19
3734.88	3859.68	20

مثلث جودة الموارد المائية

هـــو مثلث جديد في مفهومه قديم في تقليديه، مثله في ذلك مثل مثلث قوام التربة مكون من أضلاع متساوية ومدرجة بنسبة مئوية لمكونات التربة من الطين والسلت والرمل، أما الجديد في المفهوم فهو مثلث متساوي الأضلاع حيث تحمل أضـــلاعه قيم الأوكسجين المنحل (جودة مياه الشرب المترلي) وقيم قساوة المياه (جودة المياه المستعملة في الصناعة) وقيم القلوية المتبقية (جودة المياه المستعملة في الري) (U.S .EPA, 1974).

تطبيق الدراسة

لا تمثل نتائج تحاليل عينات المياه المحصودة من آبار ومصارف ومصباتها عند الخليج المعايير المتفق عليها عالميا من اجل تصنيف جودة المياه، وذلك لأسباب تتعلق:

أولا- بالتركيب الجيولوجي للمنطقة التي تحتضن المياه الجوفية / جبسية – ملحية (كامل، 2001و2002)

ثانيا- بنفوذية طبقاتها البيدولوجية لمياه المصارف / التلوث بالمواد العضوية.

ثالثا – بطبيعة الأنشطة السكانية المتزايدة / الزراعية منها والصناعية.

إن الأســـباب الســـابقة وغيرهـــا هي التي جعلت مياه الآبار أولا وإمكانية تدوير مياه الصرف بدون معالجة ثانيا وعدم استقراري خواص مياه الخليج عند مصبات المصارف ثالثا، أن تخرج من مثلث جودة الموارد المائية، ذلك المفهوم الذي لم أجد له مرجعا في شبكة المعلومات، وان مثل هذا المفهوم يستحق التطوير والتطبيق على نتائج اكثر تنوعا بهدف التوصل الى تصـــنيف عالمـــي للمياه بحسب الاستعمال الامثل لاغراض مترلية وصناعية وزراعية، وكثيرا ما تجر الافكار افكارا اخـــرى، وما مثلث جودة المياه الا تقليدا لمثل القوام في علم التربة، فان وضع علماء فيزياء التربة من الوقت ما سمح لهم برسم وصياغة المثلث بشكله الحالي، فلا بد من تضافر الجهود جهود العاملين في جودة المياه من اجل رسم وصياغة مثلث جودة المياه لاستعمالات مختلفة في الشرب والري والصناعة للأسباب التالية:

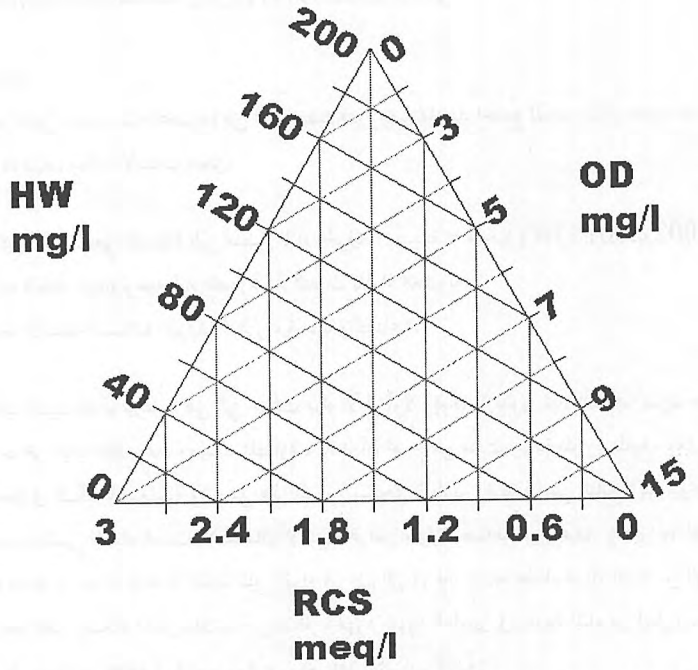
أولا- التلوث بالمواد العضوية يجعلها غير صالحة للشرب

(Agency of calif.1963. Mancy and Jaffe, 1966. Mohlman et al, 1950. Winkler, 1988)

ثانـــيا – الملـــوحة تجعلها غير صالحة للزراعة بدون خلط بمياه عذبة أو اقل ملوحة، وان كانت تلك المياه غنية بايونات الكلسيوم التي تقي التربة من ظاهرة القلوية، إلا إنها غنية بايونات المغنيزيوم ذات الأثر السمي تراكميا.

ثالـــثا- عســـر المياه الدائم لتوفر ايونات الجبس $Ca\text{-}SO_4$ بوفرة متجددة يجعلها غير صالحة للاستثمار المنزلي والصناعي بدون عمليات تطرية(كامل ودرمش، 1999، درمش وكامل، 1984).

لابد من تطوير معرفتنا بالماء ذلك السائل المبارك، به كانت الحياة وفيه الطهارة وبدونه تتهاوى الحضارات، فكل التقنيات التي من شأنها ان تعزز معرفتنا بذلك السائل المبارك هي من التقنيات التي يجب ان نسعى اليها افرادا وجماعات، ولا سيما ان تنتهي المعرفة بطريقة تدوير كل قطرة قبل ان ترحل بخارا في السماء، ونحن نعيش الجفاف فترة يشتد فيها الطلب على المـــاء للشرب وللري ولصناعة ما لا يمكن الاستغناء عنه، فمثلث الجودة هو فكرة قد تخدم جيلا قادما من اجل استعمال افضل للمياه.



الشكل رقم (1): يبين مثلث جودة الموارد المائية لخدمة التجمعات السكانية والمشاريع الزراعية والصناعية

المراجع

الـــزغت، معـــين فهد، عقباوي، وكمال عبد الله ، 1986 ، الأقاليم الحياتية في المملكة العربية السعودي. الإصدار التاسع للجمعية السعودية لعلوم الحياة .

در مش، محمد خلدون، كامل، ومحمد وليد، 1984، الكيمياء العامة. منشورات جامعة حلب.

كامل، محمد وليد، در مش، ومحمد خلدون، 1999، الأراضي والجيولوجيا. منشورات جامعة حلب.

كامل، محمد وليد، الصومالي، وزياد موسى، 2001، دراسة بيئة تشكل معدن الطين الليفي الباليجورسكيت وأثره في خواص بعض ترب المملكة العربية السعودية. منشورات قسم علوم التربة بكلية الزراعة في جامعة الملك سعود.

كامل، محمد وليد، 2001، إنتاجية الترب الجبسية وتوزيعها في المملكة العربية السعودية. المجلة الزراعية، العـــدد 3 ، (المجلد 32)، الرياض.

كامـــل، محمد وليد، 2002، محاولات لتعديل طرق تقدير محتوى الترب الجبسية من الجبس واقتراح طريقة شاملة. المجلة الزراعية العدد 1 (المجلد 33)، الرياض.

الطاهر، عبد الله أحمد سعد، 1999، الأحساء دراسة جغرافية. منشورات جامعة الملك سعود.

References

Agency of California, 1963, "state water quality board". Publ. No.3-A.

Mancy,K.H.,and Jaffe. T, 1966, "Analysis of dissolved oxygen in natural and wastewater". Publ.No.999.WP.37, U.S.Public Health Serv. Washington,D.C.

Mohlman, F.W., et al, 1950, "Experience with modified methods for BOD-sewage". Ind.Wastes .22:31.

U S EPA, 1974, "Methods for chemical analysis of water and wastes .US Environmental protection agency office of solid waste and emergency response". Washington, DC.

Winkler, L.W., 1988, "The determination of dissolved oxygen in water". Berlin.Deut. Chem.Ger.21:284.J .

التلوث الكيميائي والبتكرولوجي لمياه الآبار

كحول م. ، س. زواينية

التلـــــوث الكيميـــائـــي والبكتريولوجـــــي لميـــاه الآبـــار

كحـــول م. و س. زواينية

جامعة عنابـــة – الجزائـــر – كليـــة العلـــوم – قســم الكميـــاء الحيويـــة.

فاكس: 00 213 38 87 10 61

البريد الإلكتروني: kahomed@yahoo.fr

ملخص

تطـــرقنا في دراستنا إلى التحاليل الفزيوكيماوية و البكتريولوجية لمياه أربعة آبار متواجدة بمنطقة زراعية و سكانية بولاية عـــنابة (شمال شرق الجزائر).وقد درست عدة عوامل فزيوكيماوية منها الأس الهيدروجيني، الأكسجين المحلل، النترات، الكالســـيوم، البوتاسيوم، الكلور، المغنزيوم...الخ. و أجريت كذلك تحاليل بكتريولوجية. عموما إن النتائج المحصل عليها قـــد بينت أن مياه معظم الآبار المدروسة ملوثة على المستوى الكيميائي وبالأخص نتيجة عن استعمال الأسمدة الكيماوية بكثـــرة في هذه المنطقة. أما على الجانب البكتريولوجي فوجود بكتيريا مؤشرة للتلوث الذي يعزى إلى الكثافة السكانية الكبيرة وسوء صيانة الآبار.

مفاتيح كلمات : مياه - الآبـــار - التلـــــوث - فزيوكيماء - بكتريولوجيا

مقدمة

تقع منطقة عنابة بشمال شرق الجزائر وتمتاز بكميات هائلة من المياه. المياه المستغلة للشرب تأتي معظمها من سدين كبيرين ومن باطن الأرض بما فيها الآبار. إن بعض الأحياء الريفية التابعة لمنطقة ولاية عنابة مازالت غير مربوطة بالشبكة العمومية لتوزيع مياه الشرب مما أضطر سكانها إلى استغلال المياه الجوفية عن طريق حفر الآبار.

لكي نتعرف على نوعية مياه هذه الآبار, قمنا بدراسة تمحورت في مراقبة فيزيوكميائية أجريت على عدة عينات من الماء التي اخذت من مختلف أبار هذه المنطقة.

١- الوسائل وطرق العمل

١-١- إختيار مواقع أخذ العينات

أخذت عينات الماء من مواقع ريفية تابعة إلى ولاية عنابة وذلك على بعد 10 كلم من وسط المدينة. هذه المواقع اختيرت على شكل عشوائي وتتمثل في أربعة آبار يبعد الواحد منها عن الآخر بحوالي 300م.

١-٢- طريقة أخذ العينات

للقيام بالتحاليل البكتريولوجية تم أخذ العينات في قارورات زجاجية معقمة سعة الواحدة منها 250 ملل. أما فيما يخص التحاليل الفيزيوكميائية فقد أخذت العينات في قارورات بلاستيكية ذات الاستعمال الواحد [2]. الطريقة المتبعة في عملية أخذ العينات هي الطريقة الخاصة المستعملة عاديا في أخذ عينات المياه الجوفية [3]. وعلى سبيل الذكر فقد تم أخذ ثلاثة عينات من كل بئر وذلك في أوقات مختلفة.

١-٣- طرق التحاليل

مجموعة من التحاليل الفيزيوكميائية أجريت حسب الطرق الدولية الموحدة وخصت الأس الهيدروجيني (pH) الذي قيس بواسطة جهاز pH-meter [3], معايرة النترات والصوديوم والكلور والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنيزيم باستعمال جهاز spectrophotometer [4], وأخيرا الأوكسجين المحلل بواسطة جهاز oxydometer [9].

بعد ذلك تم إجراء التحاليل البكتريولوجية المتمثلة في بحث وحساب عدد الجراثيم الكلية بإتباع الطريقة القائمة على استعمال الوسط الغذائي الصلب (TGEA) وتعداد المستعمرات النامية بعد 48 ساعة من الحضن [8] ثم في بحث وحساب البكتريا الفضلية وفقا لطريقة Mac Grady [7] وتشخيص نوع *Escherichia coli coli* بإجراء إختبار Mac Kenzie إنطلاقا من الوسط الغذائي BCPL الموجب [5] وبحث وحساب المكورات السبحية الفضلية بالقيام بالاختبار المحتمل والاختبار التأكيدي مع تطبيق طريقة Mac Grady لتحديد عدد هذا النوع من البكتريا [3].

وأخيرا تم البحث عن *Clostridium* المرجعة للكبريت بتعداد الأشكال الخضرية وبالأخص الأشكال المتبوغة نظرا لمقاومتها للحرارة [3].

٢- النتائج والمناقشة

من خلال النتائج المتحصل عليها قد تبين أن العناصر الفيزيوكميائية المعايرة في مياه الآبار المدروسة تنقسم إلى قسمين حسب الكمية والعدد حيث قسم يتجاوب مع المعايير المعمول بها محليا ودوليا والقسم الآخر خارج عن نطاق هذه المقاييس [5] [4].

ففي ما يخص الصوديوم (جدول رقم1) فهو يتواجد بكميات عالية وبالخصوص في عينات المياه المأخوذة من الآبار رقم 2و 3 التي تحتوي على التوالي 240 و266 ملغ/ل حيث لا تطبق مع المقاييس المعمول بها وهي 200 ملغ/ل. لقد يرجع هذا التزايد بالأخص إلى انحلال الأملاح المعدنية وإلى عملية التبادل الكيميائي بين الماء والصلصال الداخل في تركيب الطباقات [7].

جدول رقم 1 : نتائج ممعايرة الصوديوم (ملغ/ل) في مياه الأبار الأربعة

	1 بئر	2 بئر	3 بئر	4 بئر
1 عينة	150.5	257	266	210.5
2 عينة	170	219	282.5	204
3 عينة	158.5	240.5	248.5	164.5

أما معايرة النتراث في العينات المائية (جدول رقم2) فقد ظهرت في الآبار رقم 2 ,3 و4 كميات كبيرة مقارنة مع المقاييس المحلية والدولية. قد يفسر هذا الإفراط بغناء التربة بالمادة العضوية وبوجود هذه الآبار في منطقة زراعية حيث تستعمل فيها بكثرة
الأسمدة الأزوتية [1].

جدول رقم 2 : نتائج معايرة النترات (ملغ/ل) في مياه الأبار الأربعة

	1 بئر	2 بئر	3 بئر	4 بئر
1 عينة	7.95	343.1	206.66	173.33
2 عينة	22.61	403.07	345.38	422.30
3 عينة	4.11	27.60	13.80	31.63

بصفة عامة لاحظنا أن البوتاسيوم (جدول رقم3) يتواجد في هذه المياه بكميات تتراوح ما بين 1 ملغ/ل بالبئر رقم 1 و 80 ملغ/ل بالبئر رقم 4. هذه الكمية الأخيرة لا تتجاوب مع الكميات العادية التي لا تتجاوز20 ملغ/ل. وللإشارة فإن الآبار الأخرى تحتوي على كميات ضعيفة جدا من البوتاسيوم. إن وجود هذا العنصر الكيميائي في الماء ناتج عن التركيبة الطبيعية لصلصال الطباقات الجيولوجية [1].

جدول رقم 3 : نتائج معايرة البوتاسيوم (ملغ/ل) في مياه الأبار الأربعة

	1 بئر	2 بئر	3 بئر	4 بئر
1 عينة	1.51	1.26	2.52	96.5
2 عينة	1.74	1.45	2.56	78.5
3 عينة	1.13	1.25	2.53	67.50

فبخصوص الأس الهيدروجيني (pH) (جدول رقم 4) لمياه كل الآبار المدروسة فقد ظهر عاديا وهو نفس الشيء الذي تبين به عنصر الكالسيوم(جدول رقم5).

جدول 4 رقم : نتائج قياس pH مياه الأبار الأربعة

	1 بئر	2 بئر	3 بئر	4 بئر
1 عينة	6.95	6.85	7.00	7.27
2 عينة	7.14	6.98	7.09	7.45
3 عينة	6.95	6.78	6.95	7.21

جدول 5 رقم : نتائج معايرة الكلسيوم (ملغ/ل) في مياه الأبارالأربعة

	1 بئر	2بئر	3 بئر	4 بئر
1 عينة	33.67	64.13	120.24	124.25
2 عينة	45.69	45.69	112.22	128.25
3 عينة	44.09	120.64	136.37	152.30

على العموم وحسب الجدول 6نرى أن كميات الكلور (جدول رقم 6) هي كذلك متجاوبة مع المقاييس المعمول بها حيث تتراوح ما بين 179 و414 ملغ/ل ولكن نستطيع أن نقول أنها غير كافية نظراً لوجود جراثيم في هذه المياه.

جدول 6رقم : نتائج معايرة ا لكلور(ملغ/ل) في مياه الأبار الأربعة

	1 بئر	2 بئر	3 بئر	4 بئر
1 عينة	180.81	343.89	478.61	478.61
2 عينة	179.39	280.07	379.35	265.89
3 عينة	177.26	315.53	386.43	336.80

إن كمية الماغنيزيم (جدول رقم7) التي وجدت في كل العينات تعتبر عادية بما أنها لن تتجاوز الكمية المسموح بها. إن قياس الأوكسجين المحلل (جدول رقم8) في مياه الآبار الأربعة أعطى نتائج تتراوح بين3 و5 ملغ/ل وبالتالي تعتبر عادية ومقبولة مقارنة مع المقاييس المحلية [4] التي لا يجب أن تتجاوز 8ملغ/ل.

جدول 7 رقم : نتائج معايرة الماغنيزيم (ملغ/ل) في مياه الآبار الأربعة

	1 بئر	2 بئر	3 بئر	4 بئر
1 عينة	26.25	70.48	70.48	55.90
2 عينة	23.33	106.94	53.47	58.33
3 عينة	19.44	53.47	82.64	63.19

جدول 8 رقم : نتائج معايرة الأوكسجين المحلل (ملغ/ل1ملل/ ل) في مياه الأبار الأربعة

	1 بئر	2 بئر	3 بئر	4 بئر
1 عينة	4.5	4.75	5.55	6.05
2 عينة	5.19	5.49	5.58	5.63
3 عينة	2.54	2.97	3.82	4.76

أما في ما يخص نتائج التحليل البكتريولوجي الملخصة في الجداول 9 , 10, 11, 12 فقد أظهرت اختلاف في عدد الجراثيم الكلية في النقاط المدروسة مع ملاحظة أكبر عدد في البئر رقم 4.

وتبين كذلك وجود البكتريا الفضلية في كافة الآبار علما حسب (Raymond (1990 [6] أن هذا النوع من البكتريا لا يؤشر بالضرورة للتلوث. لكن من جهة أخرى, فإن هذه الأحياء الدقيقة قد تعيش مدة طويلة في الماء نظرا لقدرتها على مقاومة الكلور الناتج عن عملية التعقيم. وبهذه الصفة فهي تستعمل كمؤشر لسوء معالجة مياه الشرب أو لإثبات تلوثها بعد هذه العملية. ففي هذا الاتجاه فقد بينت النتائج وجود هذا النوع من البكتريا بالإضافة إلى وجود المكورات السبحية الفضلية في الآبار رقم1, 3 و4 الشيء الذي يثبت تلوثهم وبالتالي تعتبر مياه هذه الآبار غير صالحة للشرب. وللتأكيد فإن المقاييس المحلية والدولية تسمح بوجود أقل من واحد بكترية من هاتين النوعين في 100 **ملل** من الماء.

إن التحاليل أظهرت كذلك أن مياه الآبار رقم1 و3 و4 تحتوي على عدد كبير من *Clostridium* المرجعة للكبريت مع العلم أن المقاييس لا تسمح بوجودها تماما في مياه الشرب.

جدول 9رقم : نتائج التحليل البكتريولوجي لمياه البئر رقم 1

	الجراثيم الكلية ملل/1	البكتريا الفضلي ملل/100	*Escherichia coli*/ ملل 100	المكورات السبحية الفضلية ملل/100	*Clostridium* المرجعة للكبريت ملل /20
معدل عدد البكتريا في ثلاثة عينات	1700	260	15	55	03

جدول 10رقم : نتائج التحليل البكتريولوجي لمياه البئر رقم 2

	الجراثيم الكلية ملل/1	البكتريا الفضلية ملل/100	*Escherchia Coli* ملل100	المكورات السبحية الفضلية ملل/100	*Clostridium* المرجعة للكبريت ملل /20
معدل عدد البكتريا في ثلاثة عينات	3540	14	00	00	02

جدول 11رقم : نتائج التحليل البكتريولوجي لمياه البئر رقم3

	الجراثيم الكلية ملل/1	البكتريا الفضلية ملل/100	*Escherchia Coli* ملل100	المكورات السبحية الفضلية ملل/100	*Clostridium* المرجعة للكبريت ملل /20
معدل عدد البكتريا في ثلاثة عينات	3500	80	06	32	03

جدول 12رقم : نتائج جدول التحليل البكتريولوجي لمياه البئر رقم 4

	الجراثيم الكلية ملل/1	البكتريا الفضلية ملل/100	*Escherchia Coli* ملل100	المكورات السبحية الفضلية ملل/100	*Clostridium* المرجعة للكبريت ملل /20
معدل عدد البكتريا في ثلاثة عينات	7500	130	02	75	03

٣- الاستنتاج

على ضوء النتائج المتعلقة بالتحاليل التي قمنا بها في هذا البحث نستطيع أن نستنتج أن مياه الآبار المدروسة تحتوي بالأخص على كميات عالية من النترات مقارنة مع المقاييس المعمول بها وبالتالي فهو من الممكن أن تكون لها أضرار وخيمة على صحة المستهلك في المدى البعيد, وأما على المستوى البكتريولوجي ظهرت مياه معظم الآبار غير صالحة للشرب نظرا لاحتوائها على أحياء دقيقة ملوثة حيث ترجع أسبابها الرئيسية إلى الكثافة السكانية الكبيرة وغياب أو سوء تنظيم عمليات التطهير والمعالجة اللازمة والصحيحة لهذه المياه.

المراجع

[1]-BOUDJENAH H.S, 2000, "Etude comparative de la composition des eaux de forage de trois nappes destinées à l'alimentation en eau potable dans la région de Ouargla et mise au point d'un procédé économique pour la réduction de la dureté". Thèse de magister. Univ. de Constantine.

[2]- DEGREMOND B, (1967), "Mémento technique de l'eau". Ed paris, Tome 1.

[3]- GUIRAUD J. P. (1998), "Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod".

[4]- IANOR, (1992), "Normes algériennes. 1ere édition".

[5]- OMS, 1986, "Directives de qualité pour l'eau de boisson".Vol.2.pp.10-15

[6]- Raymond D., 1990, "Le traitement des eaux".

[7]- RODIER, J, 1978, "L'analyse de l'eau.8ème édition". pp. 553 – 75.

[8]- SCHWARTZBROD L, 1996, "Virologie des milieux hydriques".pp.112.

[9]- SIMON P. et R. MEUNIER, 1970, "Microbiologie industrielle et génie biochimique". Ed. Masson et Cie, Paris.

مؤتمر الخليج السابع للمياه
المياه في دول مجلس التعاون الخليجي ... نحو إدارة متكاملة
١٩ - ٢٣ نوفمبر ٢٠٠٥م دولة الكويت

تقنيات تحلية ومعالجة المياه

طرق زيادة فاعلية أنظمة الطاقة الشمسية

المرتبطة بمحطات تحلية المياه بالتناضح العكسي

د. حسين الربيعي

طرق زيادة فاعلية أنظمة الطاقة الشمسية المرتبطة بمحطات تحلية المياه بالتناضح العكسي

د. حسين الربيعي

المعهد العالي للهندسة / هون

ص. ب. : 61297 ، هون ، الجماهيرية الليبية.

E-mail: xyccaa@yahoo.com

ملخص

بهدف الإيفاء بالمتطلبات المستقبلية لاستهلاك المصادر التقليدية للطاقة والمياه العذبة تم في الدراسة الحالية بحث إمكانية تطوير التصميم التقليدي لمحطات التحلية من نوع التناضح العكسي للعمل بنظام مشترك شمسي يتم فيه استخدام محطة شمسية متكاملة بالشبكة الكهربائية في تجهيز جزء من الطاقة الكهربائية اللازمة لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي أو مركز كهروحراري شمسي متكامل بالشبكة الكهربائية يتم فيه إنتاج مشترك لجزء من الطاقة الكهربائية اللازمة لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي والطاقة الحرارية المطلوبة لوحدة تحلية تبخيرية متعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة. مما يؤدي ذلك إلى انخفاض معدل استهلاك الوقود في الشبكة الكهربائية لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية. وبناء على ما تقدم تم في البحث وباستخدام طريقة النمذجة الرياضية دراسة فاعلية التصاميم المقترحة للمراكز الكهروحرارية والمحطات المشتركة الشمسية. وبصفة مقياس للفاعلية الحرارية والحفاظ على أدنى مستوى من التلوث للوسط المحيط تم اعتماد مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة نتيجة لاستخدام التصاميم المقترحة مقارنة مع التصميم التقليدي لمحطات التحلية من نوع التناضح العكسي. وقد بينت نتائج الدراسة فاعلية المحطات المشتركة الشمسية. حيث بلغ مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة في الشبكة الكهربائية 143.6 ton.fuel /year لكل MW من الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية من نوع القطع المكافئ الأسطواني المستخدمة في المحطة المشتركة الشمسية . وطبقا لذلك فان مقدار الانخفاض في كمية ثاني أوكسيد الكربون 449.5 ton/MW.year واكاسيد النتروجين 0.5 ton/MW.year المطروحة للوسط المحيط. وذلك عندما تكون النسبة السنوية للمشاركة الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية اللازمة لوحدة التحلية % 68 وكفاءة المحطة التعويضية على إنتاج الطاقة الكهربائية % 40. أما في حالة تصميم مركز كهروحراري مشترك شمسي فإن نسبة الزيادة في المؤشرات السالفة الذكر % 13.2 هذا إلى جانب ارتفاع كمية مياه التحلية الشمسية المنتجة بمعدل 21088.0 ton/MW.year .

مفاتيح كلمات: المراكز الكهروحرارية والمحطات المشتركة الشمسية، محطات التحلية بالتناضح العكسي، محطات التحلية التبخيرية المتعددة التأثير، المجمعات الشمسية التركيزية.

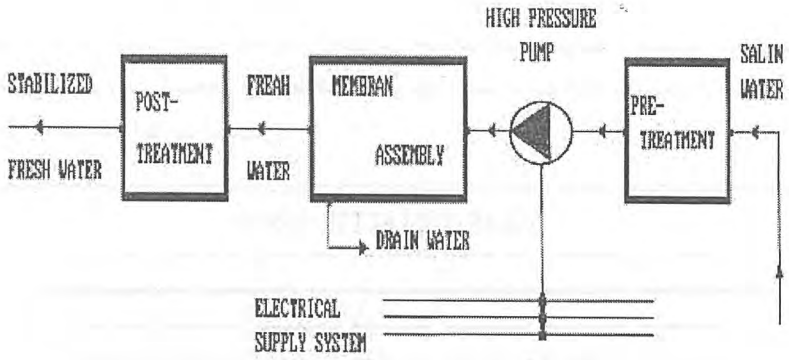
1 ــ المقدمة

تعتبر الطاقة والمياه العذبة من أهم الموارد الطبيعية و الضرورية للحياة في جميع المجتمعات. ونتيجة لزيادة المخاوف من احتمالية نضوب مصادر الطاقة التقليدية والزيادة المتصاعدة في الحاجة البشرية للطاقة والمياه العذبة أصبح من الضروري العمل على ترشيد استهلاك المتوفر من هذه الموارد الطبيعية والبحث عن وسائل وطرق متعددة للإيفاء بالمتطلبات المستقبلية للطاقة والمياه. إن السبيل الأمثل لحل مشكلة المياه وتأمين مصادر الطاقة على المدى البعيد والقريب يكمن في استغلال الطاقات الجديدة والمتجددة في إنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية [1 , 2]. وتشير نتائج الدراسات الحديثة في مجال الطاقة إلى فاعلية استخدام المحطات الشمسية الحرارية لإنتاج الطاقة الكهربائية [3] والآفاق المستقبلية لاستغلال مصفوفات المجمعات الشمسية التركيزية من نوع القطع المكافئ الأسطواني في إنتاج معدل استهلاك الطاقة الحرارية لهذه المحطات [4]. أما في مجال تحلية مياه البحر فقد بينت نتائج الدراسة السابقة [5] فاعلية استخدام مصفوفات الألواح الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية اللازمة لوحدات التحلية من نوع التناضح العكسي. ولكن من المشاكل السلبية لهذه النوعية من محطات التحلية هي انخفاض كفاءة مصفوفات الألواح الشمسية. ومن ثم زيادة المساحة السطحية لهذه المصفوفات بشكل كبير مع ارتفاع إنتاجية وحدة التحلية. مما يؤدي إلى ارتفاع كلفة إنشاء هذه النوعية من محطات التحلية الشمسية. وتشير نتائج الدراسات في مجال الطاقة وتحلية المياه [6 , 7] إلى فاعلية استخدام المراكز الكهروحرارية البخارية والمزدوجة المخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية عن طريق وحدات التحلية المتعددة التأثير ذات درجات الحرارة المنخفضة أو الضغط الحراري للبخار. ولكن في هذه الدراسات تم الأخذ بعين الاعتبار إمكانية عمل التصاميم المقترحة بأنظمة الطاقة التقليدية (النفط والغاز الطبيعي).

وبناء على ما تقدم لحل المشاكل السلبية السابقة الذكر والإيفاء بالمتطلبات المستقبلية لاستهلاك المياه العذبة والمصادر التقليدية للطاقة وحفظ البيئة من مصادر التلوث سوف نتطرق في الدراسة الحالية إلى بحث طرق زيادة فاعلية محطات التحلية من نوع التناضح العكسي عن طريق تطوير التصميم التقليدي لهذه المحطات إلى محطة مشتركة شمسية مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية أو مركز كهروحراري مشترك شمسي مخصص لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية يتم فيه استغلال مصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية لتحقيق نظام مشترك شمسي لاشتغال وحدة التحلية من نوع التناضح العكسي على طاقة الإشعاع الشمسي و الشبكة الكهربائية.

2 ــ التصميم الأساسي لمحطة التحلية من نوع التناضح العكسي

يتضمن التصميم التقليدي لمحطات التحلية من نوع التناضح العكسي (الشكل (1) الأجزاء الأساسية التالية: منظومة المعالجة الأولية للمياه المالحة، مضخة رفع ضغط المحلول الملحي إلى ضغط التناضح العكسي، مجموعة مرشحات المعالجة ذات الغشاء الانتقائي، ومنظومة المعالجة النهائية لمياه التحلية المنتجة. وبذلك يتم عن طريق الشبكة الكهربائية تجهيز محطة التحلية بالطاقة الكهربائية المطلوبة لإنتاج مياه التحلية. حيث تشكل الطاقة الكهربائية المستهلكة لمضخة رفع ضغط المحلول الملحي الجزء الأساسي من هذه الطاقة. وعليه تم في الدراسة الحالية الأخذ بعين الاعتبار إن محطة التحلية من نوع التناضح العكسي يمكن أن تكون مصممة بمرحلتين للضغط ومجهزة بتربينة مائية أو بمبادل للضغط لاسترجاع الطاقة الهيدروليكية للمياه المالحة المستنزفة من مرحلة الضغط العالي. مما يؤدي ذلك إلى انخفاض معدل استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة لإنتاج مياه التحلية [8].



الشكل (1): محطة التحلية من نوع التناضح العكسي.

3 ــ التصاميم المقترحة لتطوير التصميم التقليدي لوحدات التحلية من نوع التناضح العكسي

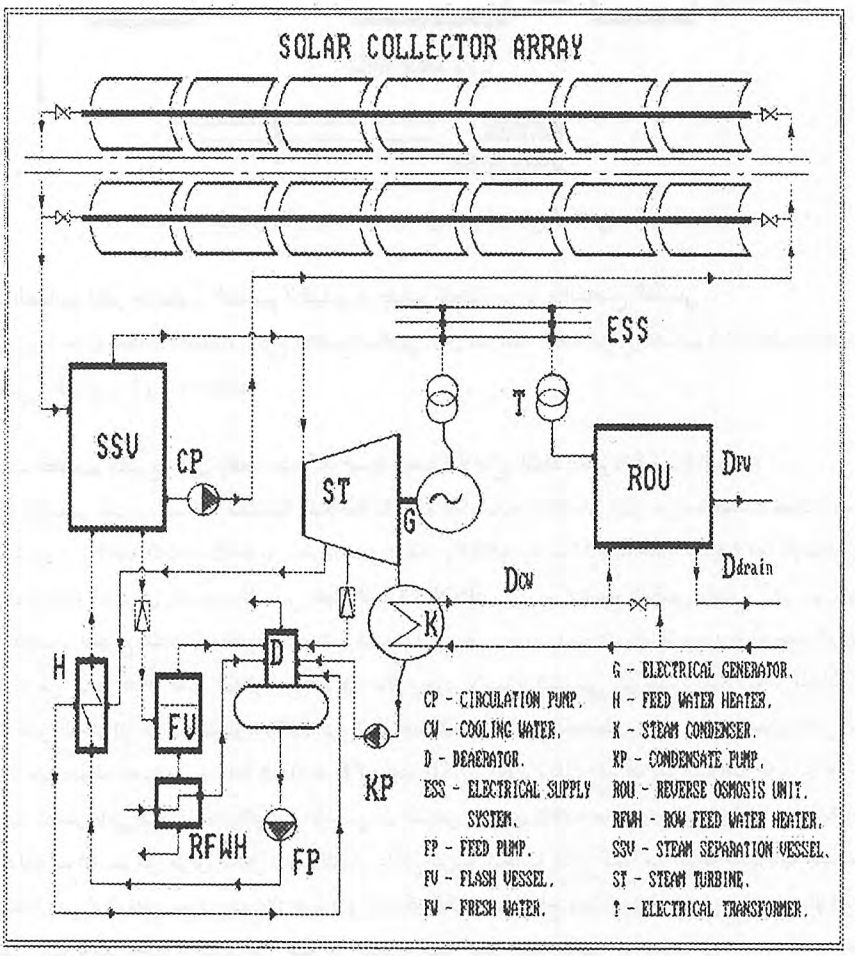
بهدف زيادة فاعلية محطات التحلية من نوع التناضح العكسي تم في الدراسة الحالية اقتراح التصاميم التالية لتطوير التصميم الأساسي (الشكل (1) لهذه المحطات:

1.3 ــ التصميم المقترح الأول (محطة مشتركة شمسية مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية)

يتكون التصميم المقترح للمحطة الشمسية المتكاملة بالشبكة الكهربائية (الشكل (2) من مصفوفة مجمعات شمسية تركيزية من نوع القطع المكافئ الأسطواني، خزان فصل البخار (SSV)، ووحدة تربينية بخارية تكثيفية هذا بالإضافة إلى الأجزاء السالفة الذكر في التصميم الأساسي لمحطة التحلية (ROU) من نوع التناضح العكسي (الفقرة 2). حيث يتم وفقا للتصميم المقترح استغلال مصفوفة المجمعات الشمسية في تجهيز معدل استهلاك الطاقة الحرارية للوحدة التربينية البخارية عن طريق خزان فصل البخار. وبذلك في حالة وجود الإشعاع الشمسي يتم تجهيز كمية البخار المتولدة في خزان فصل البخار إلى التربينة البخارية (ST) عن طريق خط البخار الرئيسي للمحطة . حيث يتمدد البخار داخل هذه التربينة حتى ضغطه التصميمي (PK = 0.08 bar) عند المكثف (K). وذلك بعد أن يتم استتراف جزء منه لغرض التسخين الاسترجاعي لمياه التغذية والمتكثف الأساسي في المسخن الحراري (H) وخزان نزع الهواء والغازات المذابة (D). وبذلك سوف يتم عن طريق الشغل المنجز للبخار داخل التربينة البخارية إنتاج كمية من الطاقة الكهربائية الشمسية في المحطة. ومن ثم انخفاض معدل استهلاك الوقود في الشبكة الكهربائية لإنتاج مياه التحلية. أما في فترة غياب الإشعاع الشمسي فيتم توقيف الجزء البخاري من المحطة عن العمل وتجهيز كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة لإنتاج مياه التحلية عن طريق الشبكة الكهربائية كما هو مبين في الشكل (2) .

ومن الجدير بالذكر تم في التصميم المقترح (الشكل (2) الأخذ بعين الاعتبار وجود منظومة الاستفادة من الطاقة الحرارية للمياه المستترفة من خزان فصل البخار: خزان التمدد (FV) ومسخن المياه التعويضية للمحطة (RFWH). وكذلك الاستفادة من مياه التبريد الخارجة من المكثف كمياه تغذية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي. مما يؤدي ذلك إلى هبوط مقدار الاستهلاك الذاتي للطاقة داخل المحطة. ومن ثم ارتفاع كفاءة المحطة.

وبناء على ما تقدم سوف تعتمد كمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية على الطاقة الكهربائية التصميمية للوحدة التربينية البخارية وكذلك على المحددات التقنية والمواصفات التشغيلية لهذه الوحدة عند ظروف الحمل الجزئي (مدى السماحية في هبوط الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينة البخارية ومقدار الانخفاض في كفاءة الوحدة التربينية عند هذه الظروف التشغيلية).

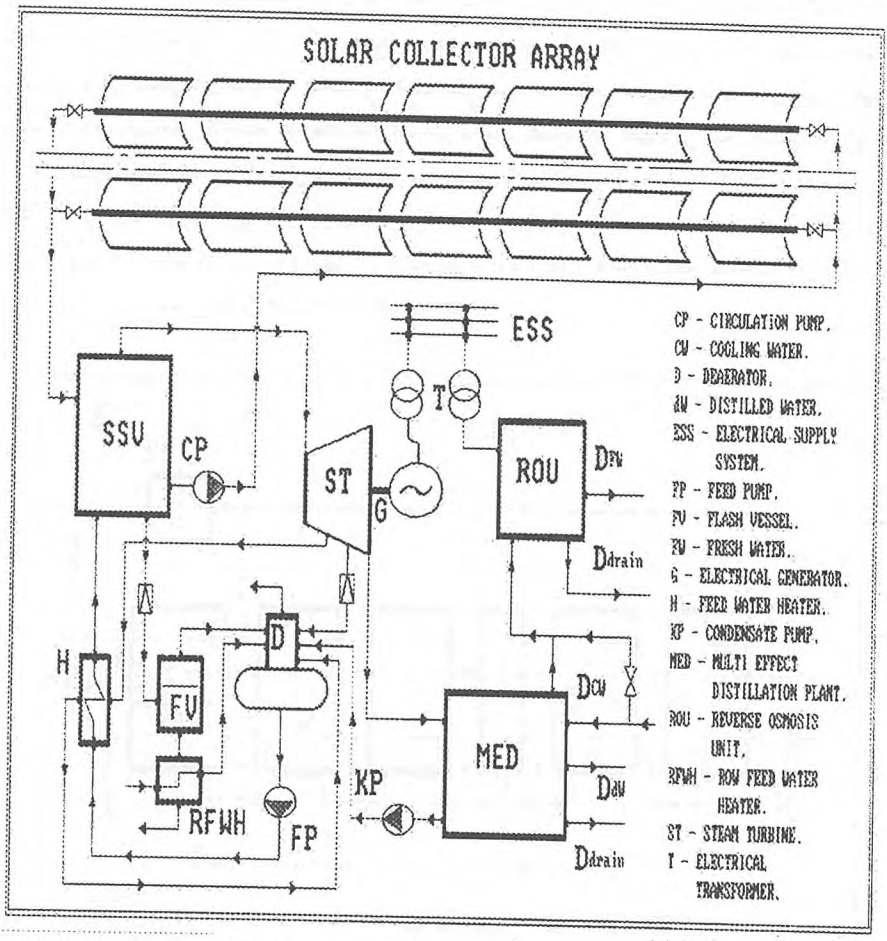


الشكل (2): التصميم المقترح الأول (محطة مشتركة شمسية مخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية)

2.3 ــ التصميم المقترح الثاني (مركز كهروحراري مشترك شمسي مخصص لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية)

كما هو معروف إن الوحدات التربينية البخارية التكثيفية تتميز بارتفاع كمية الطاقة الحرارية المطروحة في المكثف ومن ثم انخفاض كفاءة هذه الوحدات على إنتاج الطاقة الكهربائية وبشكل خاص عندما تكون مصممة بخواص ابتدائية منخفضة للبخار المجهز للتربينة البخارية [9]. هذا بالإضافة إلى ذلك فإن وحدات التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة تتميز بإنتاجية عالية وبانخفاض كل من ضغط البخار المجهز للتأثير الأول (PT= 0.25: 0.35 bar) ومعدل

استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية [6 ,7]. مما يؤدي ذلك إلى زيادة الفاعلية الاقتصادية لعملية الإنتاج المشترك للطاقـــة الكهـــربائية ومـــياه التحلية وكذلك تقليل مشاكل التآكل والترسبات في وحدة التحلية. وبذلك لزيادة فاعلية التصميم المدروس الأول (الفقرة 3.2) تم اقتراح استخدام وحدة تربينية بخارية من نوع الضغط المقابل واستغلال الطاقة الحرارية للبخار الخارج من التربينة البخارية في وحدة تحلية حرارية متعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة كما هو مبين في الشكل (3).

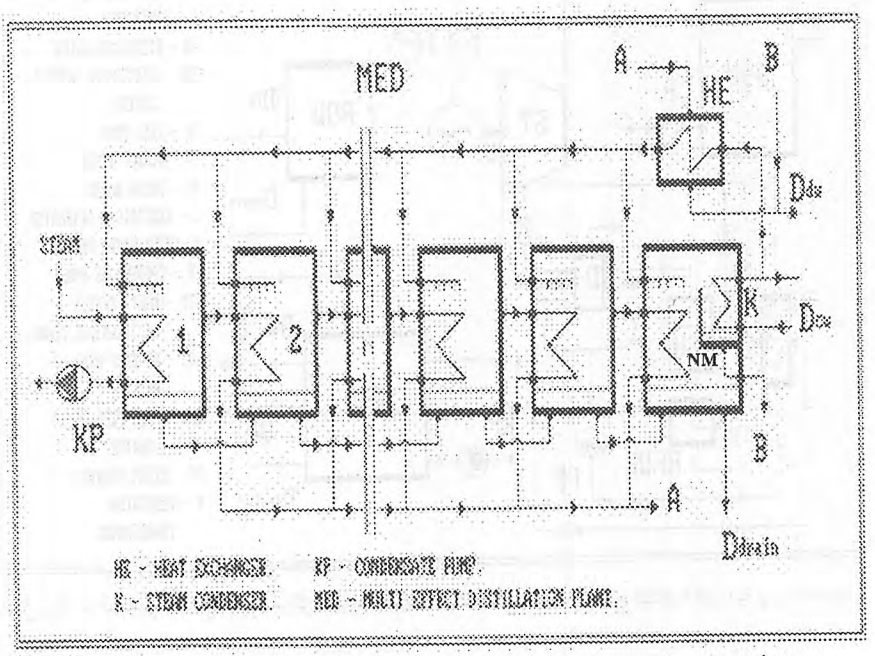


الشكل (3): التصميم المقترح الثاني (مركز كهروحراري مشترك شمسي مخصص لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية)

وبـــذلك عـــند فترة اشتغال مصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية يجهز البخار المنتج إلى التربينة البخارية ليتمدد داخل التربينة حتى خواصه المطلوبة لوحدة التحلية. مما يؤدي ذلك إلى ارتفاع معدل استهلاك الطاقة الحرارية للوحدة التربينية البخارية على إنتاج نوعي الطاقة (الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية اللازمة لوحدة التحلية المتعددة التأثير) وزيادة كمية مـــياه التحلية المنتجة للمركز الكهروحراري. ومن ثم ارتفاع كفاءة المركز الكهروحراري على إنتاج الطاقة الكهربائية وزيادة كمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية ضمن شروط المحددات التقنية والمواصفات التشغيلية

السالفة الذكر (الفقرة 3.1). أما في فترة غياب الإشعاع الشمسي فيتم توقيف الوحدة التربينية البخارية وحدة التحلية المتعددة التأثير عن العمل وتجهز كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لإنتاج مياه التحلية في وحدة التناضح العكسي عن طريق الشـــبكة الكهـــربائية). وبناء على ما تقدم فإن التصميم المقترح للمركز الكهروحراري يتضمن تربينة بخارية من نوع الضغط المقابل ووحدة تحلية متعددة التأثير إضافة إلى الأجزاء السابقة الذكر في التصميم المدروس الأول (الفقرة 3.1).

ومـــن الجديـــر بالذكر إن التصميم المدروس لوحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة (الشكل (4) يـــتكون مـــن عدة مبخرات مربوطة بشكل متتابع ويتم تجهيز هذه المبخرات بالمحلول الملحي بشكل متوازي. وتحتوي المبخـــرات (التي تشكل تأثيرات وحدة التحلية) بداخلها على مساحات سطحية تعتبر كمكثف لكمية البخار المجهزة للـــتأثيرات. حـــيث يعمل كل مبخر من هذه المبخرات على تكثيف كمية البخار المجهزة من المبخر السابق له . ويعمل المكـــثف (K) المتكامل بالمبخر الأخير لوحدة التحلية على تكثيف كمية البخار المنتجة في هذا التأثير كما هو مبين في الشكل (4). ويتم الاستفادة من الطاقة الحرارية للمياه المنتجة في تأثيرات وحدة التحلية في تسخين المحلول الملحي الذي يشكل جزء من مياه التبريد لمكثف وحدة التحلية، وكذلك يتم استتراف المحلول الملحي بشكل متتابع من تأثيرات وحدة التحلية وطرحه إلى الوسط المحيط من التأثير الأخير لهذه الوحدة.



الشكل (4): التصميم المدروس لوحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة.

4 ــ طريقة دراسة فاعلية التصاميم المقترحة

إن اختـــيار التصميم المناسب للمراكز الكهروحرارية والمحطات المشتركة الشمسية (الفقرة 3) بشكل مبدئي لابد أن يكون على أساس الفاعلية الحرارية القصوى لعملية إنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية. وبصفة مقياس للفاعلية الحرارية والحفـــاظ علـــى أدنى مستوى من التلوث للوسط المحيط لهذه النوعية من المحطات والمراكز الكهروحرارية تم في الدراسة الحالية اعتماد مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة في التصميم المدروس مقارنة مع التصميم التقليدي لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي ومحطة تعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة. وبذلك فإن العلاقة الرياضية التي تعبر عن مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة في عملية المقارنة هذه هي:

$$\Delta BST = \frac{3600 * \left(NE - Nfp \right)}{Qcv * \eta ST * \eta TR} + \frac{\left(Ddw \right)^{N} * \left(NRO - NMED \right)}{Qcv * \eta ST * \eta TR} \Rightarrow \max \quad (1)$$

حيث:

NE , Nfp – كمـــية الطاقة الكهربائية المنتجة للتربينة البخارية وكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في مضخة التغذية للمركز الكهروحراري المشترك الشمسي أو المحطة المشتركة الشمسية على الترتيب (MW).

Qcv – القيمة الحرارية للوقود النوعي المستخدم في الدراسة (Qcv = 40212 kJ/kg).

ηST – كفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة.

ηTR – كفاءة نقل الطاقة الكهربائية في الشبكة.

$(Ddw)^N$ – كمية مياه التحلية المنتجة لوحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة (ton/hr).

NMED , NRO - معدل استهلاك الطاقة الكهربائية النوعي لإنتاج مياه التحلية في التصميم التقليدي لوحدة التحلـــية مـــن نوع التناضح العكسي ووحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة على الترتيب (MW.hr/ton).

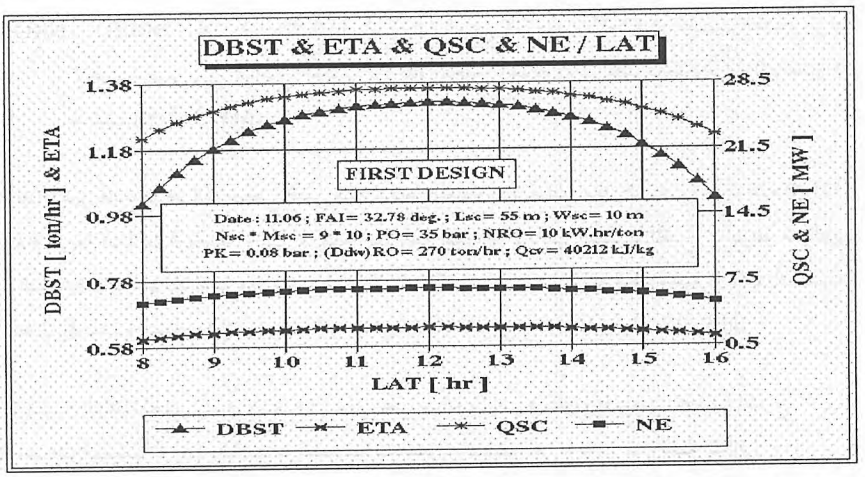
وبذلك فإن البديل المناسب هو الذي يعطي أقصى قيمة لتكامل المعادلة (1) على مدار السنة. ولإجراء هذه الدراسة تم اســـتخدام طريقة النمذجة الرياضية. حيث تم كتابة خورازمية النموذج الرياضي للتصميم المقترح بما يتوافق مع الطبيعة التقنية والفيزيائية للتصاميم المدروسة وطريقة عمل المحطة المشتركة الشمسية أو المركز الكهروحراري المشترك الشمسي وطبقا للطرق المعتمدة والمستخدمة لإجراء هذه النوعية من الحسابات وهي [9 , 10 , 11 , 12 , 13]:

* طريقة السماء الصافية لتقدير كمية الإشعاع الشمسي على سطح الأرض في الموقع المدروس للتصميم المقترح.
* طريقة حساب التصميم الحراري والمواصفات التصميمية للمجمعات الشمسية التركيزية من نوع القطع المكافئ الأسطواني.
* طريقة حساب التصميم الحراري للمحطات والمراكز الكهروحرارية البخارية.
* طريقة تقيم أداء وتقدير كفاءة التوربينات البخارية عند الحمل الجزئي.
* طريقة حساب التصميم الحراري لوحدات التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة.

ومن الجدير بالذكر تم في الدراسة لحساب كمية الإشعاع الشمسي على سطح الأرض اعتماد طبيعة الطقس والظروف المناخـــية لموقـــع المحطة عند زاوية خط عرض 32.78 deg. . وكذلك تم استخدام الخـــواص التصميمية المعتمدة في الدراسة [14]للمجمعات الشمسية التركيزية.

5 ــ نتائج دراسة فاعلية التصاميم المقترحة

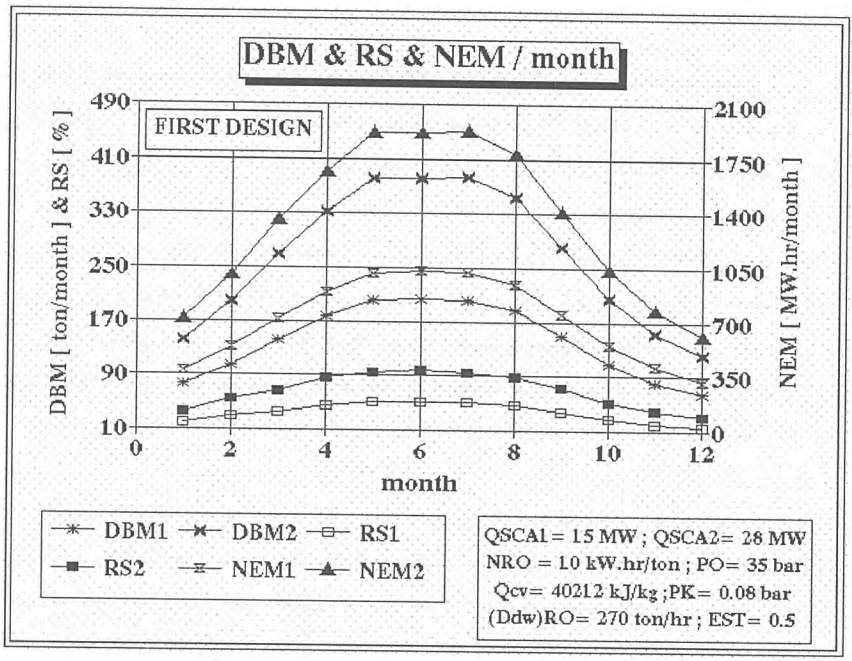
تعـــتمد فاعلية التصاميم المدروسة للمراكز الكهروحرارية والمحطات المشتركة الشمسية على الطاقة التصميمية لمصفوفة المجمعـــات الشمســـية التركيزية وكذلك على المواصفات التصميمية وطريقة عمل التصميم المقترح في النظام المشترك الشمســـي. وقد بينت نتائج الدراسة على التصميم المقترح الأول للمحطة المشتركة الشمسية ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة (DBST) مع زيادة الوقت الظاهري (LAT) في الفترة الصباحية (الشكل (5) إلى أن يصل إلى القيمة القصوى عند منتصف النهار (LAT= 12 hr) حسب الوقت الظاهري. والسبب في ذلك هو زيادة كمية الطاقة الحرارية المنتجة لمصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية (QSC) كنتيجة لارتفاع كمية الإشعاع الشمسي التي تســـقط علـــى سطح مصفوفة المجمعات الشمسية وزيادة كفاءة هذه المصفوفة (ETA). ومن ثم ارتفاع كمية الطاقة الكهـــربائية الشمسية (NE) المنتجة للتربينة البخارية (نتيجة لزيادة كمية البخار المنتجة لمصفوفة المجمعات الشمسية والمجهـــزة للتـــربينة البخارية وكذلك ارتفاع كفاءة هذه التربينة). وبالتالي انخفاض معدل استهلاك الوقود في الشبكة الكهربائية على إنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية. بعد ذلك كما هو مبين في الشكل (5) تبدأ قيمة مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة في الانخفاض مع زيادة الوقت الظاهري. وذلك بسبب هبوط كمية الإشعاع الشمسي المباشر التي تسقط على سطح مصفوفة المجمعات الشمسية وانخفاض كفاءة هذه المصفوفة. مما يؤدي إلى هبوط كمية البخار المنتجة لمصفوفة المجمعات، ومن ثم انخفاض الطاقة الكهربائية الشمسية المنتجة للمحطة.



الشكل (5): علاقة مقدار التوفير بكمية الوقود المستهلكة (DBST)، كفاءة مصفوفة المجمعات الشمسية (ETA)، كمية الطاقة الحرارية المنتجة لمصفوفة المجمعات الشمسية (QSC)، وكمية الطاقة الكهربائية الشمسية المنتجة (NE) مع الوقت الظاهري (LAT) في الموقع المدروس للمحطة المشتركة الشمسية (التصميم المقترح الأول).

ويلاحـــظ من الشكل (5) زيادة كفاءة مصفوفة المجمعات الشمسية في الفترة الصباحية (LAT > 12 hr) لاشتغال مصفوفة المجمعات الشمسية وانخفاضها في الفترة المسائية (LAT > 12 hr). والسبب في ذلك يمكن تفسيره إلى زيادة كمـــية الإشعاع الشمسي الممتص وهبوط كمية الفقد الحراري للوسط المحيط (نتيجة لارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة علـــى السطح الداخلي لجدار الأنبوب الماص للإشعاع ودرجة حرارة الوسط المحيط) في الفترة الصباحية. ومن ثم زيادة كمية الطاقة الحرارية المنتجة لمصفوفة المجمعات الشمسية (QSC) بمقدار أكبر من الارتفاع في كمية الإشعاع الشمسي الـــتي تسقط على سطح مصفوفة المجمعات الشمسية. أما في الفترة المسائية فإن مقدار الانخفاض في كمية الطاقة الحرارية المنتجة لمصفوفة المجمعات الشمسية أكبر من الهبوط في كمية الإشعاع الشمسي الممتص.

وقد تم دراسة تأثير كمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية وتغير كمية الإشعاع الشمسي التي تسقط علـــى ســـطح هذه المصفوفة خلال الأشهر المختلفة من السنة على فاعلية التصميم المقترح للمحطة المشتركة الشمسية. حـــيث يلاحـــظ من الشكل (6) ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال الشهر (DBM) في فصل الصيف (الأشهر 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8) مقارنة مع فصل الشتاء (الأشهر 1 ، 2 ، 11، 12).



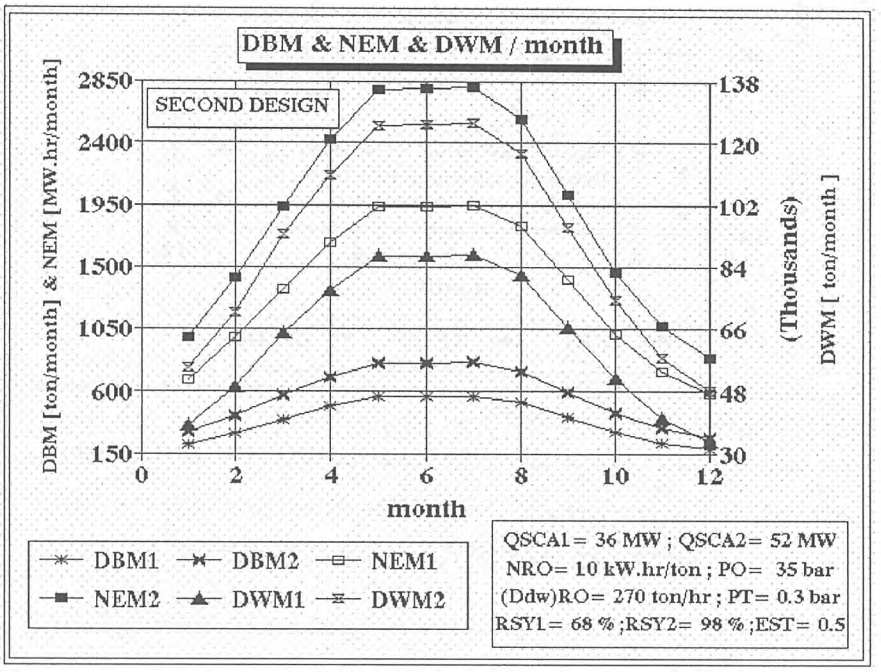
الشكل (6): مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال الشهر (DBM) ، كمية الطاقة الكهربائية المنتجة خلال الشهر(NEM)، والنسبة الشهرية للمشاركة الشمسية (RS) في تغطية معدل استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي للأشهر المختلفة من السنة عند قيم مختلفة لكمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية (QSCA) في التصميم المدروس للمحطة المشتركة الشمسية.

والسبب في ذلك يمكن تفسيره إلى زيادة كمية الإشعاع الشمسي المباشر التي تسقط على سطح مصفوفة المجمعات الشمسية خلال فصل الصيف مقارنة مع فصل الشتاء نتيجة لطبيعة نظام التحكم المستخدم في توجيه هذه المصفوفة (حركة مركز الأشعة حول محور ممدود بصورة أفقية من الشمال إلى الجنوب) هذا إلى جانب تعامد الشمس على نصف الكرة الأرضية الشمالي خلال فصل الصيف وطبيعة الطقس في الموقع المدروس (FAI= 32.78 deg.) للمحطة المشتركة الشمسية. ومن ثم ارتفاع كمية الطاقة الكهربائية الشمسية المنتجة للمحطة خلال الشهر (NEM) كنتيجة لزيادة كمية الطاقة الحرارية المنتجة لمصفوفة المجمعات الشمسية. وبالتالي ارتفاع النسبة الشهرية للمشاركة الشمسية (SR) في تغطية حمل استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي. وطبقا لذلك معدل استهلاك الوقود في الشبكة الكهربائية لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية.

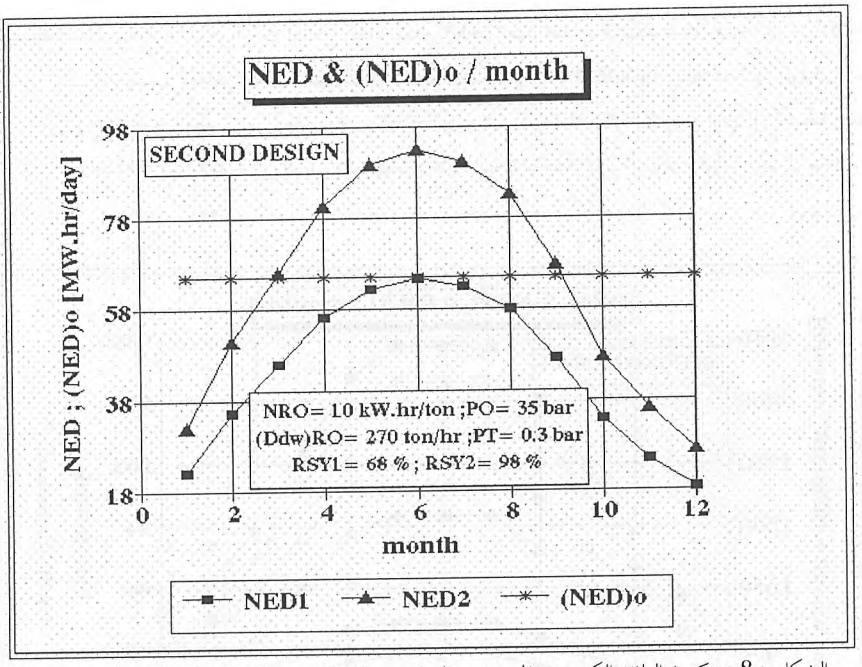
وكذلك يلاحظ من الشكل (6) ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال الشهر مع زيادة كمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية (QSCA). وذلك بسبب ارتفاع النسبة الشهرية للمشاركة الشمسية (SR) في تغطية حمل استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية. كنتيجة لزيادة كمية الطاقة الكهربائية الشمسية المنتجة للمحطة خلال الشهر(NEM).

وبنفس الطريقة أعلاه تم دراسة فاعلية التصميم المقترح الثاني (المركز الكهروحراري المشترك الشمسي). حيث يلاحظ من الشكل (7)، عند ثبوت النسبة السنوية للمشاركة الشمسية (SRY) في تغطية حمل استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي، ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال الشهر (DBM) مقارنة مع التصميم المقترح الأول الشكل (6). ويمكن تفسير ذلك إلى ارتفاع كفاءة التصميم المقترح على إنتاج الطاقة الكهربائية مقارنة مع كفاءة المحطة التعويضية في الشبكة (EST) وزيادة كمية مياه التحلية الشمسية المنتجة للمركز الكهروحراري (كمية مياه التحلية المنتجة لوحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة (DWM)، الشكل) (7). وذلك بسبب ارتفاع كمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية نتيجة لزيادة معدل استهلاك الطاقة الحرارية للوحدة التربينية البخارية من نوع الضغط المقابل في المركز الكهروحراري المشترك الشمسي مقارنة مع معدل استهلاك هذه الطاقة للوحدة التربينية في المحطة المشتركة الشمسية. وكذلك يبين الشكل (7) إن زيادة النسبة السنوية للمشاركة الشمسية من SRY= 68 % إلى SRY= 98 % تؤدي إلى ارتفاع مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال الشهر بنسبة 43.7 % . وذلك بسبب زيادة كمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية بنسبة 44.4 %. مما يؤدي ذلك إلى ارتفاع كمية الطاقة الكهربائية (NEM) ومياه التحلية (DWM) الشمسية المنتجة خلال الشهر للمركز الكهروحراري. ومن ثم انخفاض معدل استهلاك الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية في الشبكة الكهربائية. حيث يلاحظ من الشكل (8) عند تصميم المركز الكهروحراري الشمسي بنسبة سنوية للمشاركة الشمسية SRY= 98 % فإن كمية الطاقة الكهربائية المنتجة خلال اليوم (NED2) للمركز الكهروحراري خلال فصل الصيف (الأشهر 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8) أكبر من معدل استهلاك هذه الطاقة خلال اليوم (NED) لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي . وهذا يعني إن التصميم المقترح للمركز الكهروحراري الشمسي خلال فصل الصيف يوفر إمكانية للمشاركة في تغطية جزء من حمل الزيادة الموسمية لاستهلاك المياه العذبة والطاقة الكهربائية في الشبكة وبشكل خاص خلال ساعات النهار. هذا إلى جانب ثبوت معدل استهلاك الطاقة الكهربائية للمركز الكهروحراري خلال ساعات الليل وعلى مدار السنة. مما يؤدي إلى استغلال فائض الطاقة الكهربائية المنتجة في

الشـــبكة خلال ساعات الليل وكذلك ارتفاع كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة خلال هذه الفترة . أما خلال فصـــل الشـــتاء وبسبب انخفاض معدل استهلاك المياه العذبة فيمكن في هذه الحالة خلال ساعات النهار توقيف وحدة التحلية من نوع التناضح العكسي عن العمل وتجهيز الطاقة الكهربائية المنتجة للمركز الكهروحراري إلى الشبكة وتغطية جزء من حمل استهلاك المياه العذبة عن طريق كمية مياه التحلية المنتجة لوحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة.

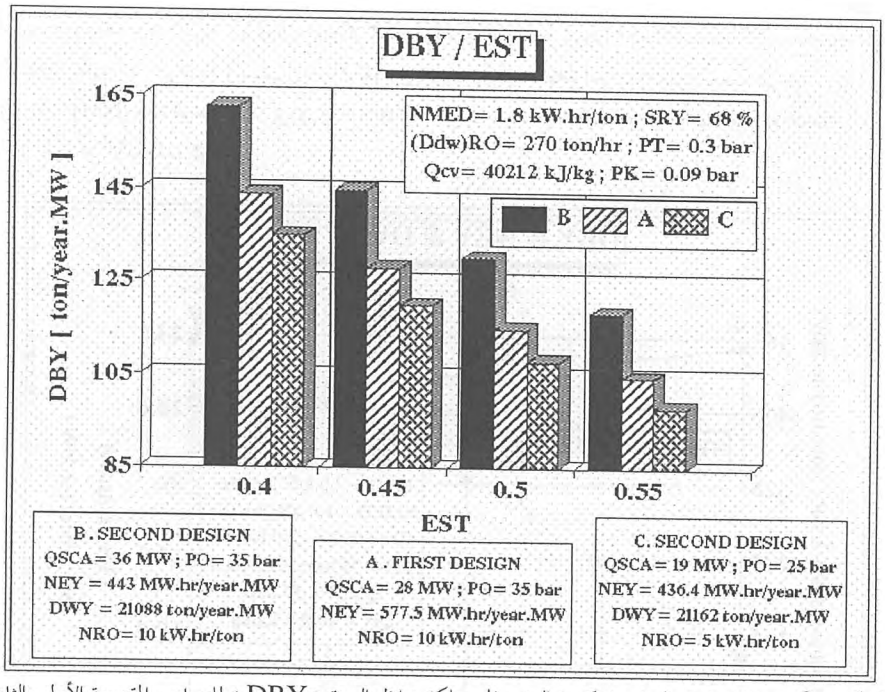


الشكل (7): مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال الشهر (DBM)، كمية الطاقة الكهربائية المنتجة خلال الشهر (NEM)، ومقدار الزيادة في كمية مياه التحلية الشمسية خلال الشهر (DWM) للأشهر المختلفة من السنة عند قيم مختلفة لكمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية (QSCA) في التصميم المدروس للمركز الكهروحراري المشترك الشمسي (التصميم المقترح الثاني).



الشكل (8): كمية الطاقة الكهربائية المنتجة خلال اليوم (NED) ومعدل استهلاك الطاقة الكهربائية خلال اليوم(NED) لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي للأشهر المختلفة من السنة عند قيم مختلفة للنسبة السنوية للمشاركة الشمسية (RSY) في تغطية معدل استهلاك الطاقة الكهربائية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي في حالة التصميم المقترح الثاني (المركز الكهروحراري المشترك الشمسي).

ولدراسة تأثير كفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة (EST) على فاعلية التصاميم المقترحة (الفقرة 3) تم إجراء تكامل على مدار السنة لمقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة من العلاقة (1). وقد بينت نتائج الدراسة (الشكل9) فاعلية استخدام التصميم المقترح الثاني (الفقرة (3.2) مقارنة مع التصميم المقترح الأول (الفقرة (3.1). حيث بلغ مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال السنة 162.5 ton fuel/year لكلMW من الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية. وذلك عند نسبة سنوية للمشاركة الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية 68 % وكفاءة للمحطة التعويضية على إنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة EST= 0.4 . وطبقا لذلك فإن مقدار الانخفاض في كمية أكاسيد النتروجين 0.57 ton/year.MW وثاني أوكسيد الكربون 508.9 ton/year.MW المطروحة للوسط المحيط. وكذلك يلاحظ من الشكل (9) ارتفاع كفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية من EST= 0.4 إلى EST= 0.55 يؤدي إلى هبوط مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة والمؤشرات البيئية السالفة الذكر بنسبة 27.2 % . وذلك بسبب انخفاض معدل استهلاك الوقود على إنتاج الطاقة الكهربائية في المحطة التعويضية.

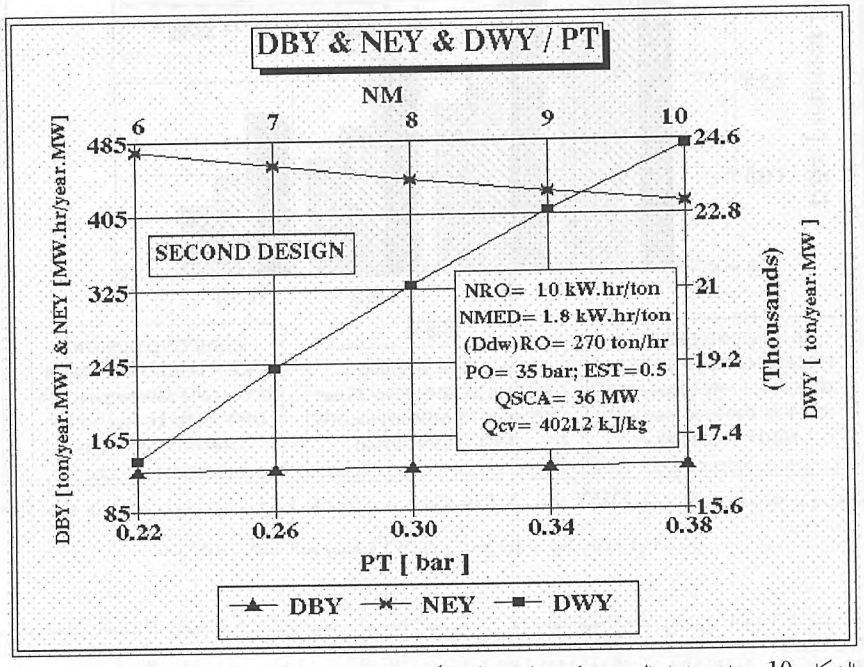


الشكل (9): علاقة مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال السنة (DBY) للتصاميم المقترحة الأول والثاني مع كفاءة المحطة التعويضية (EST) لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة.

تـــأثير معدل استهلاك الطاقة الكهربائية النوعي لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي على فاعلية التصميم المقترح الـــثاني مبين في الشكل (9). حيث يلاحظ من الشكل عند ثبوت نسبة المشاركة الشمسية فإن انخفاض معدل استهلاك الطاقة الكهربائية النوعي لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي بنسبة % 50 يؤدي إلى هبوط مقدار التوفير في كمية الوقـــود المســـتهلكة خلال السنة بمعدل ton/year.MW 27.6 . والسبب في ذلك يمكن تفسيره إلى انخفاض معدل استهلاك الطاقة الكهربائية لإنتاج مياه التحلية عن طريق وحدة التناضح العكسي مقارنة مع أكسيرجي الطاقة المستهلكة لوحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة لإنتاج هذه المياه. هذا بالإضافة إلى هبوط الضغط الابتدائي للـــبخار المجهز للتربينة البخارية نتيجة لانخفاض كمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية . وبالتالي هبوط كمية الطاقة الكهربائية المنتجة للمركز الكهروحراري المشترك الشمسي على أساس كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية المتعددة التأثير.

وقد تم دراسة تأثير ضغط البخار المجهز لوحدة التحلية (PT) المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة وطبقا لذلك عـــدد تـــأثيرات (NM) هذه الوحدة على فاعلية المركز الكهروحراري الشمسي (التصميم المقترح الثاني). حيث يلاحظ من الشكل (10) زيادة ضغط البخار المجهز لوحدة التحلية تؤدي إلى ارتفاع بسيط بمقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال السنة DBY). والسبب في ذلك يمكن تفسيره إلى هبوط كمية الطاقة الكهربائية المنتجة خلال السنة (NEY) للمركـــز الكهروحراري. كنتيجة لانخفاض مقدار الشغل النوعي المنجز للبخار داخل التربينة البخارية وثبوت الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية (QSCA). وكذلك يبين الشكل (10) ارتفاع كمية مياه التحلية

الشمسية المنتجة خلال السنة (DWY) للمركز الكهروحراري عن طريق وحدة التحلية المتعددة التأثير مع زيادة ضغط البخار المجهز لهذه الوحدة. والسبب في ذلك يعود إلى ارتفاع كمية الطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية وزيادة عدد التأثيرات (NM) لهذه الوحدة . مما يؤدي إلى ارتفاع مقدار الاسترجاع بالطاقة الحرارية المجهزة لوحدة التحلية. ومن ثم ارتفاع معامل الأداء لهذه الوحدة.



الشكل (10): علاقة مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة خلال السنة (DBY)، كمية الطاقة الكهربائية الشمسية المنتجة خلال السنة (NEY)، ومقدار الزيادة السنوي في كمية مياه التحلية الشمسية (DWY) المنتجة للمركز الكهروحراري المشترك الشمسي مع ضغط البخار المجهز لوحدة التحلية (PT) المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة.

6 ــ خلاصة النتائج والتوصيات

تشير نتائج دراسة التصاميم المقترحة لزيادة فاعلية محطات التحلية من نوع التناضح العكسي إلى:

1.6 ــ فاعلية التصاميم المقترحة للمراكز الكهروحرارية والمحطات المشتركة الشمسية المخصصة لإنتاج الطاقة الكهربائية ومياه التحلية. حيث بلغ مقدار التوفير في كمية الوقود المستهلكة 143.6 ton fuel/year لكل MW من الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية. وطبقا لذلك فإن مقدار الانخفاض في كمية اكاسيد النتروجين المطروحة للوسط المحيط 0.5 ton/MW.year وثاني أوكسيد الكربون 449.5 ton/MW.year . وذلك في حالة تصميم محطة الشمسية بنسبة مشاركة سنوية 68 % . أما في حالة تصميم مركز كهروحراري مشترك شمسي فإن مقدار الزيادة في المؤشرات السابقة الذكر أعلاه 13.2 % هذا إلى جانب ارتفاع كمية مياه التحلية المنتجة بمعدل 21088.0 ton/MW.year .

2.6 ــ تصـــميم المركز الكهروحراري بنسبة سنوية للمشاركة الشمسية % 98 يؤدي إلى ارتفاع المؤشرات الحرارية والبيئية السابقة الذكر (الفقرة 1.6) بنسبة % 43.7. هذا بالإضافة إلى مشاركة المركز الكهروحراري خلال فصل الصيف في تغطية جزء من حمل الزيادة الموسمية لاستهلاك المياه العذبة والطاقة الكهربائية. أما في فصل الشتاء أو في حالة هبوط معدل استهلاك المياه العذبة فيتيح التصميم المقترح للمركز الكهروحراري إمكانية توقيف وحدة التناضـــح العكسي عن العمل خلال ساعات النهار وتجهيز الطاقة الكهربائية الشمسية إلى الشبكة الكهربائية مع تغطـــية جزء من حمل استهلاك المياه العذبة خلال هذه الفترة عن طريق كمية مياه التحلية المنتجة لوحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة.

3.6 ــ ارتفـــاع كفاءة المحطة التعويضية على إنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة من EST= 0.4 إلى EST= 0.55 يـــؤدي إلى هـــبوط المؤشرات الحرارية والبيئية السابقة الذكر (الفقرة (1.6) بنسبة % 27.2 . وذلك بسبب انخفاض معدل استهلاك الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة.

4.6 ــ زيادة ضغط البخار المجهز لوحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة من PT= 0.22 bar إلى PT=0.38 bar وطبقا لذلك عدد تأثيرات هذه الوحدة من 6 إلى 10تؤدي إلى هبوط كمية الطاقة الكهربائية المنـــتجة للمركـــز الكهروحـــراري بنســـبة % 12.3 وارتفـــاع كمية مياه التحلية المنتجة بمعدل 7653.9 ton/MW.year.

5.6 ــ ضـــرورة إجـــراء دراسة اقتصادية ــ حرارية لتحديد الخواص والمواصفات المثالية للتصاميم المقترحة للمراكز الكهروحرارية والمحطات المشتركة الشمسية التي تعطي أقصى فاعلية اقتصادية ممكنة. حيث بينت نتائج الدراسة إن مقـــدار الـــتوفير في كمية الوقود المستهلكة يعتمد بشكل أساسي على كمية الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعـــات الشمسية التركيزية وكفاءة المحطة التعويضية لإنتاج الطاقة الكهربائية. هذا بالإضافة إلى عدد تأثيرات وحدة التحلية المتعددة التأثير ذات درجة الحرارة المنخفضة في حالة المراكز الكهروحرارية المشتركة الشمسية .

الرموز المستخدمة مع الأشكال والرسوم التوضيحية

Ddrain , Dcw ــ معدل تدفق مياه التبريد لمكثف المحطة المشتركة الشمسية أو وحدة التحلية المتعددة التأثير وكمية المحلول الملحي المستوفة من وحدة التحلية على الترتيب .

DFW, Ddw ــ كمية مياه التحلية المنتجة لوحدة التحلية المتعددة التأثير ووحدة التحلية من نوع التناضح العكسي.

(Ddw)RO ــ الإنتاجية التصميمية لوحدة التحلية من نوع التناضح العكسي.

ALP, EP ــ معامل انبعاثية وامتصاصية السطح الماص للإشعاع في المجمع الشمسي التركيزي على الترتيب.

EST ــ كفاءة المحطة التعويضية على إنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكة.

FAI ــ زاوية خط العرض للموقع المدروس للمحطة المشتركة الشمسية أو المركز الكهروحراري المشترك الشمسي.

KP , FP ــ مضخة مياه التغذية لخزان فصل البخار (SSV) وسحب متكثف البخار من مكثف المحطة أو التأثير الأول لوحدة التحلية على الترتيب.

NM ــ عدد تأثيرات وحدة التحلية.

NRO , NMED ــ معدل استهلاك الطاقة الكهربائية النوعي لوحدة التحلية المتعددة التأثير ووحدة التحلية من نوع التناضح العكسي على الترتيب.

Nsc ــ عدد الصفوف المتوازية في مصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية.

Msc ــ عدد المجمعات الشمسية المربوطة على التوالي في الصف الواحد من المصفوفة.

PT, PK , PO ــ الضغط الابتدائي للبخار قبل التربينة البخارية ، ضغط البخار عند المكثف في المحطة المشتركة الشمسية ، وضغط البخار المجهز للتأثير الأول من وحدة التحلية في المركز الكهروحراري المشترك الشمسي.

Qcv ــ القيمة الحرارية للوقود النوعي المستخدم في الدراسة.

QSCA ــ الطاقة الحرارية التصميمية لمصفوفة المجمعات الشمسية التركيزية.

Lsc , Wsc ــ عرض وطول فتحة مركز الأشعة للمجمع الشمسي التركيزي على الترتيب .

المصادر المستخدمة (REFRENCES)

1. ASSIMACOPOULOS D., 2001, "Desalination Powered by Renewable Energy Sources". Water, Water everywhere. / http:// www.re-foucus.net. (Internet Communication).
2. HOWARD GELLER, 2003, "Fostering a Clean Energy Revolution". Cogeneration and On-Site Power Production, Vol. 4, No. 5, pp. 26.
3. VOLKER QUASCHNING, 2003, "Solar Thermal Power Plants". Renewable Energy World, Vol. 6, No. 6, pp. 109 : 113 , November-December 2003.
4. SVEN TESKE, 2004, Solar Thermal Power, 2020, "A fine future for solar thermal electricity". Renewable Energy World ,Vol. 7, No. 1, pp. 120:124, January-February 2004.
5. Renewable Energy Systems For Water Pumping and Desalination / 5TH Jordanian Mechanical & Industrial Engineering Conference JMIEC 04 , Amman - Jordan , 24 : 26 April 2004 .
6. VICCENT BAHUJAT, 2000, "Comparison of Multiple Effect and Multistage Flash Desalination Processes for Power and Water Combined Plants". The International Conference and Exposition on Energy and Water Desalination , IEF and ISESCO, Tripoli – LIBYA , June 20 - 21 , 2000 .
7. HUSSAIN ALROBAEI, 2003, "Study the Effectiveness of Modification Gas Turbine Plants to combined and Combined Cogeneration Power Plants for Power Generation and Seawater Desalination". The Development & Interconnection of Energy and Water Networks Seminar, Amman - Jordan , 11 -13 August 2003 .
8. LENNTECH, 2004, "Desalination Installation System Design". www.lenntech.com . (Internet communication)
9. SAZANOV B.V. & CITAK V.I., 1990, "Thermal Energy Systems for Industrial Enterprises". Moscow – USSR , Energy Press , 256 pp.
10. ELSAYED, M.M, and SABBAGH, J.A, 1984, "Design of Solar Thermal System". King Abdulaziz University, JEDDAH – 22441, SAUDIA ARABIA.
11. SUKHAME S.P., 1996, "Solar Energy Principle of Thermal Collection and Storage 2nd Edition". Tata McGraw Hill Pub, Co. Ltd. , INDIA.
12. DESIDERI, U and FIBBI, A, 1993, "A Simplified Approach to Off-Design Performance Evaluation of Combined Cycle Power Plants with Single-Pressure Steam Cycles". ASME Cogen Turbo Power, IGTI – Vol. 8 , pp. 199 : 207, Book No. 100348 – 1993.
13. SELESARNKO V.N., 1980, "Desalination Plants". Moscow, USSR , Energy Press, 284 pp. .
14. LIPPKE F., 1996, "Direct Steam Generation in Solar Power Plant: Numerical Investigation of The Transient and Control of a Once – Trough System". Journal of Solar Energy Engineering (USA), Vol. 118 , pp. 9 : 14 , February 1996.

تطبيق التخثير الكهربائي في معالجة المياه السطحية

أ.د. عبدالحكيم بنود، م. تغريد سليمان

تطبيق التخثير الكهربائي في معالجة المياه السطحية

أ.د. عبد الحكيم بنود*، م.تغريد سليمان

*عميد كلية الهندسة التقنية في جامعة حلب
ah_bannoud@alepuniv.shern.net

ملخص

تعتبر المياه من أهم ضروريات الحياة، والتنمية الاقتصادية والاجتماعية والصناعية مستحيلة بدون مياه. إن التطور الكبير الذي تشهده سورية على المستوى الاجتماعي والزراعي والصناعي، يتطلب توفير الكميات الكافية من المياه لاستمرار هذا التطور، ولتغطية حاجة الأعداد المتزايدة من السكان. تُعدُ المياه السطحية مصدراً رئيساً لمياه الشرب. وبما أن المياه السطحية أكثر عرضة للتلوث من المياه الجوفية، لذلك تحتاج إلى معالجة لتخفيض العكارة وإزالة بعض الملوثات منها كالفوسفات وبعض المعادن لتصبح صالحة للشرب. لقد طبقنا في هذا البحث طريقة التخثير الكهربائي لمعالجة مياه عكرة، ودرسنا تأثير عوامل تجريبية مختلفة على فعالية إزالة العكارة، مثل: شدة التيار الكهربائي المطبقة، وزمن المكوث في مفاعل التخثير الكهربائي، ونوعية الالكترودات المستخدمة (صفائح ألمنيوم، حديد). وتبين أن كفاءة إزالة العكارة تزداد مع زيادة شدة التيار الكهربائي المطبق ومع زمن المكوث ضمن المفاعل، كما تبين أن الكترود الالمنيوم يستهلك خلال فترة معالجة أطول. وحقق استخدام التخثير الكهربائي كفاءة عالية جداً في إزالة العكارة وصلت إلى أكثر من 97%، أما إزالة الفوسفات فلم تتخطى 70%، وإزالة المنغنيز لم تتجاوز 62%، لكن إزالة النحاس كانت عالية ووصلت إلى 98 %. والتخثير الكهربائي الذي لا يحتاج إلى أية إضافة لمواد كيميائية مروبة، يستهلك طاقة كهربائية قليلة تراوحت ضمن المجال (1.2 ~ 11.4) $Wh/m^3.H2O$ من أجل زمن مكوث ضمن المفاعل (10) mins. تميز التخثير الكهربائي بسهولة التحكم والضبط لكفاءة المعالجة، و الندف المتشكلة تترسب بسهولة وسرعة مقارنة مع التخثير الكيميائي التقليدي، وكمية الرواسب المتشكلة أقل، لذلك نوصي باستخدام التخثير الكهربائي بدلاً عن الطريقة التقليدية لمعالجة مياه سطحية وتأمين مياه شرب لتجمعات سكانية صغيرة.

1- مقدمة Introduction

تُعتـــبر المياه من أهم ضروريات الحياة، والتنمية الاقتصادية والاجتماعية والصناعية مستحيلة بدون مياه. ونظراً للحاجة المتزايدة للمياه وأهمية معالجتها، كان لا بد من البحث عن مصادر جديدة للمياه و طرائق معالجة ذات كفاءة عالية، وفي الوقت نفسه من الضروري ألا تكون كلفتها عالية.

تعـــدُ المياه السطحية مصدراً رئيساً لمياه الشرب، لذلك أقيم في سورية العديد من السدود، عدد منها على الأنهار وعدد آخر يعتمد في تخزينه على تجميع مياه السيول وبعض الينابيع الصغيرة. إن مياه بعض السدود السطحية غير صالحة مباشرة للشرب بل تحتاج إلى معالجة.

تشـــمل الطرائق التقليدية في معالجة المياه السطحية: التخثير الكيميائي، ويليه الترسيب، والترشيح، والتعقيم [1]. تمثل طريقة التخثير الكهربائي طريقة معالجة بديلة يمكن اعتمادها في معالجة المياه حيث تحقق كفاءة عالية في إزالة عدد كبير من الملوثات [2،3،4]. هناك العديد من الأبحاث التي أجريت لدراسة فعالية هذه الطريقة في معالجة المياه السطحية [1] ، و مياه الصرف [5]، كما استخدمت بكفاءة في معالجة مياه الصرف الصناعية [6].

2. مبدأ طريقة التخثير الكهربائي electrocoagulation Principe

يستند التخثير الكهربائي على مبدأ الآنود (المصعد، أو الالكترود الموجب) المنحل، وتعتمد هذه الطريقة على تمرير تيار كهربائـــي (مستمر بشكل عام و في بعض الحالات متناوب) ضمن الماء الموجود في مفاعل يحتوي على الكترودات من صـــفائح معدنية ناقلة للكهرباء (ألمنيوم - حديد - ...) من أجل توليد في الموقع لأيونات قابلة لإحداث تخثير- تشكيل ندف مع الملوثات التي يرغب بإزالتها[7].

عند تطبيق تيار كهربائي مستمر على الكترودات الألمنيوم في مفاعل التخثير الكهربائي الحاوي على المياه المراد معالجتها، تحدث التفاعلات التالية[7,6]:

تفاعل أكسدة عند الآنود (المصعد):

$$2A\ell - 6e^- \longrightarrow 2A\ell^{3+} \qquad (1)$$

تفاعل إرجاع عند الكاتود (المهبط):

$$6H_2O + 6e^- \longrightarrow 3H_2 + 6OH^- \qquad (2)$$

تتفاعل الكاتيونات المتشكلة Al^{3+} مع الماء لتعطي إما معقدات من هيدروكسيدات مبلمرة منحلة مثل $Al_2(OH)_5^+$ أو $Al_2(OH)_2^{4+}$ أو $Al_6(OH)_{15}^{3+}$ وإمـــا هيدروكســـيد الالمنيوم $Al(OH)_3$. تشكّل هذه المعقدات ندفاً تتميز بمقدرة عالية على امتزاز الجسيمات المعلقة (والتي تحمل شحنة سالبة غالباً) في المياه، حيث تقوم بتعديل شحنتها فتتخلص هذه الجسيمات من حالة الاستقرار وبالتالي تسهل عملية إزالتها بطرائق لاحقة (ترسيب أو تطويف - ترشيح) [7,1].

إن اســـتخدام الكتـرودات من الحديد يقود إلى تشكيل أيونات الحديدي Fe^{2+} التي يمكن أن تشكل إما هيدروكسيد الحديدي أو الحديد بعد أكسدة من قبل الأكسجين المنحل في الماء. أما التفاعل عند الكاتود فيبقى نفس التفاعل الحاصل في حالة الكترود الألمنيوم وتنطلق فقاعات الهيدروجين وتسبّب تطويف قسماً من الندف والملوثات المتشكلة إلى السطح.

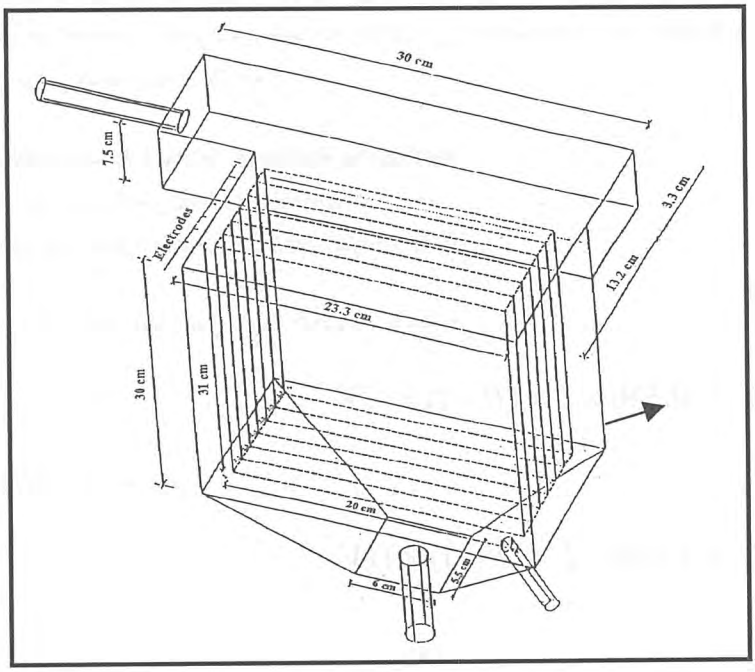
3- التجهيزات والطرائق المستخدمة في البحث Materials and experimental procedure

3-1- التجهيزات المستخدمة

المفاعل المستخدم هو عبارة عن خلية زجاجية، تُوضع فيها سبع صفائح معدنية أبعاد كل صفيحة cm (30 × 20)، والتباعد بين الصفيحة والأخرى mm (13). يبين الشكل (1) مخططاً تفصيلياً للمفاعل المستخدم في التجارب.

المياه الخامية المستخدمة في التجارب مأخوذة من منطقة المأخذ المائي في سد بللوران، حيث تمَّ تعكيرها للدرجة المطلوبة باستخدام محلول معكِّر محضَّر من الطمي المأخوذ من قاع السد.

قمـــنا بإجراء الدراسة من أجل خمس قيم مختلفة للعكارة، تراوحت ضمن المجال: NTU (20 ~ 90)، وتراوحت قيمة الناقلية الكهربائية لهذه المياه ضمن المجال: µs/cm (500 ~ 580)، وتراوحت قيمة الـ PH بين (7.8 ~ 8).



الشكل (1): شكل تفصيلي لخلية التخثير الكهربائي.

3-2- طريقة إجراء التجارب

استخدمنا في دراستنا أسلوب الدفقات في المعالجة (Batch)، حيث تملأ الخلية بحجم = (8) ليتر من المياه المعكرة - بقيمة محددة - ثم نقوم بتطبيق تيار كهربائي مستمر ذي شدة معينة - بواسطة محولة للتيار الكهربائي المتناوب إلى مستمر- على الصفيحتين المعدنيتين الطرفيتين، فتشكّل إحداهما المصعد (anode)، والأخرى المهبط (cathode)، أما باقي الصفائح الموجودة بين الصفيحتين الطرفيتين فتشكّل الكترودات ثنائية القطبية (حيث كان البعد الفعّال للصفيحة = 20 × 22) cm وسماكتها= mm (1.5). وبعد انتهاء زمن المكوث المحدَّد ضمن المفاعل، تفرّغ المياه من أسفل خلية التخثير الكهربائي، لتدخل إلى حوض ترسيب تبقى فيه ساكنة لمدة ساعة كاملة حتى يتم ترسيب الندف المتشكلة، وبحيث يتم قياس عكارة القسم العلوي من المياه المعالجة أثناء ترسيبها كل (15) min ، وبعد انتهاء زمن الترسيب نأخذ عينة من القسم العلوي من المياه ونرشحها باستخدام ورق ترشيح، ثم نقيس عكارة المياه المرشحة ونحدد فعالية الإزالة كما يتم قياس الناقلية الكهربائية والـ PH للمياه قبل وبعد المعالجة.

تمّ إجراء الدراسة من أجل خمس قيم مختلفة لشدة التيار الكهربائي، تراوحت ضمن المجال mA (200~600)، ومن أجل خمس قيم مختلفة لزمن المكوث ضمن مفاعل التخثير الكهربائي، و تراوحت ضمن المجال : min(3~20). يبين الشكل (2) مراحل المعالجة المتبعة في هذا البحث.

3-3- العلاقات الحسابية المستخدمة Arithmetic Relations

- تحديد كمية المعدن المنحل Dissolved Metal

تمّ تحديد كمية المعدن المنحل انطلاقاً من القانون الثاني لفاراداي (6-17):

- إن علاقة حساب كمية المعدن المنحل بالنسبة لالكترودات الألمنيوم هي:

$$C = 0.336 \times I \times (P-1) \times t/V \qquad (3)$$

- وبالنسبة لالكترودات الحديد هي:

$$C = 1.040 \times I \times (P-1) \times t/V \qquad (4)$$

حيث:

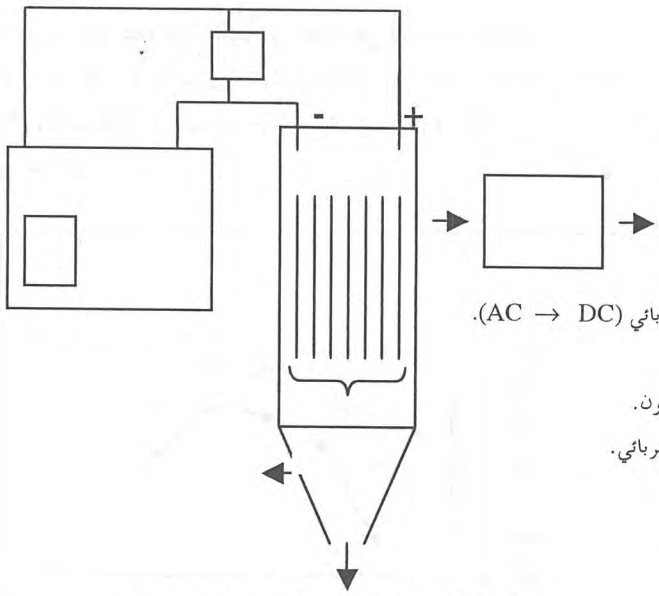
C: كمية المعدن المنحل (mg/l).

I: شدة التيار الكهزبائي المطبقة (A).

P: عدد الصفائح المعدنية المستخدمة.

t: زمن المكوث ضمن المفاعل (h).

V: حجم المياه المعالجة (m^3).



1. محولة التيار الكهربائي (AC → DC).
2. مقياس الأمبير.
3. مقياس فرق الكمون.
4. خلية التخثير الكهربائي.
5. الالكترودات.
6. حوض الترسيب.

الشكل (2): شكل توضيحي لأسلوب المعالجة المتبعة.

- تحديد فعالية الإزالة للملوثات Removal Efficiency:

يتم تحديد فعالية إزالة الملوثات بالعلاقة التالية:

$$\phi = (T_0 - T_e)/T_0 \qquad (5)$$

حيث:

ϕ: فعالية الإزالة وتؤخذ كنسبة مئوية.

T_0: القيمة الأولية للعكارة (NTU)، أو تركيز الفوسفات أو المعدن الثقيل في الماء المعد للمعالجة (mg/l).

T_e: القيمة النهائي للعكارة (NTU)، أو تركيز الفوسفات أو المعدن الثقيل في الماء المعالج (mg/l).

- تحديد كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة Electrical Energy Consumption:

$$E = (I \times U \times t)/V \qquad (6)$$

حيث:

E: كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة وتحسب لمعالجة ($1m^3$) من المياه ($Wh/m^3 . H_2O$).

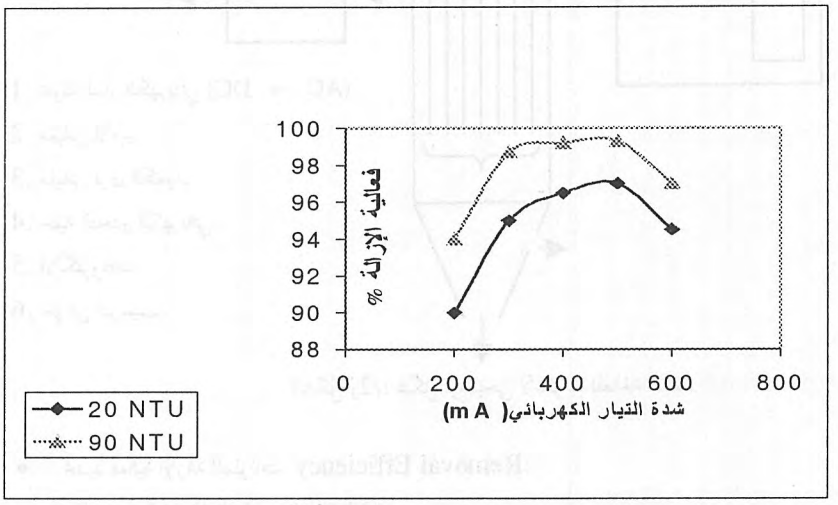
U: فرق الكمون (V).

t: زمن المكوث ضمن المفاعل (h).

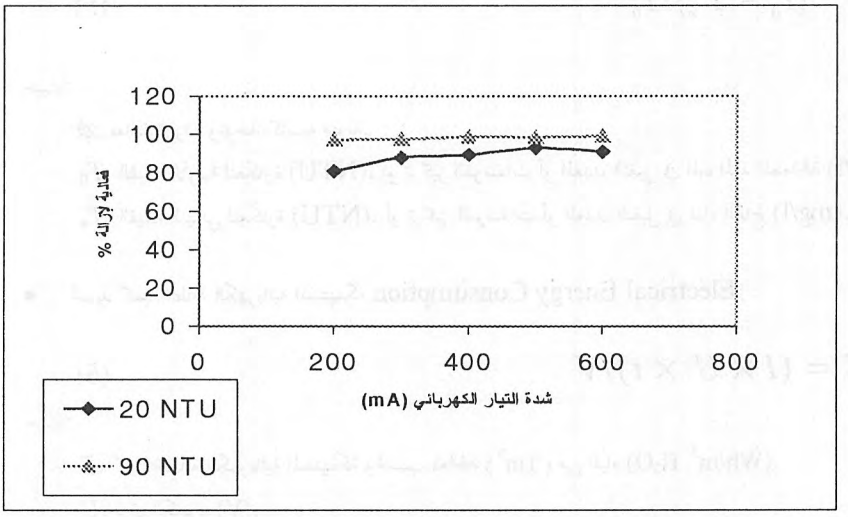
4- النتائج والمناقشة Results and discussion

4-1- دراسة تأثير شدة التيار الكهربائي المطبقة على فعالية إزالة العكارة

يبين الشكلان (3 و 4) فعالية إزالة العكارة بالعلاقة مع شدة التيار الكهربائي وذلك من أجل قيمتين أوليتين للعكارة NTU (20 وَ 90)، وعـــند زمن مكوث بالمفاعل = min (10)، وباستخدام صفائح من الألمنيوم، وصفائح من الحديد، على التوالي.



الشكل (3): العلاقة بين شدة التيار الكهربائي وفعالية إزالة العكارة عند زمن مكوث عشر دقائق باستخدام الكترودات الألمنيوم



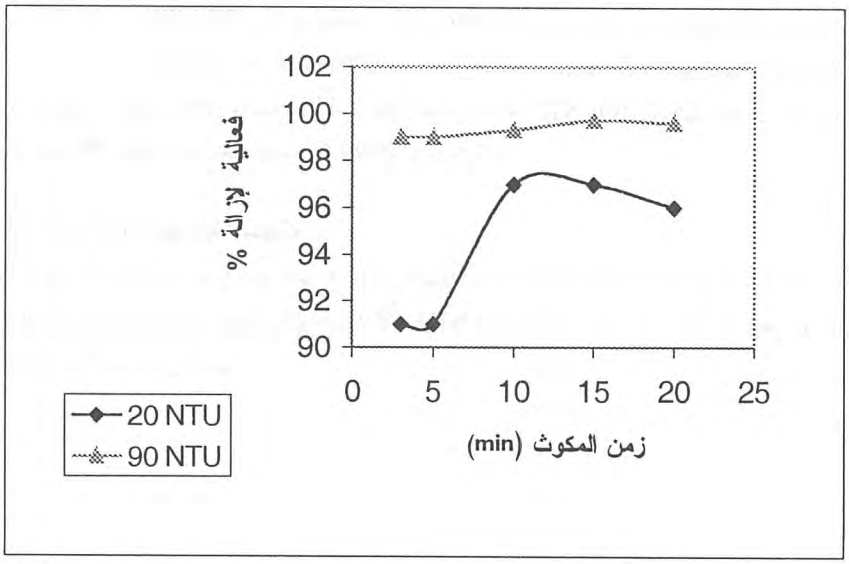
الشكل (4): العلاقة بين شدة التيار الكهربائي وفعالية إزالة العكارة عند زمن مكوث عشر دقائق باستخدام الكترودات الحديد.

نلاحظ من هذين الشكلين أن كفاءة إزالة العكارة تتزايد مع تزايد شدة التيار الكهربائي المطبقة حيث تزايدت من القيمة (90%) عند شدة تيار كهربائي مطبقة = mA (200)، لتصل للقيمة: (97%) من أجل الشدة mA (500) وذلك من أجل قيمة عكارة أولية للمياه = NTU (20)، ولكنها تناقصت للقيمة (94.5%) عند الشدة mA (600)، الشكل (3). كما تزايدت من القيمة (94%) - عند الشدة mA (200) - لتصل للقيمة (99.3%) من أجل الشدة mA (500) وذلك من أجل عكارة أولية للمياه تساوي NTU (90)، ولكنها تناقصت ثانية عند تطبيق شدة تيار قيمتها mA(600) حيث بلغت (97%)، الشكل (3).وكفاءة إزالة العكارة هذه قريبة من قيمة كفاءة إزالة العكارة التي حصل عليها الباحثان: Y.K. JUNG and M.Y. HAN [8]، حيث استخدمت وحدة تطويف كهربائي تحوي الكترودات الألمنيوم و درست كفاءة معالجة مياه معكرة و ملوّثة بالكادميوم و تمّ التوصل لنسبة إزالة للعكارة تساوي (95.7%).

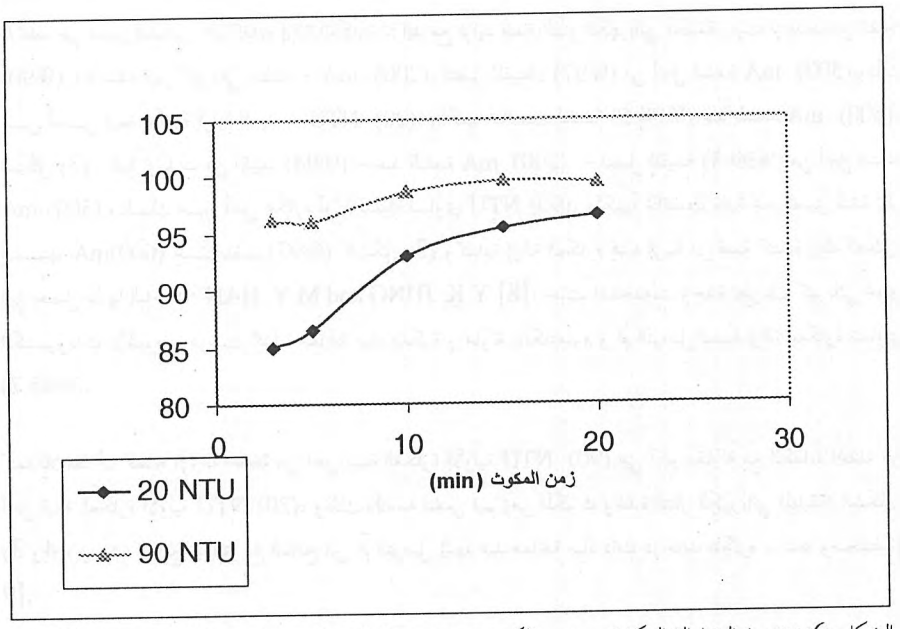
كما نلاحظ أن كفاءة الإزالة المحققة من أجل قيمة العكارة الأولية NTU (90) هي أكبر مقارنةً مع الكفاءة المحققة من أجل قيمة العكارة الأولية NTU (20)، وذلك بالنسبة لنفس قيم زمن المكوث وشدة التيار الكهربائي المطبقة، الشكلين (3 و4)، و هذه النتائج تتوافق مع النتائج التي تمّ التوصل إليها عند معالجة مياه ذات درجات عكارة مرتفعة ومنخفضة[9].

4-2- دراسة تأثير زمن المكوث في المفاعل على فعالية إزالة عكارة المياه

يبين الشكلان (5 و 6) فعالية إزالة العكارة بالعلاقة مع زمن المكوث ضمن مفاعل التخثير الكهربائي وذلك من أجل القيمتين الأوليتين للعكارة: NTU (20 وَ 90)، وعند شدة تيار كهربائي مطبقة =mA (500) ، وباستخدام الكترودات من الألمنيوم ومن الحديد على التوالي.



الشكل (5): تغير فعالية إزالة العكارة مع زمن المكوث عند شدة تيار كهربائي= mA 500 باستخدام الكترودات الألمنيوم.

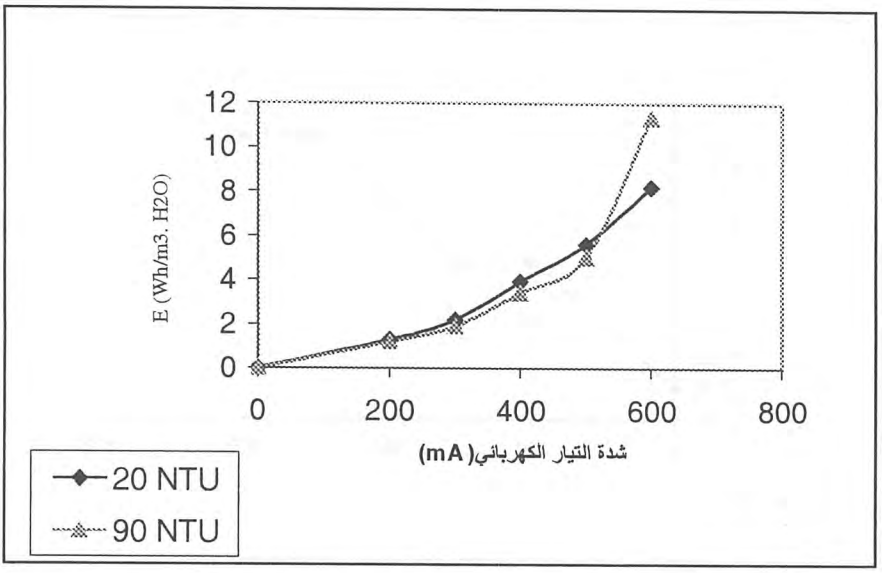


الشكل (6): تغير فعالية إزالة العكارة مع زمن المكوث عند شدة تيار كهربائي = mA (500) باستخدام الكترودات الحديد.

نلاحظ من هذين الشكلين أن كفاءة إزالة العكارة تتزايد مع تزايد زمن المكوث في المفاعل، حيث تزايدت من القيمة (91%) عـــند زمن مكوث=min (3)، لتصل للقيمة (97%) عند زمن مكوث =min (10) وذلك من أجل قيمة عكارة أولية للمياه = (20)NTU، ولكنها تناقصت للقيمة (96%) عند زمن مكوث = min (20)، (الشكل 5). كذلك تزايدت كفاءة إزالة العكارة من القيمة (99%) عند زمن مكوث = min (3) لتصل للقيمة (99.7%) عند زمـــن مكـــوث = min (15) وذلـــك من أجل عكارة أولية للمياه= NTU (90)، ولكنها تناقصت ثانيةً عند زمن مكوث قيمته 20 دقيقة حيث بلغت القيمة (99.6%)، (الشكل5).

4-3- كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة

يبين الشكل (7) العلاقة بين شدة التيار التيار الكهربائي المطبقة، وكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لمعالجة متر مكعب واحد من المياه، وذلك من أجل القيمتين الأوليتين للعكارة NTU (20 و 90)، وعند زمن مكوث بالمفاعل min (10) وباستخدام الكترودات من الألمنيوم.



الشـــكل (7): العلاقة بين شدة التيار الكهربائي وكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة عند زمن مكوث = min (10) باستخدام الكترودات الألمنيوم.

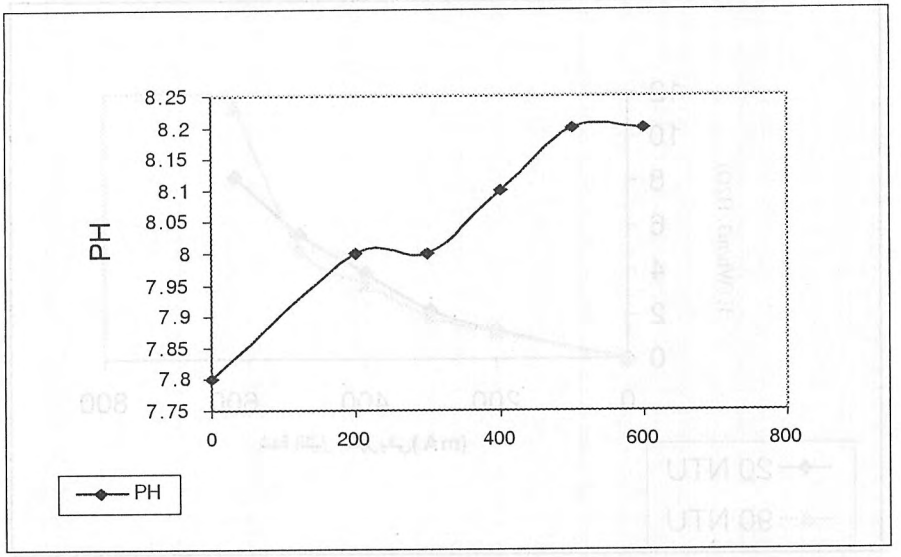
نلاحـــظ مـــن هـــذا الشـــكل تزايد كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة مع تزايد شدة التيار الكهربائي المطبقة، حيث تـــزايدت قـــيمة الطاقـــة الكهـــربائية المســـتهكلة من القيمة Wh/m^3. H_2O (1.3)، عند شدة التيار الكهربائي = mA (200)، إلى القـــيمة (8.2) Wh/m^3. H_2Oعـــند شـــدة التـــيار الكهربائـــي = mA (600)، وذلـــك من أجل عكارة أولية للمياه =NTU (20) .

4-4- تغير قيمة الـــ PH والناقلية الكهربائية للمياه

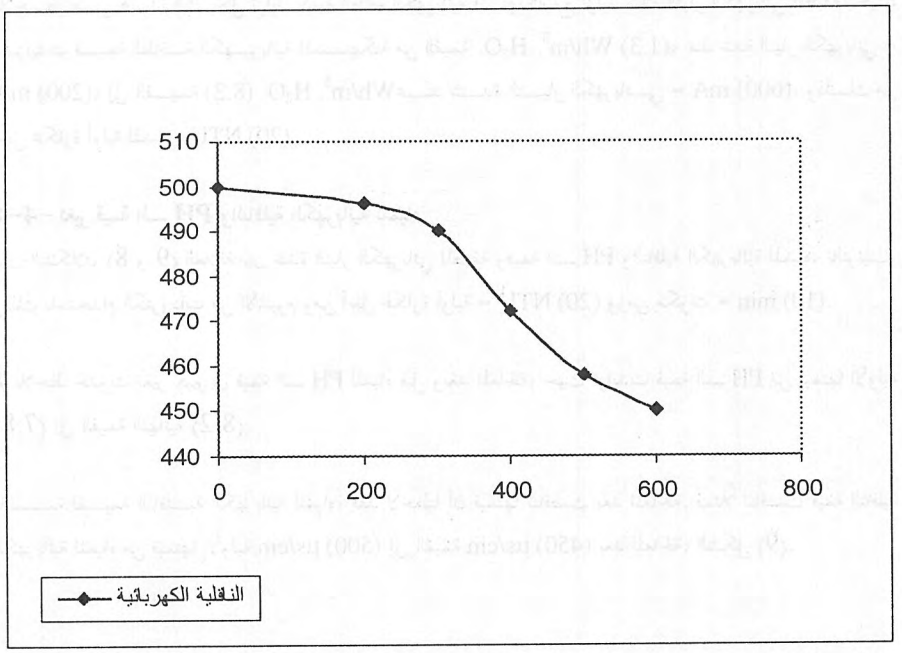
يبين الشكلان (8 و 9) العلاقة بين شدة التيار الكهربائي المطبقة وقيمة الـــ PH والناقلية الكهربائية للمياه، بالترتيب، وذلك باستخدام الكترودات من الألمنيوم ومن أجل عكارة أولية = NTU (20) وزمن مكوث = min (10).

لم نلاحظ حدوث تغير كبير في قيمة الـــ PH للمياه قبل وبعد المعالجة، حيث تزايدت قيمة الـــ PH من قيمتها الأولية (7.8) إلى القيمة النهائية (8.2).

بالنســـبة لقـــيمة الناقلـــية الكهربائية للمياه، فقد لاحظنا أن قيمتها تناقصت بعد المعالجة. فمثلاً تناقصت قيمة الناقلية الكهربائية للمياه من قيمتها الأولية µs/cm (500) إلى القيمة µs/cm (450) بعد المعالجة، الشكل (9).



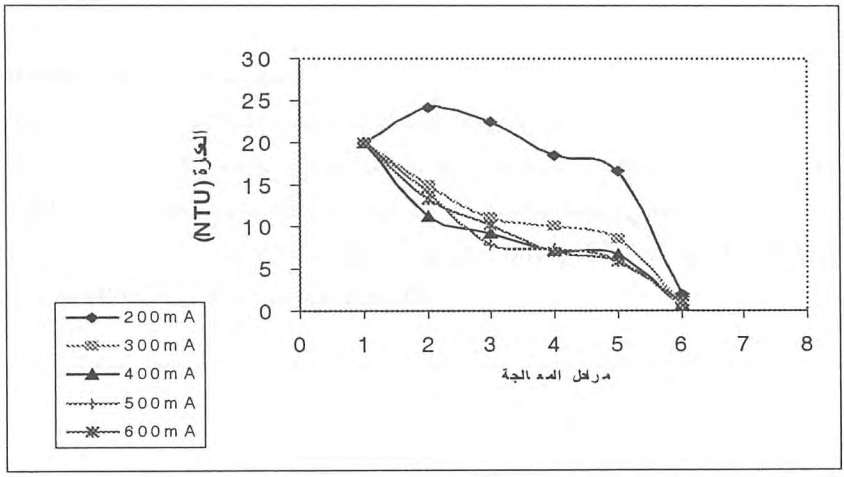
الشـــكل (8): العلاقة بين شدة التيار الكهربائي ودرجة الـــ PH عند عكارة أولية = NTU (20) وزمن مكوث = min (10)باستخدام الكترودات الألمنيوم.



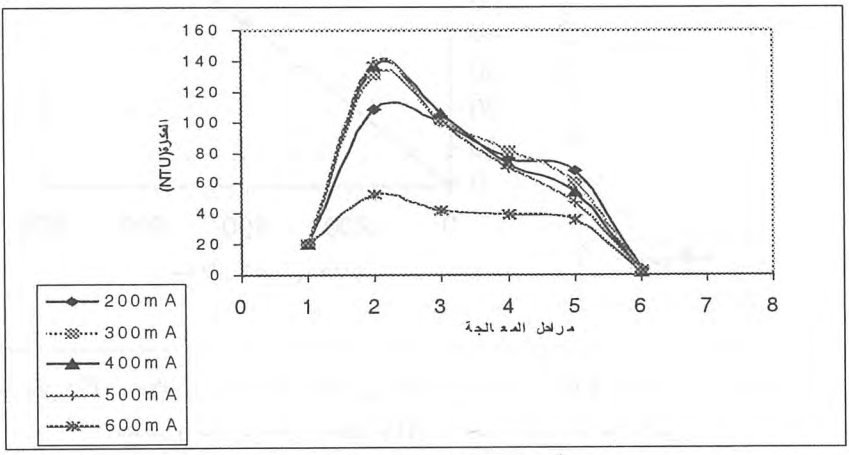
الشكل (9): العلاقة بين شدة التيار الكهربائي وقيمة الناقلية الكهربائية للمياه عند عكارة أولية = NTU (20) وزمن مكوث = min (10) باستخدام الكترودات الألمنيوم.

4-5- تغير عكارة المياه وفقاً لمراحل المعالجة

يبين الشكلان (10و11) تغير قيمة عكارة المياه قبل و بعد المعالجة و ذلك من أجل عكارة أولية للمياه = NTU (20) و عـــند زمـــن مكوث بالمفاعل = min (10) و باستخدام الكترودات من الألمنيوم، و الكترودات من الحديد، على التسلسل.



الشكل (10): تغير قيم عكاة المياه وفقاً لمراحل المعالجة من أجل عكارة أولية=NTU (20) و عند زمن مكوث= min (10) باستخدام الكترودات من الألمنيوم.

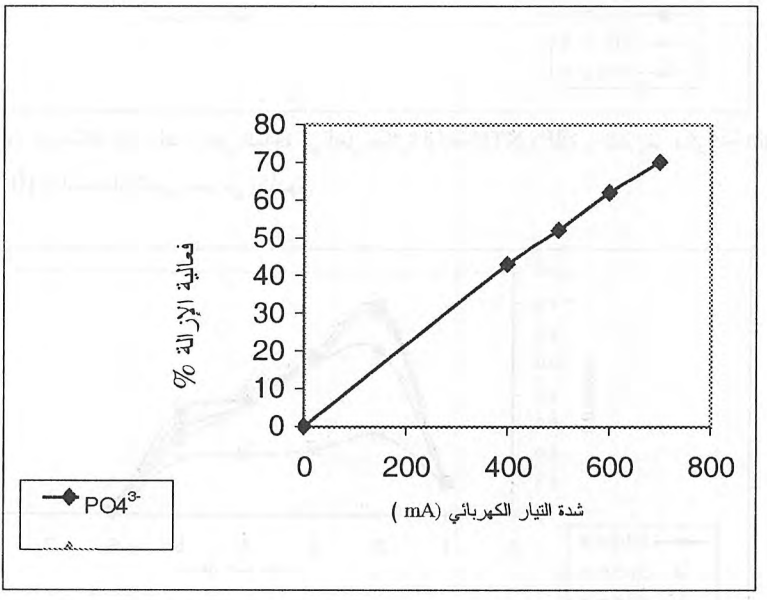


الشـــكل (11): تغير قيم عكارة المياه وفقاً لمراحل المعالجة من أجل عكارة أولية =NTU (20) و عند زمن مكوث= min (10) باستخدام الكترودات من الحديد.

نلاحظ من الشكل (11) أنه عند تطبيق الشدة mA (500) مثلاً، تناقصت عكارة المياه من قيمتها الأولية NTU (20) إلى القيمةNTU (14) بعد معالجتها بالمخثر لمدة min (10) وترسيبها لمدة min (15) مرحلة المعالجة 2، ثم تناقصت للقيمةNTU (7.8) الترسيب لمدة min (30) مرحلة المعالجة 3، ثم تناقصت للقيمة NTU (7.3) بعد الترسيب لمدة min (45) مرحلة المعالجة 4 ، ووصلت للقيمة NTU (6) بعد الترسيب لمدة min (60) مرحلة المعالجة 5، ووصلت قيمة عكارتها النهائية بعد الترشيح للقيمة NTU (0.6) مرحلة المعالجة 6 ، أي كفاءة إزالة العكارة المحققة هي (97%).

4-6- فعالية إزالة الفوسفات من المياه

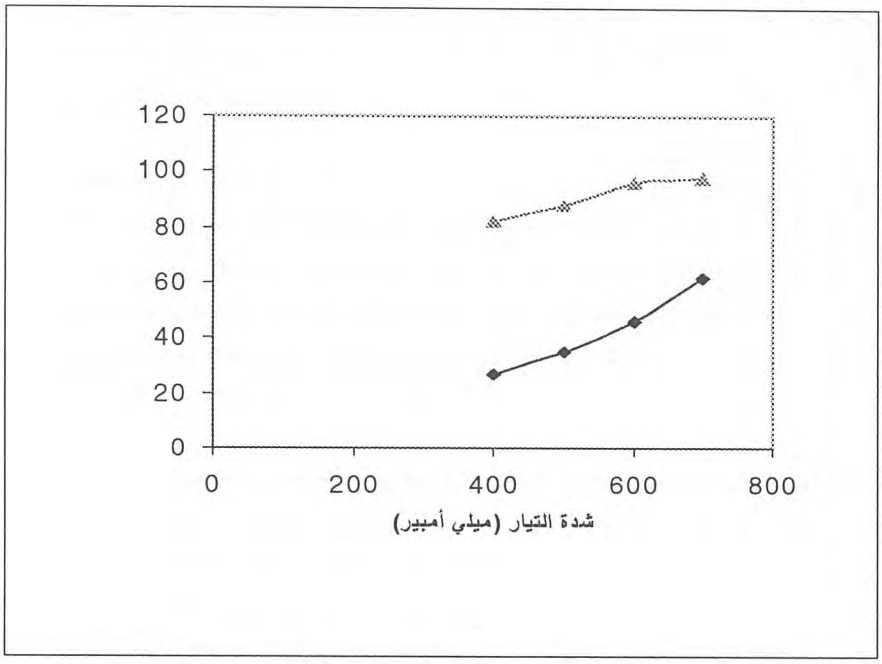
يبين الشكل 12 كفاءة الإزالة المحققة باستخدام طريقة التخثير الكهربائي بالمعالجة، في إزالة شوارد الفوسفات من أجل تركيز فوسفات أولي 2.8 ملغ/لتر تم إضافته للمياه عن طريق ملح فوسفات الصوديوم المائية و عند زمن مكوث= min (10) باستخدام الكترودات من الألمنيوم، حيث تراوحت شدة التيار الكهربائي المطبقة ضمن المجال ~ (400 mA (700. نلاحظ تزايد نسبة الإزالة من 43%عند شدة mA 400 إلى 52% عند شدة mA 500 ثم 62% عند شدة mA 600 وأخيراً 70% عند شدة mA 700.



الشكل (12): العلاقة بين شدة التيار الكهربائي وفعالية الفوسفات PO_4^{3-} من أجل تركيز فوسفات أولي 2.8 ملغ/لتر و عند زمن مكوث=min (10) باستخدام الكترودات من الألمنيوم.

4-7- فعالية إزالة المنغنيز والنحاس من المياه

يبين الشكل13 كفاءة إزالة شوارد المنغنيز والنحاس من أجل تركيز منغنيز أولي 0.2 ملغ/لتر تم إضافته للمياه عن طريق ملح كلور المنغنيز، وتركيز نحاس أولي 5 ملغ/لتر تم إضافته للمياه عن طريق ملح كلور النحاس و عند زمن مكوث= min (10) باستخدام الكترودات من الألمنيوم، حيث تراوحت شدة التيار الكهربائي المطبقة ضمن المجال ~ (400 mA (700. نلاحظ تزايد نسبة الإزالة للمنغنيز من 26% عند شدة 400 mA إلى 35% عند شدة 500 mA ثم 46% عند شدة 600 mA وأخيراً 62% عند شدة 700 mA، بينما نسب الإزالة للنحاس كانت أعلى وتزايدت من 82% إلى 88% ثم 96% وأخيراً 98 %.



الشكل (13): العلاقة بين شدة التيار الكهربائي وفعالية الفوسفات Mn^{2+} و Cu^{2+} من أجل تركيز منغنيز أولي 0.2 ملغ/لتر و تركيز نحاس أولي ملغ/لتر 5 عند زمن مكوث=min (10) باستخدام الكترودات من الألمنيوم.

5-الاستنتاجات: Conclusions

بينت النتائج التجريبية لدراسة معالجة المياه السطحية (مياه سد بللوران) باستخدام طريقة التخثير الكهربائي ما يلي:

1- يمكن الحصول على كفاءة جيدة في إزالة عكارة المياه، حيث تراوحت نسبة الإزالة ضمن المجال (99% ~ 78%) من أجل قيم شدات تيار كهربائي مطبقة ضمن المجال (200 mA600 ~ الشكلان (3 و4) وقيم أزمنة مكوث بالمفاعل ضمن المجال (3 min20 ~ الشكلان (5 و6). حيث لاحظنا تزايد فعالية إزالة العكارة مع تزايد كلاً من شدة التيار الكهربائي وزمن المكوث المطبقين في المفاعل، و لكن لاحظنا أنه ليس بالضرورة أن

تـــؤدي –دوماً– زيادة شدة التيار الكهربائي و زمن المكوث المطبقين، لتزايد كفاءة إزالة العكارة، و يمكن تفسير ذلك بأنه مع زيادة شدة التيار الكهربائي و زمن المكوث المطبقين، تزداد كتلة المعدن المنحل و بالتالي تزداد كمية الغروانيات الموجبة الشحنة المتشكّلة و تصبح أكبر من كمية الغروانيات السالبة الشحنة الموجودة أصلاً في الماء و المسببة لعكارته، و هذا يؤدي لتناقص كفاءة إزالة عكارة المياه (مثلاً: تناقصت كفاءة إزالة العكارة بتطبيق الشدة mA (600)، الشكل (3)، كما تناقصت كفاءة إزالة العكارة من أجل زمن المكوث min (20)، (الشكل5).

كما نفسر تفوق قيم كفاءة إزالة العكارة العالية للمياه مقارنةً بالكفاءة المحققة للمياه منخفضة العكارة (الشكل 3 و 4) مـــن أجـــل نفس قيم شدات التيار الكهربائي و أزمنة المكوث المطبقة، بأنّ نسبة تشكيل الندف هي من الدرجة الثانية بالنسبة لتركيز عدد الجسيمات، و هذا يعني أنّ نسبة تشكيل الندف للمياه عالية العكارة هي أكبر منها بالنسبة للمياه منخفضة العكارة.

2- لاحظـــنا تـــزايد كمـــية الطاقة الكهربائية المستهلكة مع تزايد كلاً من شدة التيار الكهربائي و زمن المكوث في المفاعل، حيث تراوحت كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة ضمن المجال $Wh/m^3.H_2O$ (11.4~1.2) و ذلك من أجل زمن مكوث في المفاعل= min (10). نفضّل دوماً اختيار قيمة الشدة الكهربائية التي تحقق استهلاك أقل للطاقـــة الكهـــربائية حتى ولو كانت الفعالية أقل بقليل من تلك المحققة عند تطبيق شدة تيار كهربائي أكبر (مثلاً تطبـــيق الشـــدتين mA (600, 500) في الشكل (7)). علماً بأن كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في كافة التجارب كانت قليلة جداً بالنسبة لمجال دراستنا هذا.

و نظـــراً لارتفـــاع كمـــية الحديد المنحلة مقارنةً مع كمية الألمنيوم المنحلة، ننصح باستخدام الكترودات الألمنيوم لمعالجة المياه الطبيعـــية وذلـــك للإقلال من كمية المعدن المنحل (حيث تعتبر مسألة حمولية الالكترودات – نتيجة العمل الطويل – هي أهم المســـائل عـــند اســـتخدام هذه الطريقة في المعالجة) و بالتالي للإقلال من كلفة المعالجة باستخدام طريقة التخثير الكهربائي. و نـــؤكد علـــى أنـــه من الضروري اختيار قيم شدات تيار كهربائي وأزمنة مكوث تحقق أقل استهلاك ممكن للطاقة الكهربائية وللمعـــدن المـــنحل، مع الأخذ بعين الاعتبار كفاءة الإزالة المحققة فمثلاً لاحظنا أن تطبيق الشدة mA (500) من أجل زمن مكـــوث = min (10)، يحقـــق نتائج جيدة للعكارة مقارنةً مع تطبيق باقي القيم في مجال دراستنا هذا، أما إزالة الفوسفات والمنغنيز فقد تتطلب شدات تيار أعلى من mA 500 تبعاً للتركيز البدائي لهذه الأيونات في المياه.

وبالـــتالي نتوصل بالنتيجة إلى أنه يمكن اعتبار طريقة التخثير الكهربائي طريقة فعّالة في معالجة المياه السطحية، بالإضافة لكـــونها تقلل كلفة معالجة المياه السطحية مقارنةً مع كلفة الطرق الكيميائية التقليدية المتبعة. إذاً ننصح باستخدام طريقة التخثير الكهربائي لمعالجة المياه السطحية وخاصة من أجل تأمين حجوم قليلة من المياه[10]، ولكن مع ضرورة التحديد الدقيق لمتغيرات التشغيل، حتى تكون كلفة المعالجة بهذه الطريقة أقل ما يمكن.

[1] PAUL. AB, 1996, Electrolytic treatment of turbid water in Package Plant. 22 nd WEDC Conference, New Delhi, India.

[2] HOLT. P, BARTON. G, MITCHELL. C., 1999, Electrocoagulation As a wastewater treatment. The third annual Environmental Engineerig research Event - 23 - 26 November castlemaine, Victoria. www.isf.uts.edu.au/publications/EERE-paper.pdf

[3] SAKAKIBARA. Y, NAKAYAMA. T, 2001, A Novel multi Electrode system for Electrolytic And Biological water treatment: Electric charge Transfer and application to Denitrification. Wat Res. UK, vol. 35, No. 3, PP. 768 - 778.

[4] YEH. R. S, WANG. Y. Y, WAN. C. C., 1995, Removal of CU - EDTA compounds Via Electrochemical Process with Coagulation. Water Res. UK, Vol. 29, No. 2, PP. 597 - 599.

[5] LIN. SH, SHYU. CT, SUN. MC., 1998, Saline wastewater treatment by electrochemical Method. Wat Res UK, Vol. 32, No. 4, PP. 1059 - 1066.

[6] بنود، عبد الحكيم، 2001، معالجة مياه صرف صناعة الجلود و دباغتها بالتخثير الكهركيميائي. بحث علمي قدّم إلى مؤتمر دور التوعية البيئية في إدارة المخلفات، الكويت.

[7] S., 2002, Contrubition a l'étude des reactions aux électrodes pour l'application de l'électrocoagulation. Thése de doctorat a la faculté des sciences de limoges France.

[8] JUNG. Y. K, HAN. M.Y, 2001, Simultaneous Removal of cadmium and Turbidity in contaminated soil. washing water By Electrocoagulation.

[9] SONG. J, HAN.M, CHUNG.T, CHOI. S, 2000, The Effect of coagulation Time on the Turbidity Removal efficiency in electrocoagulation. Seoul - Korea.

[10] سليمان، تغريد، 2004، استخدام طريقة التخثير الكهربائي في تنقية المياه السطحية –دراسة حالة سد بللوران.

أطيان النتونايت (بديل اقتصادي) لسحب وإزالة الآثار البيئية الملوثة لبعض المركّبات الفينولية من الوسط المائي

محمد سجاد، مهدي رشيد، زبيدة القليح

أطيان البنتونايت (بديل اقتصادي) لسحب وإزالة الآثار البيئية الملوثة لبعض المركبات الفينولية من الوسط المائي

محمد سجـــاد مهدي رشيد* زبيدة القليح**

* قسم الكيمياء - كلية الآداب والعلوم – ترهونة - (الجماهيرية العظمى)

** قسم الهندسة البيئية - جامعة برلين التقنية - (المانيا)

الخلاصة

يُعد الفينول ومشتقاته كمـــواد أولية مهمة لتحضير أنـــواع مختلفة من المواد العضويـــة والأصباغ والمـــــواد المانعة للأكسدة (antioxidant). ومن هذا يُلحظ أن الفينولات تشكل نسبة كبيرة من الملوثات لأنها توجد في العديد من الصناعات مثل صناعة البلاستك واللدائن وصناعة الأدوية وبالتالي فهي تطرح مع العديد من المخلفات الصناعية لذا يتناول موضوع هذا البحث دراسة لوصف مخاطر مثل هذه الملوثات المتواجدة في الوسط المائي وما يتسبب من هذا التواجد من ضرر كبير للبيئة المائية وتغير لخواص المياه الملوثة بهذه المركبات والتي يصعب التخلص منها لسميتها العالية والاهم يتناول هذا البحث معالجة المياه الملوثة لبعض المركبات الفينولية ومشتقاتها بوساطة عملية الامتزاز (Adsorption) من محاليلها المائية على سطح أطيان البنتونايت. واستخدمت مطيافية الأشعة المرئية / فوق البنفسجية في تعيين كميات الامتزاز. أوضحت النتائج أن الامتـــــزاز على السطح يتبع معـــــادلة فرينـــدلش (Freundlich adsorption equation). وتمت دراسة أثر الموقع المعوض في امتزاز الكريسول والامينوفينول والنيتروفينول والكلوروفينول وثنائي مثيل فينول على السطح واتضح أن امتزاز المتشابهات (Isomers) المختلفة يعتمد على الذوبانية وطبيعة السطح الماز الذي يحتوي على مواقع فعالة موجبة وسالبة من جهة وعلى وضع الحلقة الاروماتية عند الامتزاز من جهة أخرى، وقد تبين أن الامتزاز يزداد كلما كانت المجموعة المعوضة على الحلقة الاروماتية دافعة للإلكترونات. أما تأثير درجة الحرارة في الامتزاز فقد أوضحت نتائجه بأنه يزداد بأرتفاع درجة الحرارة أي انه ماص للحرارة (endothermic). ودرس تأثير تغيير حجم الجسيمات (Particle size) لأطيان البنتونايت، واتضح انه كلما صغر حجمها يزداد الامتزاز. واخيرا تمت دراسة تأثير زيادة ملوحة و حامضية المحلول في الامتزاز على البنتونايت، واتضح حصول زيادة في الامتزاز مع زيادة ملوحة ونقصان حامضية المحلول (pH)، وأعطيت التفسيرات لهذا السلوك.

مفاتيح الكلمات: البنتونايت، الملوثات، الفينولات.

(1) المقدمة

(1-1) الغاية من البحـــث

يهدف هذا البحث إلى دراسة قابلية أطيان البنتونايت العراقية للمرة الأولى في عمليات الامتزاز مع بيان كفاءة سطوح هذه الأطيان في امتزاز الفينول ومشتقاته من المحاليل المائية و إمكانية استخدام هذه الأطيان في امتزاز الفينول ومشتقاته من المحاليل المائية و إمكانية استخدام هذه السطوح كمواد مازة تعمل على أمتزاز الملوثات العضوية والمبيدات الفينولية. كما استهدف البحث دراسة التغير في كل من درجة الحرارة وحجم جسيمات البنتونايت وملوحة وحامضية المحلول في عملية ألامتزاز.

(1-2) التلوث بالمركبات الفينولية

إن الفينول، ومشتق أحادي المثيل فينول (الكريسول) التي توجد على هيئة ثلاث إيزومرات وكذلك مشتقات ثنائي المثيل فينول (الزايلينولات) التي توجد على شكل ست إيزومرات وغيرها من المشتقات استخلصت لأول مرة من فحم الكوك من قبل العالم Rung سنة 1834[1][2]. وبالإضافة إلى ذلك فقد اعتبرت الفينولات والكريسولات، والزايلينولات كمصادر كبيرة للتلوث، ذلك لأن الفينولات تدخل إلى المحيط من خلال طرح الفضلات الصناعية وقد عرفت الفينولات البسيطة، بأنها موجودة في اليوريا البشرية (human urine)[3]. وتعد الفينولات جميعها سامة، لأن لها ميلاً للذوبان في الماء فضلاً عن أن بعضها لا يغير من لون الماء، فيجعل اكتشافها صعباً إلا بالطرق التحليلية الدقيقة. تبين أن بقايا من الكلوروفينول قد وجدت بشكل واسع في التربة، وفي نماذج من الماء والهواء، وفي فضلات الطعام، وفي أنسجة الحيوان. إذ يستعمل الكلوروفينول في العديد من التطبيقات وبخاصة في الخمسين سنة الأخيرة ومن أهم مركبات الكلوروفينول مركب خماسي كلوروفينول pentachlorophenol (pcp) الذي يستخدم لحماية الأخشاب من الفطريات كما يستخدم بشكل واسع في مجال الزراعة[4]، حيث أن التراكيز القليلة التي تصل إلى أجزاء البليون (ppb) من مركبات الفينول ومشتقاته تنتج عنها رائحة كريهة وطعم غير مقبول لمياه الشرب وبخاصة بعد معالجتها بالكلور في محطات تنقية مياه الشرب ذلك نتيجة لتكون مركبات الكلوروفينول بعد اتحاد الفينول بالكلور ولهذه المركبات الناتجة من كلورة الفينول رائحة أسوأ من الفينول نفسه [5][6]. ويعد من مبيدات الأعشاب المهمة وبذلك اعتبرت مركبات الكلوروفينول ملوثات خطيرة لأنها مؤذية للكائنات الحية بشكل عام. يتضح مما تقدم أن الفينولات تشكل النسبة الأعلى بين المركبات العضوية المطروحة مع مياه الفضلات الصناعية إذ وجد أن 80% من تلك المياه حاوية على الفينولات[7]. كما تعد المياه المتدفقة من مصانع الورق والمياه المنبثقة من عمليات قصر الأقمشة مصدر آخر للتلوث حيث تكون عمليات الكلورة مصدراً للتعقيم. أكد Paasivirta وفريقه على مركبات الكلور و الكلوروفينول التي وجدت بقايا منها في أنسجة بشرية، ولا يمكن تجاهل ضرر الفينـــول حتى في تراكيزه القليلة لأنه يؤدي إلى ضرر كبـــير في أنسجـــة الخياشيم (gills tissues) إن لم يكن قاتلاً للسمك[8]. وبسبب التطبيقـــات الواسعة التي تحتاج إلى مركبـــات الكلوروفينول وبسبب استعمـــــالها الواسع بشكـــل مبيـــدات للأعشاب (herbicides) وبسبب امتلاك فضلاتها استقرارية جيدة، كل هذه الأمور تجعلها ملوثات منتشرة في البيئة وبالأخص في البيئة المائية.

(3-1) المحلـــول و الامتـــزاز من المحـــلول

أضحى الامتزاز من المحلول علماً بالغ الأهمية, وعلى الرغم من كثرة البحوث المنشورة في هذا المجال غير أن معظم الدراسات التي تناولت هذا الموضوع كانت مهتمة بسطوح الكاربون المنتظمة غير القطبية نذكر منها على سبيل المثال بعض الدراسات المهتمة كما في بعض المصادر [13,12,11,10,9] غير أن تطور التحليلات الطيفية وتطور أساليب دراسة الامتزاز قد ساعد على دراسة ألامتزاز على سطوح أخرى لاتقل أهمية عن الكاربون. ومن هذه السطـــوح أطيان الكـــــاؤولين والبنتونايت وغيرها من السطوح كما أشارت أليها بعض المصادر [19,18,17,16,15,14] أن عملية الامتزاز بين المحلول والمادة الصلبة المازة عملية مهمة جداً غير أن فهمها مازال محدوداً, وتكون عملية الامتزاز من المحلول أكثر صعوبة في معالجتها النظرية, مقارنة بعملية أمتزاز الغازات على المواد الصلبة. ويمكن تصور أمتزاز المواد غير الالكتروليتية عند السطح الفاصل بين محلول ومادة صلبة فيه من زاويتين. في الأولى يقتصر الامتزاز على طبقة جزيئيه واحدة تكون في تماس مع سطح المادة الصلبة, والطبقات التي تلي هذه الطبقة تكون موجودة داخل المحلول وضعيفة الارتباط بالطبقة الممتزة. وهذا التصور يشبة إلى حد كبير الامتزاز الكيميائي للغازات على المواد الصلبة, وينطوي على تناقص الفعل المتبادل بين المذاب والمادة الصلبة مع تزايد بعد دقائق المذاب عن سطح المادة الصلبة. وعلى عكس الامتزاز الكيميائي, تكون حرارة الامتزاز في المحلول قليلة ومقاربة في قيمتها لحرارة المحلول. أما الزاوية الثانية فتنطوي على تكوين طبقة أمتزاز بسمك عدة جزيئات وان الفعل المتبادل بين المذاب وسطح المادة الصلبة يقل بتجاوز مثل هذا السمك وان التناقص يكون تدريجيا. وهذه الصورة شبيهة بالامتزاز الفيزيائي للأبخرة على سطوح المواد الصلبة, حيث يصبح الامتزاز متعدد الجزيئات عند بلوغ ضغط البخار المشبع. والامتزاز على وفق هذا التصور هو عملية توزيع المذاب بين حجم المحلول وطور السطح البيني, وهو يتاثير بدرجة الحرارة والتركيز, كما أن كمية الامتزاز تتضاءل بشكل عام مع ازدياد درجة الحرارة وتزداد مع ازدياد التركيز [20]. أن أساس تقدم النظرية المصاحبة لظاهرة الامتزاز قد وضعت في عام 1916 عندما افترض لانكماير [21], حدوث الامتزاز لطبقة جزيئيه واحدة على سطح المادة المازة, حيث يستبعد حدوث تفاعلات بين الدقائق الممتزة في التغطية الواطئة للسطح. وهكذا تزداد كمية المادة الممتزة سريعا بداية الامتزاز ثم تبدأ في الثبات تدريجيا بسبب عملية الابتزاز (desorption) وتعني مغادرة الجزيئات الممتزة للسطح. وعندما تتساوى سرعة الابتزاز تكون العملية في حالة توازن. من أهم المعادلات المستخدمة بنجاح في حالة الامتزاز من المحلول هي معادلة فريندلش, حيث تعتبر معظم السطوح غير المتجانسة (heterogeneous) بسبب عدم انتظام تغيرات الطاقة الكامنة عليها وذلك لامتلاك مواقع الامتزاز مستويات متباينة من الطاقة [22] [23].

وبذلك وضعت معادلة فريندلش لتمثيل التغير في مقـــدار المادة الممتزة (Q_e) على وحدة المساحة السطحية أو كتلة المادة الـــمازة مع تركيز الاتزان (C_e):

$$Q_e = K_F C_e^{\,1/n} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث ان (n, K_F) هما ثابتا فريندلش التجريبيين، وتعتمد قيمتهما على طبيعة كل من المادة الممتزة والسطح الماز ودرجة الحرارة. كما ان معادلة فريندلش، على عكس معادلة لانكماير لايصل فيها الامتزاز الى حالة التشبع, أي ان الامتزاز لايصل الى قيمة قصوى ويمكن الحصول على الثابتين (n, K_F) من الصيغة اللوغاريتمية للمعادلة (1) فتصبح:

$$\log Q_e = \log K_F + 1/n \log C_e \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

وبرسم ($\log Q_e$) مقابل ($\log Ce$) نحصل على خط مستقيم له ميل ($1/n$) الذي يكون مقياسا لشدة الامتزاز ومن مقطع الخط الناتج تظهر قيمة ($\log KF$) الذي يكون مقياسا لسعة الامتزاز. هناك قاعدة عامة معروفة تتحكم في الكثير من أنظمة الامتزاز من المحلول تنص على أن " المادة القطبية المازة تمتز بالتفضيل المكون الأكثر قطبية لمحلول غير قطبي " وكلمة القطبية هنا لها معنى واسع للدلالة على قدرة تكوين ارتباط كالاصرة الهيدروجينية, وتعتمد قوة هذه الاصرة على السالبية الكهربائية لأواصر الذرات المحيطة بها من الجانبين أو قد يكون ارتباط (dipole-dipole) إذ يحدث تداخل ثنائي القطب دائمي في جزيئه واحدة وثنائي قطب محتث في الجزيئة الأخرى حتى يترب أحدهما من الآخر[24].

(4-1) أطيان البنتونايت

تطلق كلمة البنتونايت على الترسبات الطينية ذات الغروية واللدانة العالية. ومن خصائص البنتونايت أنه حينما يمتص الماء من الوسط المحيط فأن حجمة قد يكبر الى ست أضعاف حجمة الأصلي، وتتراوح ألوان البنتونايت من الأبيض الى الرمادي والأخضر والأزرق والأسود، ولكن في الغالب يكون ذو لون اصفر حيث يظهر هذا اللون في المكاشف الصخرية المعرضة للتعرية. لأطيان البنتونايت استعمالات عديدة لعل أهمها استعمالها في حفر الآبار النفطية، ويستفاد من البنتونايت في صناعة المبيدات الحشرية، كما يعد من المواد الصالحة لأغراض التنقية [25]، ويستفاد منه أيضا في تصفية البنجر.

يوجد في العراق نوعان من البنتونايت، الأول يحتوي على نسبة عالية من معدن المونتموريلونايت أما النوع الثاني فيحتوي على نسبة واطئة منه.[26] يتكون المونتموريلونايت المكون من سليكات الألمنيوم المائية كما يتالف من كميات صغيرة من القلويات والقلويات الأرضية [27]. وبشكل عام فان الصيغة الموضوعة لمعدن المونتموريلونايت هي $(OH)_2Al_2(Si_2O_5)_2$ ويعد معدن المونتموريلونايت من المكونات الأساسية لأطيان البنتونايت. وقد بينت بعض الدراسات المنشورة [28] أن المونتموريلونايت هو مجموعة طينية فعالة تمتلك تراكيب متباينة من المعادن المكونة لها، ويمكن إحلال الحديد والمغنيسيوم بشكل كامل محل الألمنيوم. كما تبين أن خصائص التمدد والانتفاخ في أبعاد الشبكة البلورية لهذا المعدن تعد خاصية فريدة يمتاز بها المونتموريلونايت. ويهتم هذا البحث بأجراء دراسة عن استخدام البنتونايت المتوفر (في منطقة الصحراء الغربية إذ يتوفر هذا الطين في اغلب مناطق الصحراء لبلدان الخليج العربي والدول العربية بشكل عام و لم يتم الاستفادة منه لحد ألان بالشكل المطلوب) كمادة مازة للتخلص من الملوثات الفينولية حيث تفتقر الأدبيات إلى دراسات تفصيلية في هذا المجال.

(2) الجزء العملي

(2-1) المواد الكيميائية والأطيـــان

تم اســتخدام الفيــنول ومشتقاته من شركات بريطانية وأوربية مختلفة وبنقاوة تفوق 99٪. أما أطيان البنتونايت فقد تم الحصــول علــيها مــن الصحراء الغربية ومن خلال الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين العراقية. وقد أظهرت التحاليل الكيميائية على هذه الأطيان احتوائها على نسبة (55%) من SiO_2 و (13%) من Al_2O_3 و (4.5%) من CaO و (6%) مــن MgO و (5%) مــن K_2O و تم تجفيف هذه الأطيــان بدرجة حرارة (423 مطلقة) لمدة ثلاث ساعات لإزالة الرطوبة. طحنت الأطيان أخضعت الى عملية فرز الأحجام باستخدام المناخل (sieves) وتم فرز ثلاث عيــنات بأحجام حبيبيه مخــتلفة (138,55,25 µm). ثم وضعت العينــات في مجفــفة (desiccators) لحين الاستعمال.

(2-2) الاجــهزة

لغرض التعيين الكمي لمقادير الامتزاز تم استخدام مطياف الاشعة المرئية / فوق البنفسجية من نوع:

Double beam, Pye Unicam-8700 U.V. /Vis. Spectrophotometer

الذي يمتلك المواصفات آلاتية: مدى الطول الموجي (200-800nm) دقة الطول الموجــي (±0.3nm), تكرارية الطول الموجي (0.1nm) ، ثبات خط الأساس (±0.001 A). استخدمت أجهزة أخرى في هذه الدراسة هي: حمام مائي مزود بجهاز هزاز مسيطر على درجة حرارته وجهاز طرد مركزي وجهاز قياس الآس الهيدروجيني pH وجهاز لقياس التوصيلية بالإضافة الى أفران ومجففات وميزان إلكتروني حساس جدا.

(2-3) طرق العمــل:

حضرت جميع المحاليل في هذه الدراسة بــــإذابة (1gm) من المركب في لتر واحد من المــاء المقطر لتحضــير محلول بتركيز (1000 ppm) ومن هذه المحاليل تم تحضير المحاليل المخففة لكل مركب و بتراكيز تتراوح بين (6-200ppm). لغرض تعيين الطول الموجي الذي يحدث عنده أعلى امتصاص (λ_{max}) تم تسجيل طيف الامتصاص لكل مركب باستخدام جهاز مطياف الأشعة المرئية / فوق البنفسجية ضمن المدى (200-800nm) باستخدام خلية من الكوارتز سمكها (1cm) و لتعيين منحنيات المعايرة حضرت ثمانية تراكيز متتالية تراوحت بين (6-200ppm) وحسب نوع المركب وتم تثبيت قيمة (λmax) لكل مركب ثم سجلت قيم الامتصاص مقابل قيم التركيز لغرض تطبيق قانون بير-لامبرت (Beer-Lambert's law) ورسم المنحني القياسي. بعد الحصول على منحنيات المعايرة أجــــريت عملية التصحيح في رسم المنحنيات باستخدام طريقة المربعات الصغــــرى (Least squares method) وتم حساب الامتصاصــية المولارية (ξ) (Molar Absorptivity) لكل مركــب ولتحديد الزمن اللازم لحدوث الاتزان بين السطح الماز والمادة الممتزة تم اختيار بعض التراكيز المناسبة من كل مركب في تماس مع (gm0.05) من مسحوق أطيان البنتونايت عند درجة حرارة (298 مطلقة) ثم أخذت عينات من كل مركب في فترات زمنية متتالية وتم تحليلها لمعرفة التغير في التركيز مع مرور الزمن فكان الزمن اللازم لحدوث الاتزان هو (7) ساعات.

(3) النـــتائج والمنـــاقشة

(3-1) الامتـــزاز على البنتـــونايت مـــن الـــمحلول

أجريت دراسة أمتزاز الفينولات المبينة في الجدول (1) على سطح البنتونايت بدرجة 298 مطلقة وتم حساب كمية المادة الممتزة (Qe) المقابلة لكل قيمة من قيم تراكيز الاتزان (Ce) بواسطة العلاقة [29]:

$$Q_e = \frac{V_{sol}\,(C_o - C_e)}{m} \qquad (3)$$

حيث أن (V_{sol}) هو الحجم الكلي لمحلول المادة الممتزة (باللتر) ذات التركيز الابتدائي (C^o) و(m) هو وزن المادة المازة (بالغرام). وقد رسمت كمية المادة الممتزة مقابل تركيز الاتزان لإعطـــاء الشكل العـــام لأسلوب الامتزاز كما مبين في الأشكـــال (1) و(3) و(5), وقد أمكن التوصل من النتائج المبينة في الجدول (1) الى أن الامتزاز يتبع معـــادلة فريندلش كما تثبته الأشكال (2) و(4) و(6) التي تؤكد انطباق الصـــورة الخطية لهذه المعادلة. ويتراوح معـــامل الارتباط (r) لهذه العلاقات الخـــطية بين (0.9950-0.9304). وقد تم حســـاب الثابتيـــن (n, K_F) في معادلة فريندلش بعد معالجتها بطريقة المربعات الصغرى.

أن الشكل العام لأسلوب أمتزاز المركبات الفينولية على سطح البنتونايت يشير الى أنها من نوع (S_3) أو (S_4) على وفق تصنيف (Giles), أما الكيفية التي يتم بها امتزاز المركبات الفينولية على سطح البنتونايت فهي غير مدروسة وتفتقر الأدبيات الى مثل هذه النوع من الدراسات الخاصة بالأطيان العراقية وقد تكون مماثلة الى الآلية الامتزاز على سطح الكاؤولين [30], ولكن هناك بعض العوامل والإشارات التي تعطي صورة عن هذه الكيفية, أن الامتزاز من نوع (S) المستند على أساسيات فريندلش للامتزاز يتحقق في حالة السطوح غير المتجانسة, إذ يتم الامتزاز بقوى مختلفة على المواقع المختلفة من السطح وتقل طاقة الامتزاز بزيادة الجزء المغطى من السطح [31]. كما ان شكل منحني الامتزاز يعطي معلومات نوعية عن طبيعة تداخلات المذاب والسطح, وهذا ما أكده (Giles) بالنسبة للصنـــف (S) حيث بين أن هذا النوع هو امتزاز غير كيميائي [32]؛ أي يعطي دلالة الى وجود قوى التشتت أو التآصر الهيدروجيني. وان الامتزاز الذي يحدث طبقا للصنف (S) أو طبقا لمعادلة فريندلش يؤدي الى تراص جزيئات المادة الممتزة في صفوف أو عناقيد على السطح, وهذا ما يؤكده شكل منحني الامتزاز حيث يزداد الامتزاز كلما يزداد تركيز الاتزان [32]. هنا تظهر الحاجة الى إعطاء فكرة عن طبيعة وسلوك الطين داخل المحلول حيث تبرز وفرة من المراكز الفعالة للامتزاز نظرا لامتلاك مسحوق الطين شحنة سطحية سالبة, أخرى موجبة أي أن دقائق الطـــين الرطبـــة تمتلك طبقة كهـــربائية مزدوجـــة (electrical double layer) [33] بذلك ينتج نوعين مختلفين من المحاولات, تؤدي الأولى الى تجاذب كهربائي بين السطح المشحون والجزيئات ذات الشحنة المعاكسة والذي يعمل على سحب الجزيئات الى الداخل لاجل الحصول على أدنى مستوى من الطاقة. أما الثانية فتؤدي الى الحركة البراونية لجزيئات السائل والتي تفضي الى انتشار الجزيئات الممتزة الى الخارج في محاولة لمساواة التركيز, الامر الذي يؤدي الى تعاظم العشوائية (entropy) على سطح الطين [33]. أن الامتزاز قد يتميز على سطوح الأطيان بميكانيكيات معقدة تشتمل التجاذب الكهربائي للجزيئات القطبية, فوجود الشحنة على سطح المادة المازة يعتمد على الجهد الكهربائي الذي يجذب الشحنة المعاكسة ويبعد الشحنة المشابهة وعند ازدياد المسافة بين الشحنة والسطح المشحون يقل جهد السطح. ان قوة الامتزاز للطين بالنسبة الى جزيئات المحلول تكون اكبر وبشكل أوضح للطبقة الجزيئية الأولى وقد ترتبط الطبقة الثانية الى الأولى بالتآصر الهيدروجيني, والثالثة الى الثانية وهكذا [33].

(2-3) تأثـــير المجـــاميع المعـــوضة في الامتزاز على البنتـــونايت

تمت دراسة المتشابهات (Isomers) التي تحتوي على مجاميع معوضة مختلفة كما هو الحال مع متشابهات الكريسول والامينوفينول والنيتروفينول والكلوروفينول واظهرت النتائج الموضحة في الجدول (1) أن الامتزاز يزداد على وفق الترتيب آلاتي:

(p-isomers>o-isomers>m-isomers)

ويمكن تفسير ذلك اعتمادا على الذوبانية اذ تقل على وفق الترتيب الآتي:

(p-cresol<o-cresol<m-cresol<phenol)

كما أن ذوبانية متشابهات الامينوفينول تتبع الترتيب ألآتي:

(p-aminophenol<o-aminophenol<m-aminophenol<phenol)

توضح الأشكال من (1) الى (6) أن ترتيب زيادة أمتزاز مشتقات الفينول ومتشابهاتها على سطح البنتونايت يكون كما ياتي:

(2,4-dinitrophenol>p-nitrophenol>o-nitrophenol)

(2,3-dichlorophenol>p-chlorophenol>o-chlorophenol)

(2,5-dimethylphenol>2,6-dimethylphenol>3,4-dimethylphenol>3,5-dimethylphenol)

يمكن تفسير هذا السلوك استنادا الى مواقع المجاميع المعـــوضة على الحـــلقة الارومـــاتية والشكـــل الهندسي لكل متشـــابه والمساحة السطحية له.

(3-3) تـــأثير درجـــة الحرارة في الامتزاز على البنتونايت

أجريت دراسة تأثير درجة الحرارة في امتزاز بارا – نيتروفينول و اورثو – نيتروفينول و 2 ,4 – ثنائي نيتروفينول على سطح البنتونايت. تمـــت الدراسة في درجات الحـــرارة (323, 298, 278مطلقة) ودونت البيانات التجريبية في الجدول (2) ويوضحها الشكل (7) حيث يظهر ان كميـــة الامتـــزاز تزداد بـــزيادة درجة الحـــرارة, أي أن العمليـــة من النوع الـــماص (endothermic)، وقد يعزى ذلك الى الخصوصية التي تتميز بها متشابهات الكريسول من خلال تاثير درجة الحرارة عليها وعلاقتها بنقطة الانصهار في المحلول. فنقطة الانصهار، هي درجة الحرارة التي تصبح عندها المادة الصلبة في توازن مع سائلها وهذا يتطلب طاقة كافية لتحطيم القوى البلورية، أي ان الشكل البلوري للجزيئات الممتزة يتخذ مساحة سطحية أصغر وتجانس أكثر ضمن المحلول عند حدود نقطة الانصهار. تأتى هذه النتيجة متوافقة مع نتيجة الدراسة التي قام بها (Ravi) ومجموعته [35] على ايزومرات الكريسول في درجات حرارة مماثلة لظروف هذه الدراسة.

تم تعيين قيمة كمية الحرارة المصاحبة للامتزاز (ΔH) برسم قيم لوغاريتم اعظم كمية ممتزة ($\log X_m$) مقابل مقلوب درجة الحرارة ($1/T$) استنادا إلى معادلة (Vant Hoff-Arrhenius equation) [36]

$$\log X_m = \frac{-\Delta H}{2.303RT} + constant \qquad (4)$$

اما تغير في قيمة طاقة كبس الحرة (ΔG) فتم حسابها من المعادلة:

$$\Delta G = -RT \ln\left(\frac{Q_e}{C_e}\right) \qquad (5)$$

وبذلك أمكن الحصول على قيم التغير في الانتروبي (ΔS) المبينة في الجدول(5) من خلال تطبيق المعادلة :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \qquad (6)$$

ويبين الجدول (3) قيم (ΔH) الموجبة المحسوبة لمتشابهات الكريسول وقيم (ΔG) و (ΔS)الموجبة أيضاً بدرجة حرارة 298 مطلقة والتي تلاحظ من خلالها أن العملية قد تعطى مؤشراً إلى أن الجزيئات الممتزة والممتصة على البنتونايت تكون بهيئة مختلفة عن هيئتها في المحلول أي تكون مصحوبة بزيادة في العشوائية وعدم التلقائية للنظام.

(3-4) تـــأثير حجم جسيمات البنتونايت في عملية ألامتزاز

أجريت دراسة تأثير حجم الجسيمات لأطيان البنتونايت في امتزاز (5,2- ثنائي مثيل فينول) و(3,2-ثنائي كلوروفينول) بدرجة 298 مطلقة وذلك باستخدام ثلاث عينات من مسحوق البنتونايت ذوات أوزان متساوية و حجوم مختلفة ويتضح من الشكل (8) النتائج التي تم الحصول عليها إذ أن الامتزاز يزداد بنقصان حجم الجسيمات, وهذا أمر متوقع لان تكسير الجسيمات الكبيرة الى جسيمات صغيرة الحجم يؤدي إلى زيادة المساحة السطحية لوزن معين من أطيان البنتونايت وبالتالي يزداد الامتزاز كلما زادت المساحة السطحية للمادة المازة وهذه النتائج تتوافق مع ما توصلت إليه دراسات أخرى [36].

(3-5) تأثير الملوحة في الامتـــزاز على البنتونايت:

أجريت دراسة تأثير الملوحة (Salinity) في الامتزاز, إذ تم الحصول على قيم مختلفة لملوحة المحلول تراوحت بين (0.5 جزء بالآلف و 17 جزء بالألف) بإضافة قطرات من محلول (1مولاري) كلورد الصوديوم وباستخدام العلاقة [37]:

$$S = Conductivity - 14.78/1589.08 \qquad (7)$$

حيث أن S= الملوحة (جزء بالألف)

درس الامتزاز لمركب (3,2 2- ثنائي كلورو فينول و المركب 5,2- ثنائي مثيل فينول) على سطح البنتونايت وتمت المقارنة مع نتائج الامتزاز للمحلول الخالي من الملوحة ودونت النتائج التجريبية في الجدول (4) ويوضحه الشكل (9), ولوحظ زيادة الامتزاز كلما زادت نسبة الملوحة في المحلول الفينولي ويمكن النظر إلى الأملاح الذائبة بقدرتها على زيادة توصيلية المحلول, وتكون هذه الزيادة كبيرة عادة. أن أول ظاهرة تؤخذ بنظر الاعتبار بعد تغيير نسبة الملوحة هي تميؤ دقائق الطين, والظاهرة الأخرى الهامة هي انتفاخ دقائقه, قد تعود زيادة الامتزاز, بزيادة نسبة الملوحة, إلى كون دقائق الطين مشحونة كهربائياً تجذب الجزيئات الممتزة عن طريق التداخلات الكولومبية, وان وجود الشحنة على سطح المادة المازة يعتمد على الجهد الكهربائي للسطح الذي يجذب أليه الشحنة المعاكسة ويبعد الشحنة المشابهة [38].

(3-6) تأثير الحامضية في الامتزاز على البنتونايت

أن تأثير الحامضية في عملية الامتزاز ينبغي النظر إلية بتأثيرها على كل من السطح الماز والمادة الممتزة والتداخلات التي تحدث بينهما. ولمعرفة هذا التأثير جرى دراسة أمتزاز مركب (أورثو- نيتروفينول) على سطح البنتونايت عند قيم مختلفة للحامضية تراوحت (pH = 4, 6.5, 9) وتتضح النتائج من خلال الشكل (10) أذ أظهرت النتائج أن الامتزاز لمركب أورثو-نيتروفينول يزداد مع زيادة قاعدية المحلول (تزداد قيمة pH) وعلى وفق الترتيب:

(الامتزاز عند pH=6.5 ≥الامتزاز عند pH=4 > الامتزاز عند pH=9)

يختلف تأثير حامضية المحلول على سلوك الامتزاز لسطح معين من مركب إلى أخر, إذ أن قيمة (pH) تؤثر في المواقع الفعالة للامتزاز على السطح الماز, وسطح البنتونايت يحتوي مواقع مشحونة جزئياً بالشحنة الموجبة وأخرى مشحونة جزئياً بالشحنة السالبة غير أن أغلب المواقع على السطح قد تكون مشحونة بشحنة موجبة. يزداد الامتزاز في الوسط القاعدي على السطح البنتونايت حيث تقل مساحة التنافر بين الأيونات السالبة والمواقع السالبة القليلة على السطح الماز وهذا ما يساعد في انجذاب جزيئات أورثو – نيتروفينول إلى المواقع الفعالة على السطح الماز بينما يكون الامتزاز في الوسط الحامضي أعلى نسبياً من الامتزاز في الوسط المتعادل لان الجزيئات الممتزة في الوسط الحامضي تمتلك فعالية أعلى من الجزيئات في الوسط المتعادل بسبب تكون التركيب المشابه إلى ثنائي القطب (dipole pair) في الوسط الحامضي [38].

الجدول (1): قيم امتزاز الفينول وبعض مشتقاته على سطح أطيان البنتونايت بدرجة حرارة 298 مطلقة

Phenol			p-cresol			o-cresol			m-cresol			p-nitrophenol		
$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e
20	19	1	25	18	7	25	20	5	25	20	5	6	4	2
40	39	1	50	40	10	50	41	9	50	44	6	11	8	3
60	58	2	75	61	14	75	63	12	75	67	8	16	9	7
80	77	3	100	86	14	100	87	13	100	40	10	20	12	8
100	95	5	125	106	19	125	110	15	125	114	11	25	12	13
120	114	6	150	122	28	150	131	19	150	137	13	30	13	17
140	133	7	175	143	32	175	152	23	175	156	19	35	14	21
175	159	19	200	163	37	200	171	29	200	173	27	40	16	24

o-nitrophenol			p-chlorophenol			o-chlorophenol			p-aminophenol		
$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e
18	9	9	18	13	5	18	11	7	10	7	3
25	12	13	25	18	7	25	17	8	20	15	5
38	17	21	50	35	15	50	36	14	40	31	9
50	21	29	75	47	28	75	54	21	60	41	19
62	26	36	100	65	35	100	70	30	80	60	20
75	33	42	125	83	42	125	88	37	100	72	28
88	37	51	150	97	53	150	106	44	120	87	33
100	43	57	190	129	61	190	135	55	140	99	41

o-aminophenol			m-aminophenol			2,3-dichlorophenol			2,4-dinitrophenol		
$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e
10	7	3	10	7	3	18	10	8	18	8	10
20	15	5	20	12	8	25	15	10	25	11	14
40	32	8	40	27	13	50	31	19	38	15	23
60	45	15	60	47	13	75	41	34	50	20	30
80	63	17	80	67	13	100	62	38	62	24	38
100	81	19	100	86	14	125	78	47	75	32	43
120	100	20	120	106	14	150	94	56	88	36	52
140	115	25	140	125	15	190	120	70	100	41	59

2,5-dimethylphenol			2,6-dimethylpheol			3,5-dimethylphenol			3,4-dimethylphenol		
$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e	$C_\circ$	C_e	Q_e
25	20	5	25	21	4	25	21	4	25	21	4
50	41	9	50	42	8	50	43	7	50	43	7
75	63	12	75	64	11	75	67	8	75	68	7
100	80	20	100	86	14	100	89	11	100	87	13
125	100	25	125	104	21	125	112	13	125	107	18
150	119	31	150	121	29	150	134	16	150	128	22
175	143	32	175	145	30	175	155	20	175	147	28
200	158	42	200	162	38	200	177	32	200	163	37

الجدول (2): تـــــأثير درجة الحرارة المطلقة في الامتزاز عل البنتونايت .

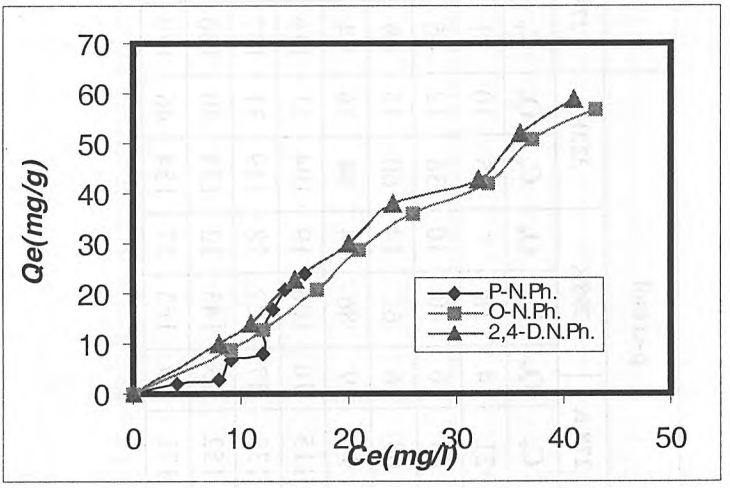
p-cresol							o-cresol						m-cresol					
	278 K		298K		323K		278K		298K		323K		278K		298K		323K	
C_o	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e
25	21	4	18	7	15	10	21	4	20	5	17	8	21	4	20	5	20	5
50	44	6	40	10	38	12	45	5	41	9	40	10	45	5	44	6	44	6
75	68	6	61	14	60	15	69	6	63	12	62	13	69	6	67	88	68	7
100	91	9	86	14	84	16	94	6	87	13	86	14	93	7	40	10	92	8
125	115	10	106	19	104	21	116	9	110	15	106	19	114	9	114	11	115	10
150	133	17	122	28	119	31	137	13	131	19	127	23	136	12	137	13	138	12
175	152	23	143	32	135	40	156	19	152	23	147	29	157	15	156	19	155	20
200	171	29	163	37	154	46	179	21	171	29	165	35	179	21	173	27	170	30

الجدول (3): قيم ΔH و GΔ و SΔ لعملية امتزاز بعض المركبات الفينولية على البنتونايت

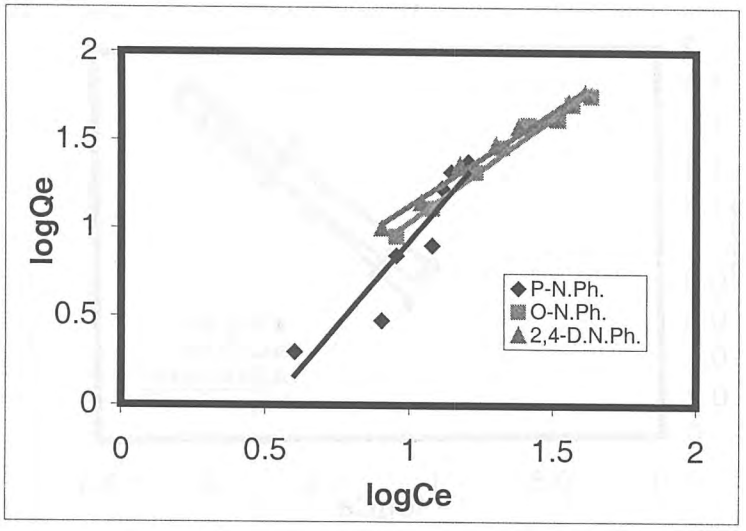
Compound	ΔH kJ/mol	ΔG (kJ/mol) at 298 K	ΔS J/mol at 298 k
p-cresol	11.83	3.78	27.1
o-cresol	9.25	4.57	15.70
m-cresol	8.43	7.74	12.38

الجدول (4): تأثير الملوحة في امتزاز بعض المركبات الفينولية على سطح البنتونايت بدرجة 298 مطلقة.

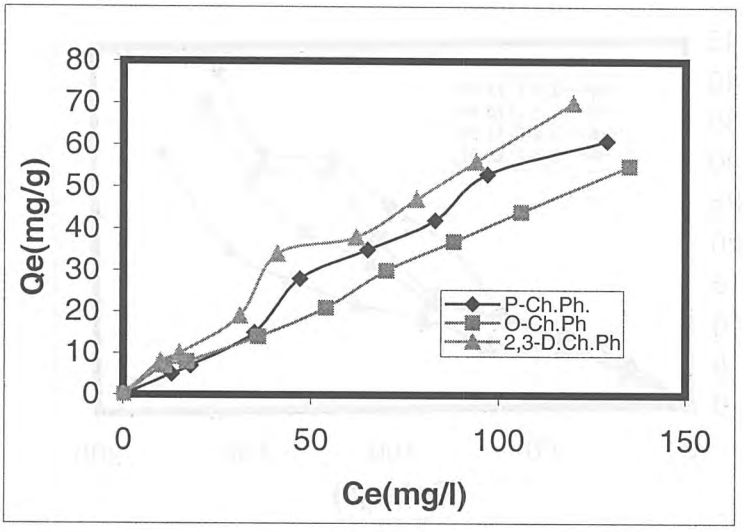
2,3-dichlorophenol							2,5-dimethylphenol						
	S=0.005%°		S=0.5%°		S=17%°			S=0.0001%°		S=0.5%°		S=17%°	
C_o	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_o	C_e	Q_e	C_e	Q_e	C_e	Q_e
18	10	8	9	9	8	10.5	2.5	20	5	19	6	18	7.3
25	15	10	14	11.1	12	13.6	50	41	9	39	11	36	14.7
50	28	22	25	25.3	20	31.5	75	63	12	60	15.2	55	21
75	41	34	38	37.5	35	42	100	80	20	76	24.3	73	28.5
100	62	38	60	40.5	58	44	125	100	25	95	30.4	91	35.7
125	125	78	47	72	69	58.7	150	119	31	114	36.4	110	42
150	94	56	89	61.7	85	68.2	175	143	32	134	41.5	128	49.3
190	120	70	108	83	100	94.4	200	158	42	145	55.7	142	61



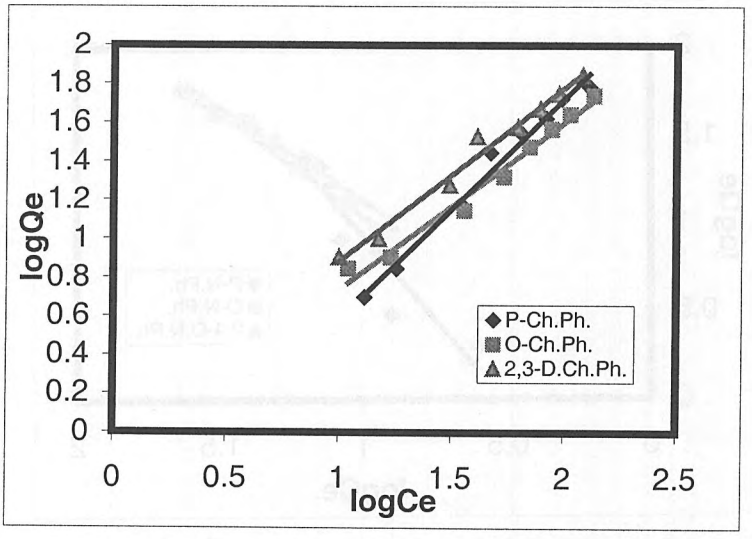
الشكل (1): أمتزاز مركبات النيتروفينول على البنتونايت عند 298 مطلقة



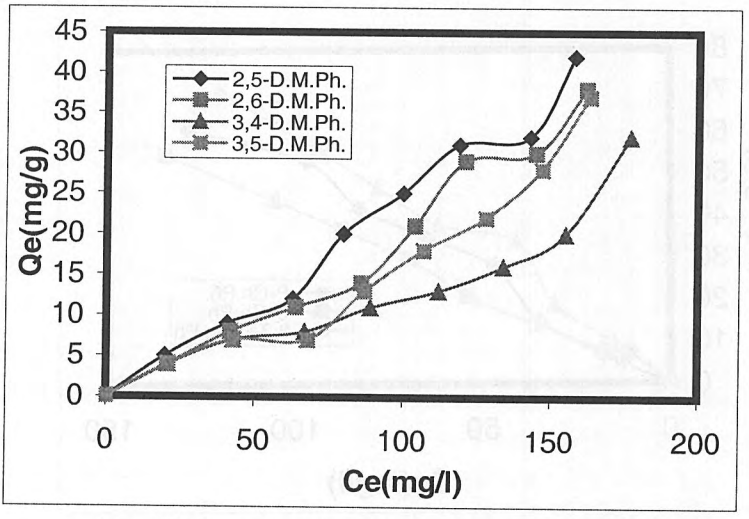
الشكل (2): مستقيمات فريندلش لامتزاز مركبات النيتروفينول على البنتونايت



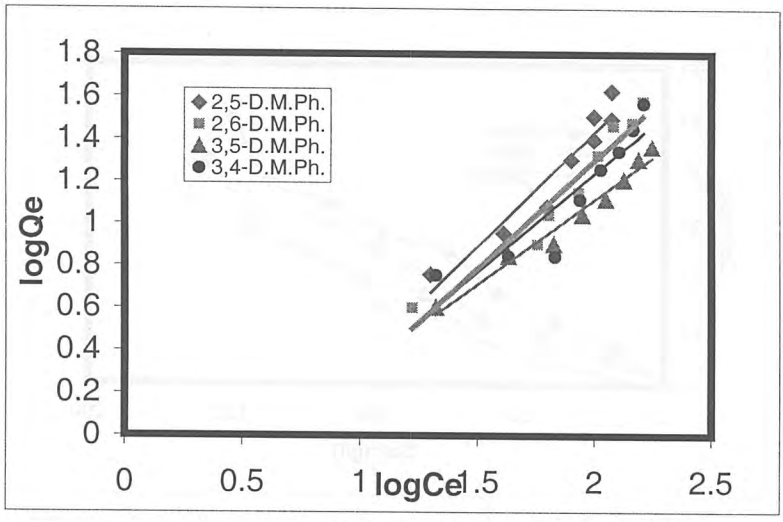
الشكل(3): أمتزاز مركبات الكلوروفينول على البنتونايت بدرجة 298 مطلقة الشكل



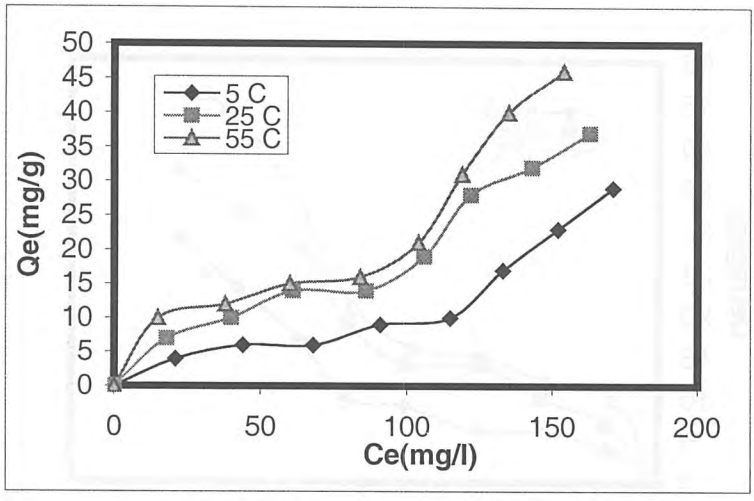
(4): مستقيمات فريندلش لآمتزاز مركبات الكلوروفينول على البنتونايت



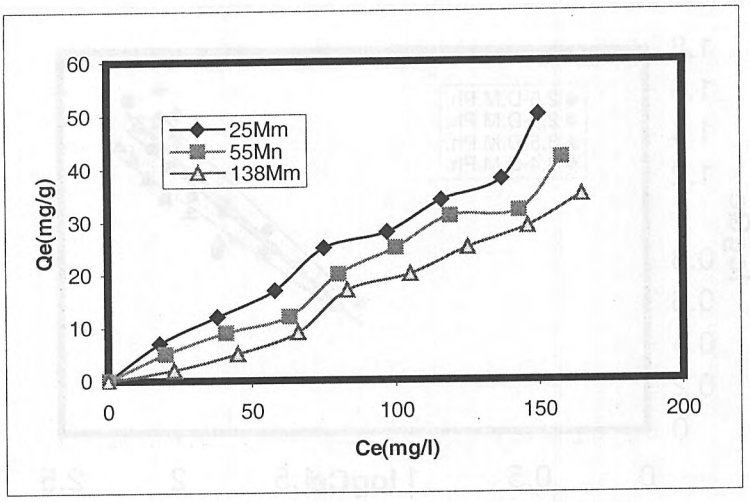
الشكل(5): أمتزاز ثنائي مثيل فينول على البنتونايت بدرجة 298 مطلقة



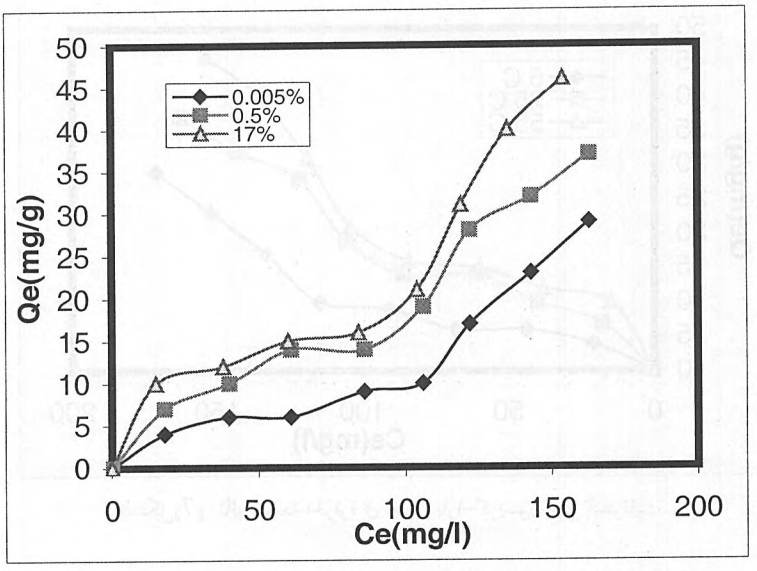
الشكل(6): مستقيمات فريندلش لامتزاز مركبات ثنائي مثيل فينول على البنتونايت



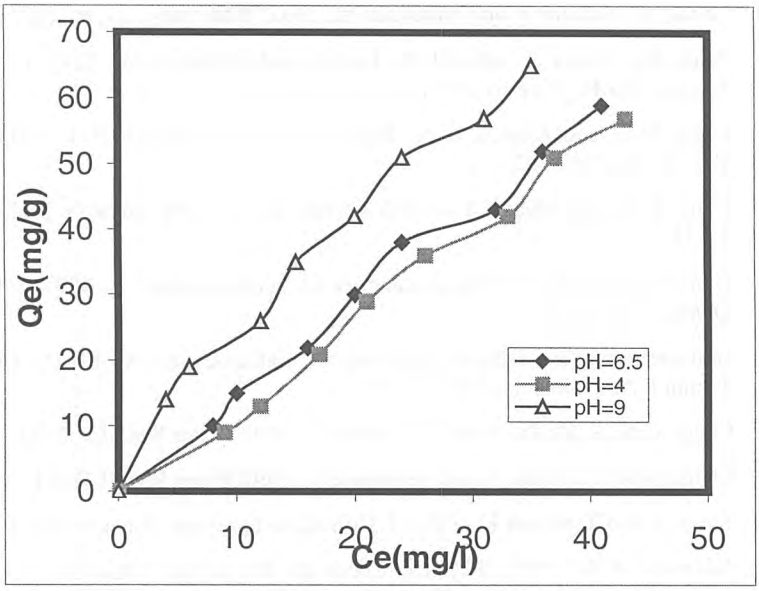
الشكل(7): تأثير درجة الحرارة في امتزاز بارا-كريسول على البنتونايت



الشكل (8): تأثير حجم جسيمات البنتونايت في امتزاز 2،5 - ثنائي مثيل فينول



الشكل(9): تأثير ملوحة المحلول في امتزاز 2،3- ثنائي كلوروفينول على البنتونايت



الشكل (10): تأثير حامضية المحلول في امتزاز أورثو-نيتروفينول على البنتونايت

المصادر

1. Aly O.M. and El-Dib M.A., 1972, "Fate of organic in the aquatic Environment "Ed F.F. Gould, Series III, ACS Washington DC, P.210.

2. Crosby G.D., 1972, "Fate of organic pesticide in the aquatic Environment ". Series III, ACS, Washington DC, P.173.

3. Foster D.S. and Leslie S.E., Ed., 1971," Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis". Vol.11, PP. 539-542.

4. Mancy K.H. and Weber W.J., 1972, "Analysis of Industrial Waste Water". Wiley Inter Science, New York, P. 490.

5. السعدي , ح. ، ع. ، و نجم ، ق. د. ،1986، " علم البيئة المائية ". وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة البصرة ، ص. 425-430 .

6. Bemelmans J. W.H. and Ten Nover de Barauw M., 1974, J. Agric Food Chem. 22, 1137.

7. Chep Y.H., 1984, J. Environ. Eng. 110, 21

8. Alan G.H., 1987, "Water Pollution and Fish Physiology". CRC Press, Florida P.118.

9. Mattson J.S. Mark H.B., Malbin M.D.,Webber W.J. and Crittenden J.C., 1969, J. Colloid and Interface Sci.,31(1)p.116.

10. Goto S., Hayashi N. and Goto M., 1986, Environ Sci. Techonl, 20(3), P.463.

11. Khan A., Albahri T. and Alhaddad A., 1997, Water Res., 31, P.2102.

12. Abdo M., Nosier S., Eltawil Y., Fadt S. and Elkhaiary M., 1997, J. Environ. Science and Health part an Environ, 32,P.1159.

13. Danis T. G. and Albanis T. A., Petrakis D.E. and Pomonis P. J., 1998, Water Res., 32 (2), 295-302.

14. Danis T. G. and Albanis T. A. and Kourgia M. G., 1998, Environ. Technol., 19, 25-34.

15. Gonzalezpradas E., Villafrancasanchez M. Gallegocampo A., 1997, J. Environ Quality, 26, P.1288.

16. Gonzalezpradas E., Villafrancasanchez M. Gallegocampo A., 1997, J. Chemical Technol. And Biotechnol.69, P.173.

17. Chegrouche S.,Mellah A.and Telmoune S. ,1997,Water Res.31,P.1733.

18. Chegrouche S.,Mellah A.and Telmoune S. ,1997,Water Res.31,P.621.

19. Kawai T.and Tsutsumi K., 1995, J. Colloid and polymer Science. 273, P.787.

20. Adamson A.W., 1982,"Physical Chemistry Of surface Chemistry ". 4th Ed. ,John Wiley and sons ,New York ,PP. 369-374.

21. Frankenburg W.G., Raldeal Elkl and Komarewsky V.I.,Ed , 1953, "Advances in Catalysis and Related Subjects". Vol.V, New York, P.238.

22. Laidler K.L. and Mesier J.H., 1982, "physical Chemistry". Benjamin Cummings Publishing Company, California, P.775.

23. Osick J. and Cooper I.L., 1982, "Adsorption". John Wiley and Sons, New York, P.126.

24. Sircar S., 1984, J. Chem. Soc. Farady Trrans, 80, P.1101.

25. Grim R.E., "Clay Mineralogy", 1st Ed., McGraw Hill, New York, 1953, P.22.

26. Zainal Y. and Jargees S. 1973."Geol.Surv.Report". 578.

27. Grim R.E., 1968, "Clay Mineralogy". 1th Ed., McGraw Hill, New York, P.31-310.

28. Ross.C.S.and Hendricks S.B., 1945,"Clay and Clay Miner". 7,P.225-229.

29. Murrel J.N. and Boucher E.A., 1982, "perties Of Liquids and Solution". John Wiley and Sons, New York, P.255.

30. Isa S.A., Al-amiri M.S., 1999, Iraqi J.Sc.P.200.

31. Kipling J.J., 1965, "Adsorption From Solution Of Non-Electrolytes". Aczdemic Press, London, PP. 129-131.

32. Hillel D., 1980," Fundamentals of Soil Physics". Academic Press, New York, PP. 45-400.

33. Chiou C.C.T. and Manes M., 1974, J. Phys.Chem, 78, P.6-21.

34. Ravi V.P., Jasra R.V. and Bhat T.S.G., 1998, J.Chem. Technol.Biothechnol, 71, PP. 173-179.

35. Weber W.J.,Asce A.M.and Morris ,1993, J.C.,J.Sanit Eng.Div.Am.Soc. Civ. Eng., 89.P.31.

36. Golterman H.L., Clymo R.S. and Ohnstand M.A.M., 1987, "Methods For Physical and Chemical Analysis of Fresh Water". 2nd Ed. Publication Osney Nead, Oxford, P.231.

37. Timmons C.D.,.1973, J. Colloid Interface Sci. 43, P.7.

38. Morrison R.T. and Boyed R.N., 1987, "Organic chemistry". 5th Ed. Allyn and Bacon, New York, PP.32, 929.

استخدام بذر الزيتون في معالجة المياه الصناعية والمياه الملوثة

زبيدة القليح

استخدام بذر الزيتون في معالجة المياه الصناعية و المياه الملوثة

زبيدة القليح

قسم الهندسة البيئية

(ألمانيا)

محمد سجاد مهدي رشيد

قسم الكيمياء

كلية الآداب والعلوم/ترهونة- الجماهرية العظمى

خلاصة

في هذا البحث تمت الاستفادة من بعض النفايات التي تتوفر في سوريا بشكل كبير وقد عوملت هذه النفايات لكي تكون البديل المناسب بجدوى اقتصادية عالية لكي يستخدم في معالجة المياه الصناعية ومختلف أنواع المياه الملوثة فقد تم معالجة بذر الزيتون المحروق والناتج من معامل التمز (البيرين) كنفاية متوفرة بكميات كبيرة. حيث تم تحويلها إلى مادة مازة وبشكل فعال جدا على هيئة كربون منشط يمتلك مساحة سطحية نوعية عالية مقارنه ببقية أنواع الكربون المنشط المصنوع من مصادر خشبية مختلفة إذ يستورد الخشب بأثمان مرتفعة وقد وجد أن قيمة السطح النوعي للمادة المازة قيد البحث تصل إلى 553.8 m^2/g (حسب BET من امتزاز N_2) وذا قدرة امتزازية جيدة للفينول. حيث انه في البداية تم أجراء عملية التفحيم بدرجة $600C^{\circ}$ لمده ساعتين على المادة الخام التي تمتلك سطح نوعي مقدارة 126 m^2/g فكانت النتيجة الحصول على مادة ذات سطح نوعي مقداره 365.2 m^2/g أي بزيادة تعادل تقريباً ثلاث أضعاف. بعد التفحيم تم القيام بعملية التنشيط الكيميائي، وكانت النتيجة أن العينة المنشطة بحامض الهيدروكلوريك وبتركيز مقداره (0.3 N) بلغت قيمة السطح النوعي لها 553.8 m^2/g إي بزيادة مقدارها تقريباً 1.7 ضعف من رقم السطح النوعي للعينة المعتمدة بعد التفحيم . ثم تمت دراسة القدرة الامتزازية للكربون المنشط الناتج عن المعالجة وذلك بأجراء التجارب الراكدة والديناميكية (باستخدام عمود الكربون) لأمتزاز مادة الفينول المذاب في الماء المقطر فكانت النتيجة أن العلاقة الأفضل التي يمكن أن تمثل الامتزاز حسب المواصفات السابقة هي علاقة فريندلش وتم رسم منحنيات الاختراق وايزوثيرمات الامتزاز للتجارب الديناميكية التي تمت باعتماد طريقة الوسط الثابت في عمود الكربون والجريان السفلي للسائل بتراكيز مختلفة من الفينول حيث تم التحكم بتغيير ارتفاع عمود الكربون، وغزارة السائل، وتركيز الفينول ودراسة تأثير ذلك على شكل منحني الاختراق وايزوثيرم ألامتزاز والزمن اللازم للوصول إلى نقطة الانكسار. بالإضافة إلى انه عند مقارنه القدرة الامتزازية بين الكربون المعالج الناتج واحد أنواع الكربون التجاري تبين أن هناك تقارب كبير جداً في سلوك النوعين من الكربون، وبذلك يكون قد تم الحصول على كربون منشط حبيبي معالج له قدرة امتزازية عالية ومناسب للاستخدام في تقنية معالجة المياه من الملوثات و تقترب من القدرة الامتزازية للكربون المنشط التجاري، علماً بأنه قد تم تصنيع الكربون المعالج من نفاية ناتجة عن معاصر الزيتون ومتوفر بشكل كبير في اغلب أقطار الوطن العربي ومنها سوريا.

مفاتيح الكلمات للبحث: (بذر الزيتون، المياه، الملوثة)

(1) المقدمة

(1-1)الغاية من البحث

أن الغاية من هذا البحث هو استخدام بعض المواد الخام التي يمكن اعتبارها نفايات وبجدوى اقتصادية بسيطة يمكن معالجتها مثل معالجة مادة بذر الزيتون (التمز أو البيرين) المتوفرة بشكل كبير في سوريا من خلال عمليتي التفحيم والتنشيط الكيميائي، ودراسة إمكانية استخدامها بعد المعالجة كمادة ملء في مرشح كربون منشط لامتزاز الملوثات العضوية الذائبة في المحاليل، وبشكل خاص في مجال معالجة المياه. ولتحقيق ذلك الهدف تم القيام بدراسة السطح النوعي للمادة خلال وبعد عملية المعالجة، بالإضافة إلى دراسة القدرة الامتزازية للمادة عند استخدام الطريقة الراكدة، وطريقة الجريان المستمر في عمود الكربون، مع الأخذ بعين الاعتبار المتغيرات المتعلقة بطبيعة المادة المازة (أقطار الحبيبات، طريقة إجراء عملية التنشيط الحراري والكيميائي)، والمادة الممتزة (من ناحية تغير التركيز، زمن التماس)، والعوامل الهيدروليكية المتعلقة بغزارة الجريان ونوعية المحلول.

(1-2) ظاهرة الامتزاز و الابتزاز

حظيت مشكلة تلوث المياه باهتمام كبير من قبل الباحثين في العصر الحديث ومن بين الملوثات المختلفة في البيئة المائية المركبات العضوية وخاصة الحاوية على الكلور الجزيئي فقد اعتبرت من المشاكل الملحة لتلوث المياه لأن هذه المركبات مضرة بالكائنات الحية حتى بتراكيز منخفضة لا تتجاوز عدة أجزاء بالمليون (ppm)، يحدث التلوث البيئي بمثل هذه المواد الكيميائية من التدفقات الصناعية وإن إزالة مثل هذه المركبات بمثل هذا المستوى المنخفض من التركيز يسبب بعض المشاكل ومن بين الطرق المستعملة لحل هذه المشاكل الامتزاز (Adsorption) على المواد الصلبة النفاذة مثل الكربون المنشط وبالرغم من أن الكربون المنشط هو من بين المواد المازة الأكثر فعالية بمساحة سطحية عالية إلا أنه في السنوات الخمس الأخيرة كانت هناك زيادة في تطور المادة ودور المواد المازة غير العضوية لإزالة الملوثات العضوية من المحاليل المائية.

الامتزاز هو ظاهرة تجمع مادة بشكل جزيئات أو ذرات أو أيونات على سطح مادة أخرى مثل امتزاز الهيدروجين على بعض الفلزات كالنيكل والحديد حيث يتجمع غاز الهيدروجين على هيئة جزيئات أو ذرات على سطحي هذين الفلزين وكذلك امتزاز حامض الخليك على سطوح دقائق الفحم الحيواني وتسمى المادة التي يحدث لها الامتزاز بالمادة الممتزة (Adsorbate) كما ويدعى السطح الذي يتم علية الامتزاز بالسطح الماز (Adsorbent) و يصاحب الامتزاز عادة نقصان في الطاقة الحرة (ΔG) للسطح الذي يحدث علية الامتزاز كما يرافقه نقصان في الانتروبي (ΔS)وعملية الابتزاز هي العملية المعاكسة للامتزاز وهي عبارة عن انفصال مادة بشكل جزيئات أو أيونات من سطح مادة أخرى [1].

(1-3) الامتزاز الموقعي و الامتزاز غير الموقعي (Localized and non Localized Adsorption)

تتأرجح الطاقة الكامنة على أي سطح بتغيير المواقع عليه و عندما تكون تغيرات الطاقة محسوسة فإن النقاط الصغرى للطاقة الكامنة تعبر عن مواقع الامتزاز ويعرف مثل هذا الامتزاز (بالامتزاز الموقعي) كما هو مبين في الشكل (1) .

وعندما تكون تغيرات الطاقة على السطح صغيرة و غير محسوسة فإن السطح عندئذ يكون خالياً من مواقع الامتزاز و يدعى هذا الامتزاز (بالامتزاز غير الموقعي) كما هو مبين في الشكل(2) [1].

(4-1) ايزوثيرمات الامتزاز (Adsorption isotherms)

الايزوثيرم علاقة تربط بين كمية المادة الممتزة من الغاز (Q) على السطح والضغط (p) عند التوازن مع ثبات درجة الحرارة بينما الايزوثيرم بالنسبة للمحلول يختلف عن ما هو في الغاز بدخول عامل مهم وهو عامل التركيز حيث العلاقة هنا تربط بين كمية المادة الممتزة من المحلول (Q_e) على السطح والتركيز عند الاتزان (C_e) عند ثبوت درجة الحرارة وتفيد اعتمادية الايزوثيرم على درجة الحرارة في استخلاص معلومات مفيدة عن طبيعة الامتزاز لما توفره من معلومات مهمة في وصف طبيعة عملية الامتزاز وظروفها. كما تفيد ايزوثيرمات الامتزاز في الحصول على الكميات الثرموديناميكية الخاصة بعملية الامتزاز.

(5-1) الامتزاز من المحاليل المخففة غير الالكتروليتية Adsorption of non-electrolytes from dilute solutions

تكون عملية الامتزاز من المحلول أكثر صعوبة في معالجتها النظرية مقارنة بامتزاز الغازات على المواد الصلبة ويمكن تصور امتزاز المحاليل غير الالكتروليتية عند السطح الفاصل بين المحلول والمادة الصلبة فيه من زاويتين.

الأولى: ينحصر الامتزاز على طبقة جزيئية واحدة تكون في تماس مع سطح المادة الصلبة أما الطبقات التي تكون داخل المحلول فهي ضعيفة الارتباط بالطبقة الجزيئية. والتصور هذا يشبه إلى حد كبير الامتزاز الكيميائي للغازات على المواد الصلبة وينطوي على تناقص الفعل المتبادل بين المذاب والمادة الصلبة مع تزايد بعد دقائق المذاب عن سطح المادة الصلبة. وعلى عكس الامتزاز الكيميائي، تكون حرارة الامتزاز في المحلول قليلة ومقاربة في قيمتها لحرارة المحلول .

الثانية: تنطوي على تكوين طبقة امتزاز بسمك جزيئات عدة بحدود (100أنكستروم) وأن الفعل المتبادل بين المذاب وسطح المادة المازة الصلبة يقل فقط عند تجاوز مثل هذا السمك وأن التناقص يكون تدريجياً. والصورة هذه شبيهة بالامتزاز الفيزيائي للأبخرة على سطوح المواد الصلبة، حيث يصبح الامتزاز متعدد الجزيئات عند بلوغ ضغط البخار المشبع. والامتزاز وفق هذا التصور هو عملية توزيع المذاب بين حجم المحلول وطور السطح البيني، إن هذا النوع من الامتزاز يتأثر بدرجة الحرارة والتركيز كما أن درجة الامتزاز تتضاءل مع ازدياد درجة الحرارة وتزداد مع ازدياد التركيز[1].

(6-1) الكربون المنشط

يمكن تحضيره غالباً من أي مادة كربونية مثل الخشب، الفحم، قشور جوز الهند.. الخ، وذلك بتعريضها للحرارة مع أو بدون إضافة مواد كيمائية قادرة على إزالة الماء بمعزل عن الهواء لتحرير الكربون من الذرات المرافقة، هذه العملية هي الكربنة أو التفحيم. تحدث عملية تنشيط الكربون بتمرير غازات حارة مؤكسدة معتدلة (مثل البخار أو ثاني أكسيد الكربون) خلال الكربون بدرجات حرارة بين ° C(925-315) هذا يسبب تشكل مسامات أو تشققات صغيرة جداً. في هذه العملية سيتم إزالة بعض المواد غير الكربونية والعضويات المتطايرة وتكون الكثافة الجافة الظاهرة للكربون المنشط الحبيبي (GAC) هي بين $(22-50)\,g/100\,ml$ والحجم المسامي حوالي $(0.85-0.95)\,ml/g$ الكثافة الجافة الظـــاهرة للكربون المنشط المسحوق (PAC) تتراوح بين $(34-74)\,g/100\,ml$ والحجم المسامي يتراوح بين $(2.2-2.5)\,ml/g$.

الامتـــزاز هـــو ظاهـــرة ســـطح نوعـــي، حـــيث أن الســـطح النوعـــي لـــ GAC الـــتجاري تتـــراوح بـــين $(600-1600)m^2/g$ الكـــــربون الحبـــيبي الـــتجاري المـــتواجد GAC فـــيه معظم حبيباته تتراوح بين $(0.42-2.36)\text{mm}$. في حـــين أن 80% مـــن حبيبات PAC أصغر من $0.025\,\text{mm}$. ولأن معظم الســـطح النوعي للكربون المنشط متواجد في المسامات الداخلية، لا يوجد اختلاف أســـاسي بالسطح النوعي لواحدة الكـــتلة. وهكذا بالنسبة لسعة الامتزاز بين GAC وPAC. حيث أن أقطار الحبيبات الأصغر لـــ PAC تسمح له بالوصول إلى التوازن بسرعة أكبر من GAC [2].

(1-6-1) خواص الكربون المنشط للخواص الامتزازية:

1- الســـطح النوعي ($BETN_2$) يقاس باستعمال الآزوت (N_2) الذي يعطي مساحة المسام داخل بنية الكربون المنشـــط، ويستعمل السطح النوعي كمؤشر بدائي لمستوى الفعالية بالاعتماد على مبدأ المساحة السطحية الأكبر والعدد الأعلى للمواقع المتاحة التي يمكن أن يحدث فيها امتزاز [3].

2- توزيـــع حجم المسام. تحديد توزيع حجم المسام للكربون المنشط طريقة مفيدة بشكل كبير لفهم سلوك المادة, وقد عـــرف الاتحـــاد العالمي للكيمياء النظرية والتطبيقية (IUPAC) توزيع حجم المسام كالتالي: $r<1\,\text{nm}$ مسامات ميكروية، $r=1-25\,\text{nm}$ مسامات ميزوية و $r>25\,\text{nm}$ مسامات ماكروية و تستعمل المسامات ألما كروية كمدخل للكربون المنشط، المسامات الميزوية للانتقال، والمسامات الميكروية للامتزاز.

3- رقم اليود. تقاس مسامية الكربون المنشط بامتزاز اليود من المحلول.

4- فعالية الكربون بالنسبة للكلور الرباعي. تقاس مسامية الكربون المنشط بامتزاز بخار كلور الكربون الرباعي المشبع [4].

(2) الجزء العملي وطرائق العمل

في البداية تم إحضار عينات مادة بذر الزيتون على دفعات وذلك خلال الأشهر (1-5)/ 2003 من معمل لصناعة الصابون بالقرب من منطقة الكسوة (في منطقة إلى الجنوب من مدينة دمشق). حيث يتم جلب البقايا الصلبة من معاصر الزيتون إلى المعمل ليتم استخلاص الزيوت المتبقية فيها لاستخدامها في صناعة الصابون، ثم تعامل المخلفات الصلبة الناتجة على أساس أنها نفاية يتم في المعمل معاملة المادة كالتالي: في البداية تحمص المادة (القادمة من المعصرة) بجو من بخار الماء وبدرجات حرارة تتراوح تقريباً بين C^{o}(150-200) وبعد هذا يتم استخلاص الزيت المتبقي في المادة باستخدام مركبات البترين. ثم يتم حرق المادة بعد سحب الزيت منها، وذلك في فرن بشكل حجرة مزودة بمدخل لتلقي المادة، حيث أن درجات حرارة الحرق في هذه المرحلة تكون اعتباطية. وتستخدم الطاقة الناتجة عن هذه المرحلة لتوليد بخار الماء المستخدم في المرحلة (1).وقد تم الاصطلاح على تسمية المادة الناتجة بعد المرحلة (2) عينة حرق أول من المادة الخام والتي سيرمز لها في الدراسة اللاحقة بالرمز عينة A، أما المادة الناتجة بعد المرحلة (3) فقد سميت عينة حرق ثاني أو نهائي من المادة الخام والتي سيرمز لها في الدراسة اللاحقة بالرمز عينة B.

وقد تم تحضير العينات ومراحل الدراسة التجريبية العملية بالشكل التالي إجراء تدرج حبي لعينة B وقياس السطح النوعي لأقطار مختلفة منها وبعد ذلك أجراء عمليات التفحيم لعينات A وعينات B ثم قياس السطح النوعي لها بعد المعالجة ثم تمت عملية التنشيط الكيميائي وقياس السطح النوعي وبعدها تم اختبار القدرة الامتزازية للكربون المنشط الحبيبي الناتج (المعالج) وتحديد العلاقة الرياضية التي يتبعها هذا النوع من الامتزاز. كما تمت مقارنة القدرة الامتزازية للكربون المنشط الحبيبي المعالج مع نوع أخرمن الكربون التجاري الحبيبي.

(3) النتائج والمناقشة

(3-1) إجراء تدرج حبي للمادة الخام وقياس السطح النوعي لأقطار مختلفة منها

بعد الحصول على عينة B، ثم تجفيفها في فرن التجفيف بدرجة حرارة 80 ĊC لمدة 20 ساعة ثم إجراء تدرج حبي لها. ومن ثم قياس السطح النوعي لأقطار مختلفة من العينة وذلك حسب BET لامتزاز N_2، حيث تم العمل في مخبر الامتزاز على جهاز قياس السطح النوعي ماركة (micromeritics Gemini3) مبدأ عمل الجهاز هو التخليه بوجود أنبوبين، حيث يمرر الغاز بضغط معين أقل من ضغط الإشباع لأن P/Ps أقل من 1 بحيث تكون قيم النسبة P/Ps تتراوح بين (0.5 – 0.9).

حيث Ps ضغط الإشباع ويساوي (1) بحالة الآزوت أما درجة الحرارة التي يتم فيها الامتزاز هي 196Ċ- وهي درجة غليان الآزوت السائل. ويمكن تلخيص عمل الجهاز بأنه عندما يجري الامتزاز على سطح المادة الصلبة، سينخفض ضغط الغاز بأحد الأنبوبين بالمقارنة مع هذا الضغط في الأنبوب الآخر، هذا الانخفاض في الضغط يُحسب منه حجم الآزوت الغازي الممتز بالشرطين النظاميين نسبة إلى غرام واحد من المادة المازة، وبذلك يتم معرفة الكمية الممتزة في المادة عند كل قيمة للضغط النسبي P/Ps، ومن خلال قيم P/Ps وقيم حجوم الغاز الممتزة يتم حساب السطح النوعي لكربون بذر الزيتون حسب BET و Langmuir. ولدى قياس السطح النوعي لأقطار مختلفة من المادة كانت النتائج كما موضحة في الجدول (1).

(3-2) عمليات التفحيم لعينات A وعينات B وقياس السطح النوعي لها بعد المعالجة

تم إجراء عمليات التفحيم على نوعين من المادة الخام الآتية من المعمل وهما (أ) عينة A (ب)عينة B وقد تم إجراء عملية التفحيم أذ تم اعتماد طريقة الحرق بشكل مستمر حتى الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة ثم تثبيتها لفترة من الزمن حيث تمت عملية الحرق في فترات زمنية تراوحت بين الساعة إلى ثلاث ساعات مع تغيير درجات الحرارة للحرق بالنسبة للعينات A و عينات B فحصلنا على النتائج الموضحة في الجدول (2) أما عند تغيير طريقة الحرق حيث تم رفع درجة الحرارة إلى 50Ċ ثم تثبيتها لمدة 15 دقيقة، ثم رفعها إلى 100Ċ وتثبيتها لمدة 15 دقيقة، ثم رفعها إلى 150Ċ وتثبيتها لمدة 30 دقيقة، ثم رفعها مباشرة إلى الدرجة 600Ċ وتثبيتها لمدة ساعتين، ثم قياس السطح النوعي لهذه العينة فكان مساوياً $319.88\ m^2/g$ وقد تم اعتماد هذه الطريقة من أجل العينات التي سيتم تنشيطها كيميائياً **وبهذا** فإن مرحلة التفحيم انتهت بالحصول على سطح نوعي مقداره $365.15\ m^2/g$ وبتطبيق سطح نوعي مقداره $319.88\ m^2/g$ ولا بد من الإشارة هنا إلى أن تغيير طريقة التفحيم ونظام ارتفاع درجة الحرارة في المرمدة هي إحدى العوامل التي تلعب دوراً

كبيراً في تغيير السطح النوعي للعينة، وكما لاحظنا سابقاً فإن نوع المرمدة المستعملة لحرق الكربون يؤثر بشكل كبير على رقم السطح النوعي الناتج للعينة. وبالتالي فإن هذا الموضوع يفتح مجالاً كبيراً لمناقشة وتجربة أرقام سطوح نوعية متغيرة تبعاً لنوع المرمدة (نظام لرفع الحرارة) ولطريقة الحرق.

(3-3) التنشيط الكيميائي وقياس السطح النوعي

تم إجراء التنشيط الكيميائي للعينة ذات السطح النوعي 319.88 m^2/g (المحروقة بشكل تدريجي). ففي البداية تم تحضير حامض الهيدروكلوريك بتراكيز مختلفة تتراوح من (1N - 0.9 - 0.7 - 0.5 - 0.3 - 0.1) ثم غمرت 6 كميات متساوية من عينة (كربون) الدراسة في تلك التراكيز المختلفة وذلك بغمر العينات بشكل كامل بالحامض لمدة 24 ساعة . بعد ذلك تم غسل الكربون من الحامض بالماء المقطر مع التسخين حتى الغليان عدة مرات حتى أصبح pH = 6.5 لماء غسيل الكربون، ثم جففت العينات الستة في فرن التجفيف بدرجة 80 C^o لمدة 20 ساعة، ثم تم حرقها في المرمدة بنفس الطريقة التي تم تفحيم العينة بها. بعد ذلك تم القيام بقياس السطح النوعي (حسب BET لامتزاز N_2) للعينات الستة فكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول (3) والشكل (3) حيث نلاحظ أنه عند استخدام التركيز 0.3N تم الحصول على أكبر سطح نوعي للعينة وهو 553.75m^2/g، بعد ذلك ومع ازدياد التركيز الحامض بدأ رقم السطح النوعي لعينة الكربون ينخفض تدريجياً حتى الوصول إلى (1N). وبذلك كانت النتيجة أن أفضل تركيز مستخدم لحامض الهيدروكلوريك في تنشيط الكربون المدروس (حسب التراكيز المستخدمة) هي 0.3 N.

(4-3) اختبار القدرة الامتزازية للكربون المنشط الناتج (المعالج)

وذلك بإجراء التجربة الراكدة والتجربة الديناميكية لامتزاز مادة الفينول المذابة في الماء المقطر والتي تعتبر مؤشر على القدرة الامتزازية للكربون، بالإضافة إلى أن مادة الفينول تعتبر من الملوثات الخطيرة والمنتشرة بشكل واسع في الأنواع المختلفة من المياه، وقد تم إجراء هذه التجارب كما يلي: .

(1-4-3) التجربة الراكدة

بعد الانتهاء من عملية التنشيط الكيميائي تم القيام بإجراء التجربة الراكدة (تجربة نظامية للامتزاز[5]، ومن الجدير ذكره أن الهدف من التجربة الراكدة للامتزاز هو اختبار القدرة الامتزازية للكربون المعالج بالإضافة إلى التوصل إلى تمثيل ايزوثيرم الامتزاز وتحديد نوعه، والعلاقة الرياضية الأفضل التي تعبر عنه وقد تم إجراء هذه التجربة على 8 عينات كربون منشط حبيبي معالج وفق المعطيات التاليـــة: وزن عينة الكربون m = 0.5 gram حجم المحـــلول (ماء مقطر + فينول) v =50ml التراكيز الابتدائية للفينول المستخدم تتراوح من C_O= 0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.5 - 0.6 - 0.7 - 0.8 mmol/l تمت التجربة بدرجة حرارة (27ċC) pH=6.5 للمحلول حيث تم التماس بين الكربون والمحلول لمدة 5 ساعات مع الرج اليدوي للعينات، بعد ذلك قيست التراكيز المتبقية من الفينول في السائل وتم رسم ايزوثيرم الامتزاز الذي يربط بين C (التركيز المتبقي من الفينول) و q (كمية الامتزاز) حيث (q = v (Co –C) / m mmol/g) وقد تم قياس التراكيز المتبقية من الفينول في السائل بوساطة جهاز مقياس الطيف الضـــــوئي .U.V حيث حددت السلسة العيارية وذلك حسب قانـــــــون بيرلامبرت A = BEC والجدول (4) يبين التراكيز قبل وبعد الامتزاز للفينول عند أجراء التجربة الراكدة. وقد تم رسم ايزوثيرم الامتزاز للتجربة كما في الشكل (4) كما تم رسم الايزوثيرم

باستخدام المحاور اللوغاريتمية فكان كما هو مبين في الشكل (5)من الملاحظ أن المنحني في الشكل (4) يتبع للايزوثيرم من النوع (S) وفق تصنيف (Giles) أي أن علاقة فريندليش هي العلاقة الرياضية التي تنطبق على هذه الحالة من امتزاز الفينول على الكربون المنشط، وهو ما ورد أيضاً في المراجع [10,9,8,7,6] وهذا يعني أن الامتزازمتعدد الطبقات كما أن سطح المادة المازة (الكربون المعالج) غير متجانس، الطاقة الكامنة غير منتظمة في المراكز الفعالة للامتزاز على الكربون، والعلاقة أسية بين كثافة الامتـــــزاز وتركيز الحالة التوازنية. (وذلك وفقـــــاً للمرجع[11]. ويتضـــــح من الشكل (5) أن 1/n = 0.87 ومن أجل 1/n < 1 فأن ثوابت الحرارة تشير إلى تحميل كبير حتى في مجال التركيز المنخفض، وهي ثوابت حرارة مناسبة حسب المرجع[11] .

(3-4-2) التجربة الديناميكية:

تم تطبيق التجربة الديناميكية على عمود كربون حبيبي بوسط ثابت من الكربون مع جريان سفلي للسائل.حيث تم القيام بعشر تجارب مختلفة للامتزاز بدرجة حرارة ثابتة تبلغ°C 27 و pH = 6.5 للسائل، أما المتغيرات فهي: تركيز الفينول في المذيب (ماء مقطر)، وزن عينة الكربون المستخدمة وبالتالي ارتفاع عمود الكربون، سرعة جريان السائل وبالتالي زمن التماس بين الكربون والمحلول. حيث تم غمر الكربون المستخدم في الماء المقطر لمدة 24 ساعة وذلك قبل كل تجربة. وقد تم رسم منحنيات الاختراق وايزوثيرمات الامتزاز لكل تجربة فكانت كالتالي:

التجربة رقم (1): إذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (8gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (40Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.05 mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.0154 l/min) في زمن مقداره (2:15 h) و تم أخذ عينة كل 3 دقائق وكما هو موضح في الشكل (6) نلاحظ أنه تم الحصول على ماء نقي تماماً من الفينول (تركيز الفينول في التدفق الخارج = صفر) وذلك طوال فترة التجربة التي استمرت 2:15 ساعة، أي لكمية من الماء تساوي تقريباً 1.99 لتـــر. و لم يتم التمكن من رسم منحني الاختراق الحقيقي وايزوثيرم الامتزاز نظراً لعدم ظهور أي تركيز للفينول في التدفق الخارج.

التجربة رقم (2): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (8.gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (40.Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.05 mmol/l) كمـــا كانت قيمة (Q = 0.025 l/min) في زمن مقداره (4 h) و تم أخذ عينة كل 3 دقائق كما هو موضح في الشكل (7) الذي يبين منحني الاختراق نلاحظ أنه تم الحصول على ماء نقي تماماً من الفينول وذلك طوال فترة التجربة التي استمرت تقريباً 4 ساعات، أي لكمية من الماء النقي تساوي 5.7 لتر. أيضاً لم يتم التمكن من رسم منحني الاختراق الحقيقي وايزوثيرم الامتزاز نظراً لعدم ظهور أي تركيز للفينول في التدفق الخارج.

التجربة رقم (3): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (7gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (35Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.15 mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.0042 l/min) في زمن مقداره (8h) و تم أخذ عينة كل 15 دقائق وكما هو موضح في الشكل (8) نلاحظ من الشكل أنه تم الحصول على ماء نقي تماماً من الفينول وذلك طوال فترة التجربة التي استمرت 8 ساعات، أي لكمية من الماء النقي مقدارها 2.02 لتر. أيضاً لم يتم التمكن من رسم منحني الاختراق الحقيقي وايزوثيرم الامتزاز نظراً لعدم ظهور أي تركيز للفينول في التدفق الخارج.

التجربة رقم (4): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (7gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (35Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.15 mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.007 l/min) في زمن مقداره (8h) و تم أخذ عينة كل 15 دقائق وكما هو موضح في الشكل (9) نلاحظ من الشكل أنه تم الحصول على ماء نقي تماماً من الفينول طوال فترة التجربة التي استمرت 8 ساعات، أي لكمية من الماء النقي مقدارها 3.36 لتر و لم يتم التمكن من رسم منحني الاختراق الحقيقي وايزوثيرم الامتزاز نظراً لعدم ظهور أي تركيز للفينول في التدفق الخارج.

التجربة رقم (5): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (7.gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (35.Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.15 mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.02 l/min) في زمن مقداره (8h) و تم أخذ عينة كل 15 دقائق وكما هو موضح في الشكل (10) والايزوثيرم مبين في الشكل (11) نلاحظ أنه تم الحصول على 1.5 لتر تقريباً من الماء النقي تماماً من الفينول، ثم بدأت تظهر تراكيز متزايدة بالتدريج من الفينول في التدفق الخارج وذلك موضح في الجدول (5) حيث هنا كان قد تم التوقف عن التجربة وبذلك لم يكتمل رسم منحني الاختراق وكان الكربون ما يزال يمتلك سعة امتزازية إضافية.

التجربة رقم (6): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (7 gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (35 Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.15 mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.02 l/min) في زمن مقداره (8h) و تم أخذ عينة كل 15 دقائق وكما هو موضح في الشكل (12) والشكل (13) نلاحظ أنه تم الحصول على 1.17 لتر تقريباً من الماء النقي تماماً من الفينول، ثم بدأت تظهر تراكيز متزايدة من الفينول في التدفق الخارج كما هو مبين في الجدول (6) ثم تم التوقف عن التجربة وبالتالي لم يكتمل رسم منحني الاختراق، وكان الكربون ما يزال يمتلك سعة امتزازية إضافية.

التجربة رقم (7): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (7 gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (35 Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.2 mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.044 l/min)في زمن مقداره (8.5h) و تم أخذ عينة كل 15 دقائق وكما هو موضح في كل من الشكل (14) والشكل (15) نلاحظ أن زمن التماس بين الكربون والسائل في هذه التجربة كان صغيراً بالنسبة لباقي التجارب، وربما كان ذلك هو السبب في وجود تراكيز من الفينول في التدفق الخارج بدءاً من العينة الأولى ثم بدأت هذه التراكيز بالتزايد تدريجياً، وذلك موضح في الجدول (7) تم التوقف عن التجربة وكان تركيز الفينول في التدفق الخارج قد بدأ يظهر شيئاً من الثبات، وبالاعتماد على ذلك تم رسم منحني الاختراق وايزوثيرم الامتزاز.

التجربة رقم (8): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (3 gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (16 Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.2 mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.014 l/min) في زمن مقداره (9h) و تم أخذ عينة كل 15 دقائق وكما هو واضح في الشكل (16) والشكل (17) بدءاً من التجربة رقم 8 وحتى التجربة رقم 10 تم تخفيض كمية الكربون المستخدم في العمود إلى النصف تقريباً عنه في التجارب السابقة وبالتالي أدى ذلك إلى إنقاص طول عمود الكربون، هذا ما أدى إلى ظهور تراكيز من الفينول في التدفق الخارج من العمود بدءاً من العينة الأولى حتى في الغزارات المتوسطة نسبياً. والجدول (8) يبين ذلك.تم التوقف عن التجربة وكان منحني الاختراق لم يكتمل بعد، والكربون ما يزال يمتلك سعة امتزازية إضافية.

التجربة رقم (9): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (3 gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (16 Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.2 mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.014 l/min) في زمن مقداره (9h) و تم أخذ عينة كل 15 دقائق وكما هو موضح في الشكل (18) والايزوثيرم في الشكل (19) نلاحظ أنه مع زيادة سرعة جريان السائل بدأت تظهر تراكيز عالية نسبياً من الفينول في التدفق الخارج وذلك منذ العينة الأولى، ثم بدأت هذه التراكيز تتزايد تدريجياً. والجدول (9) يوضح ذلك. نلاحظ من الجدول ثبات التركيز 0.18 mmol/l من الفينول في التدفق الخارج (نسبياً) وذلك حتى نهاية التجربة، حيث تم رسم منحني الاختراق وايزوثيرم الامتزاز بالاعتماد على النتائج المستخرجة.

التجربة رقم (10): أذ تم اخذ مقدار من الكربون وزنة (3 gm) وبلغ عند ذلك ارتفاع عمود الكربون (16 Cm) وكان التركيز الابتدائي للفينول (C_o = 0.4mmol/l) كما كانت قيمة (Q = 0.031 l/min) في زمن مقداره (9h) و تم أخذ عينة كل 15 دقائق وباقي العينات كل 30 دقيقه وكما هو موضح في الشكل (20) والشكل (21) نلاحظ أنه مع زيادة تركيز الفينول في السائل، ومع ارتفاع عمود الكربون القليل نسبياً بدأت تظهر تراكيز متبقية من الفينول في التدفق الخارج مرتفعة نسبياً وذلك منذ العينة الأولى والجدول (10) يوضح ذلك. نلاحظ ثبات التركيز0.37mmol/l من الفينول في التدفق الخارج نسبياً حتى نهاية التجربة حيث تم رسم منحني الاختراق وايزوثيرم الامتزاز بالاعتماد على النتائج. نلاحظ من التجارب العشر السابقة أن تغيرات تركيز الفينول في التدفق الخارج من المحتمل أنها تتأثر بالعوامل التالية: ارتفاع عمود الكربون , زمن التماس , التركيز البدائي C_o. حيث أن تركيز الفينول في التدفق الخارج للعينة الأولى (بعد 15 دقيقة) يزداد مع: زيادة التركيز البدائي C_o, إنقاص زمن التماس, إنقاص ارتفاع عمود الكربون وهذا يتناسب مع ما ورد في المراجع [12،13] .

(5-3) مقارنة القدرة الامتزازية للكربون المنشط الحبيبي المعالج ونوع من الكربون التجاري الحبيبي

تم استخدام نوع من الكربون التجاري يسمى (**calgon carbon U. S. A.**) والذي يستخدم كمادة ملء في أحد أنواع مرشحات المياه،أ كان هناك العديد من الدراسات على سطح الكربون المنشط وتم تفسير عملية الامتزاز عليه على أساس طريقة انتقال الشحنة كما أجريت دراسات على الكربون العضوي لامتزاز مركبات الكلوروفينول [14، 15, 16] أجرى فريق آخر في اليونان استخدام مزيج من الفحم بشكل رماد متطاير لامتزاز الفينولات [17] حيث تم تطبيق نفس معطيات التجربة الديناميكية رقم (10) للكربون المعالج على الكربون، فيما عدا ارتفاع عمود الكربون التجاري، حيث أن وزن (3gm) للعينة أعطى ارتفـــاع عمود كربون تجاري يســـاوي (7.7Cm) في حين أنه كان للكربون المعالج (cm16) وكانت نتائج تجربة الامتزاز الديناميكية باستخدام عمود كربون تجاري كما هي موضحة في الأشكال (22)، (23). حيث تم أخذ عشر عينات الأولى كل 15 دقيقة، وباقي العينات كل 30 دقيقة. فكانت التراكيز المتبقية من الفينول في التدفق الخارج كما هي موضحة في الجدول (11). وعند المقارنة بين منحنيات الاختراق لنفس المعطيات من الكربون المعالج والكربون التجاري كانت النتيجة كما هي موضحة في الشكل (24).

أما عند مقارنة ايزوثيرمات الامتزاز للتجربة نفسها بين الكربون التجاري والكربون المعالج، كانت النتيجة كما هي موضحة في الشكل (25). يتضح من الأشكال (24) و (25) أن هناك تقارباً بشكل كبير في سلوك نوعي الكربون المعالج والتجاري، مع بعض الفروقات في البداية للكربون المعالج الذي أعطى قيماً أقل للتراكيز المتبقية من الفينول في

التدفق الخارج وذلك للعينات الخمس الأولى (للتدفق الخارج من العمود)، هذا ما أدى إلى أن كمية الامتزاز (q) لهذه العينات كانت للكربون المعالج أكبر مما هي عليه بالنسبة للكربون التجاري، أما فيما يخص العينات (6،7) فقد كانت كمية الامتزاز (q) نفسها بالنسبة لنوعي الكربون، وبالنسبة للعينات (8،9) كانت (q) للكربون التجاري أكبر بكمية قليلة جداً منها بالنسبة للكربون المعالج، لتعود كمية الامتزاز وتتساوى لنوعي الكربون للعينة (10)، أما في العينات (11،12،13) فقد كانت كمية الامتزاز للكربون التجاري أيضاً أكبر بكميات قليلة جداً منها بالنسبة للكربون المعالج، لتعود (q) من جديد وتتساوى لنوعي الكربون وذلك للعينة (14)، وفي العينات (15،16،17) كانت كمية الامتزاز للكربون التجاري أكبر بكميات قليلة جداً عما هي عليه بالنسبة للكربون المعالج، ومن جديد تتساوى كمية الامتزاز للعينة (18) بالنسبة لنوعي الكربون، وبدءاً من العينة (19) إلى العينة ما قبل الأخيرة كانت كمية الامتزاز للكربون التجاري أكبر بكميات قليلة جداً عما هي عليه بالنسبة للكربون المعالج، لتعود (q) وتتساوى من جديد للعينة الأخيرة بالنسبة لنوعي الكربون التجاري والمعالج.

وهـــذا ما يدعو إلى القول بأن هناك تقارب كبير جداً في سلوك النوعين من الكربون، وبذلك يكون قد تم الحصول على كـــربون منشط حبيبي معالج له قدرة امتزازية عالية تقارب القدرة الامتزازية للكربون المنشط التجاري، علماً بأنه قد تم تصنيع الكربون المعالج من مادة رخيصة ومتوفرة بشكل كبير في معظم البلدان العربية ومنها سوريا.

الجدول(1) التدرج الحبي وقيم السطح النوعي للمادة الخام، الجدول (2) قيم السطح النوعي لعينات التفحيم

السطح النوعي	المار	المحجوز الكلي	المحجوز الجزئي		فتحة المنخل	
m^2/g	%	%	%	Gram	قياس الفتحة mm	رقم الفتحة
5.22	98.33	1.67	1.67	10	4.76	4
57.48	89.17	10.83	9.167	55	2.38	8
84.52	31.5	68.5	57.67	346	1.19	16
137.06	13.33	86.67	18.17	109	0.595	30
135.01	7.67	92.33	5.67	34	0.297	50
75.48	4.33	95.67	3.33	20	0.149	100
35.64	2.17	97.83	2.17	13	0.074	200
35.81	-	100	2.17	13	-	القاعدة

زمن التفحيم	السطح النوعي m^2/g خلال درجة حرارة الحرق C°							بدون حرق	عينات الحرق
	700	600	550	500	400	350	300		
1h	80.36	47.95		0.14	0.087			0	A
	199.8	201.1		236.1	262.7	224.6		126.8	B
2h	154	73.78		0.49	0.33		0		A
	270.3	365.2	352.7	305.1	253.3		172.9		B
3h	132.3	53.6		1.97	0.364		0		A
	291.4	318.3		281.5	226.9		238.9		B

الجدول (3) نتائج التنشيط الكيميائي

التراكيز الابتدائية من الفينول C_o mmol/ l	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
التركيز المتبقي من الفينول C mmol / l	0.02	0.04	0.05	0.09	0.12	0.15	0.12	0.19

الجدول (4) يبين التراكيز المتبقية من الفينول عند إجراء التجربة الراكدة

الكمية التقريبية من التدفق الخارج) Liter (	1.5	0.9	1.5	1.8	1.2	2.1	0.6
التركيز المتبقي من الفينول C mmol / l	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06

الجدول (5) التراكيز المتبقية من الفينول في التدفق الخارج للتجربة 5

الكمية التقريبية من التدفق الخارج) Liter (	1.17	0.78	0.78	0.78	0.39	1.17	1.17	1.56	1.17	1.17	1.17	1.17
التركيز المتبقي من الفينول C mmol / l	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11

الجدول (6) التراكيز المتبقية من الفينول في التدفق الخارج للتجربة 6

الكمية التقريبية من التدفق الخارج (Liter)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	1.32	0.66	1.32	2.64	1.98	1.32	4.62	4.62	0.66
التركيز المتبقي من الفينول C mmol / l	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17

الجدول (7) التراكيز المتبقية من الفينول في التدفق الخارج للتجربة 7

الكمية التقريبية من التدفق الخارج) Liter (	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.9	1.35	1.8	3.15	1.8	3.6
التركيز المتبقي من الفينول C mmol / l	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18

الجدول (8) التراكيز المتبقية من الفينول في التدفق الخارج للتجربة 8

الكمية التقريبية من التدفق الخارج (Liter)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.63	0.21	0.84	0.63	0.21	0.42	1.05	1.26	1.26
التركيز المتبقي من الفينول C mmol / l	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14

لجدول (9) التراكيز المتبقية من الفينول في التدفق الخارج للتجربة 9

الكمية التقريبية من التدفق الخارج (Liter)	0.45	0.9	0.45	1.35	0.9	3.15	3.6	4.5	0.9
التركيز المتبقي من الفينول C mmol / l	0.26	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.34	0.36	0.37

الجدول(10) التراكيز المتبقية من الفينول في التدفق الخارج للتجربة 10

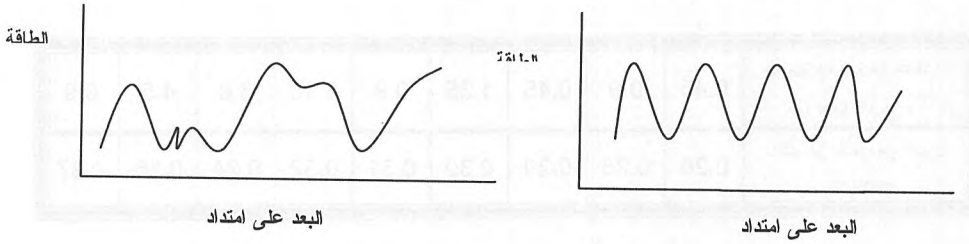
الكمية التقريبية من التدفق الخارج (Liter)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.9	0.45	0.9	3.6	1.8	1.8	4.5
التركيز المتبقي من الفينول C mmol / l	0.2	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.32	0.34	0.35	0.36	0.37

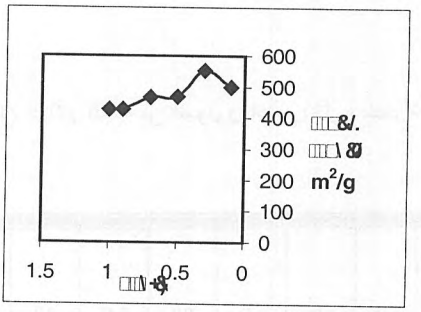
تركيز الحامض المستخدم (N)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1
السطح النوعي للعينة الناتجة m^2/g	500.13	553.75	469.25	466.39	427.42	426.74

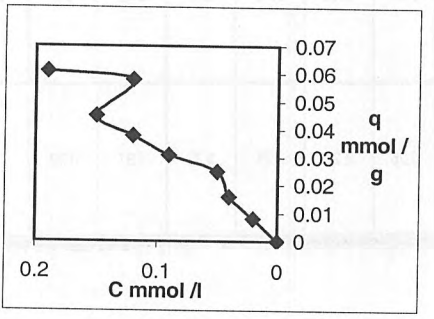
الجدول (11) التراكيز المتبقية من الفينول في التدفق الخارج لعمود الكربون التجاري

الشكل (1) مخطط الطاقة الكامنة لسطح منتظم (متجانس

الشكل (2) مخطط الطاقة الكامنة لسطح غير منتظم (غير متجانس).

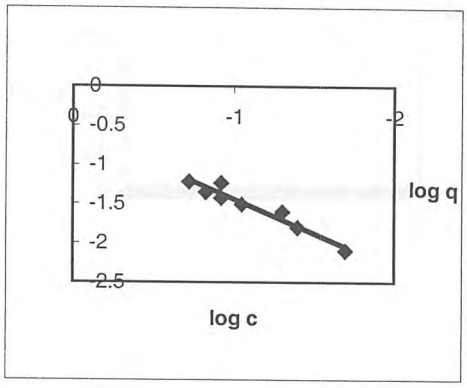


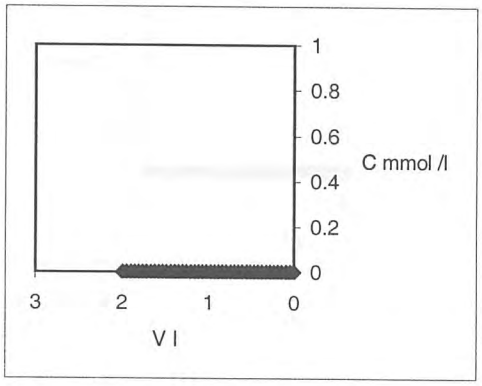




الشكل (3) نتائج التنشيط الكيميائي

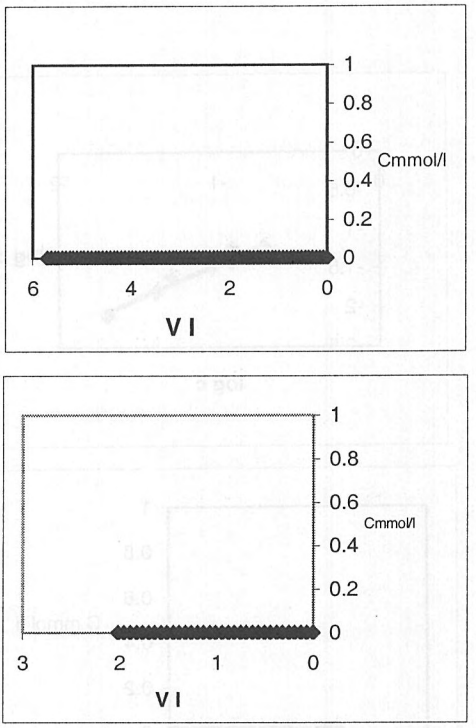
الشكل (4) ايزوثيرم الامتزاز للتجربة الراكدة.





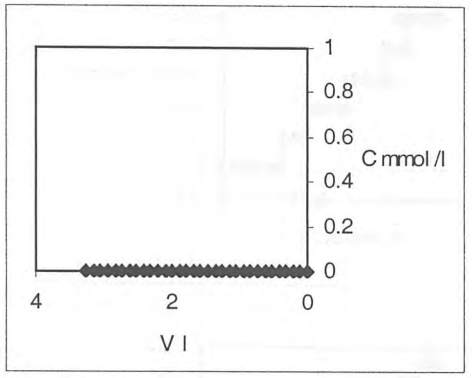
الشكل (5) ايزوثيرم الامتزاز باستخدام محاور لوغاريتمية

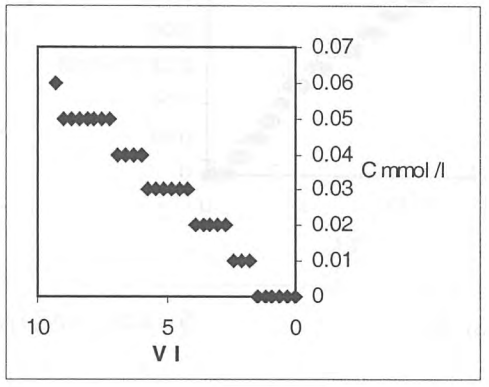
الشكل (6) منحني الاختراق للتجربة 1



الشكل (7) منحني الاختراق للتجربة 2

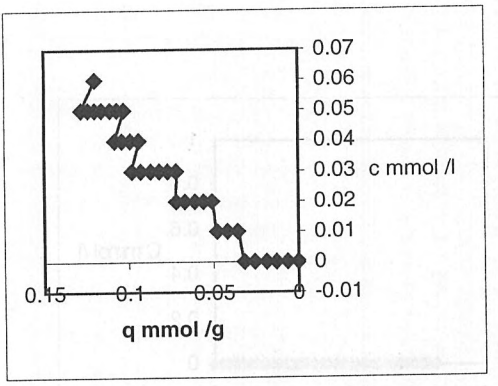
الشكل (8)منحني الاختراق للتجربة 3



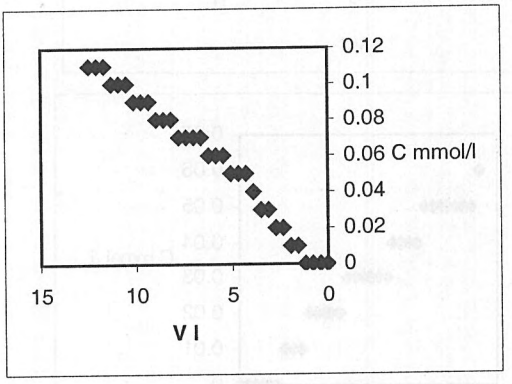


الشكل (9) منحني الاختراق للتجربة 4

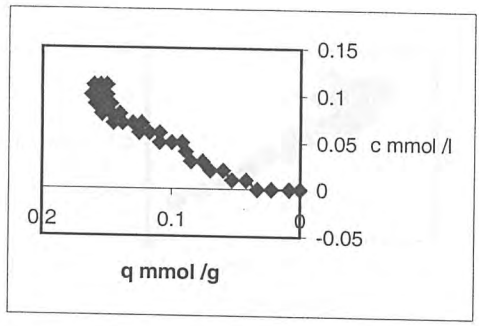
الشكل (10) منحني الاختراق للتجربة 5

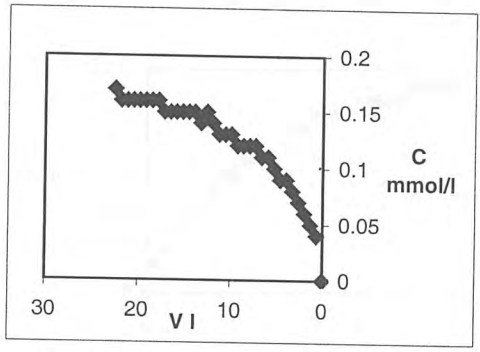


الشكل (11) ايزوثيرم الامتزاز للتجربة 5



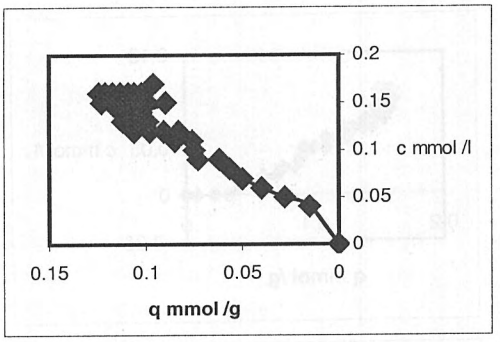
الشكل (12) منحني الاختراق للتجربة 6



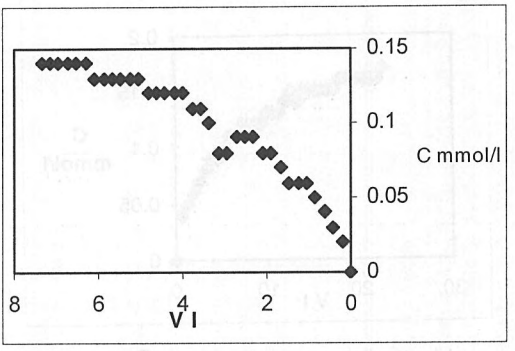


الشكل (13) ايزوثيرم الامتزاز للتجربة 6

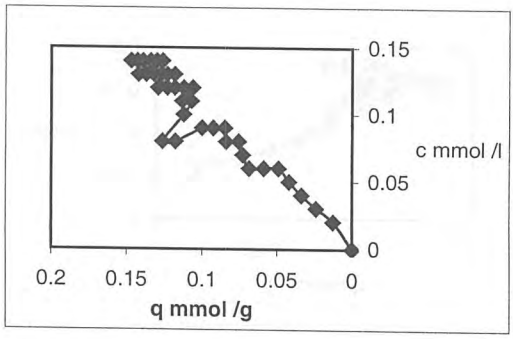
الشكل (14) منحني الاختراق للتجربة 7



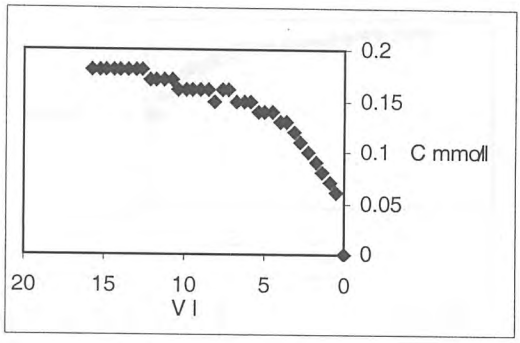
الشكل (15) ايزوثيرم الامتزاز للتجربة 7



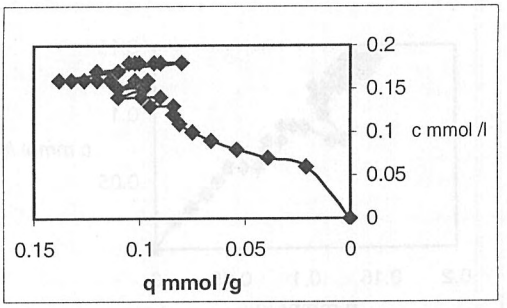
الشكل (16) منحني الاختراق للتجربة 8

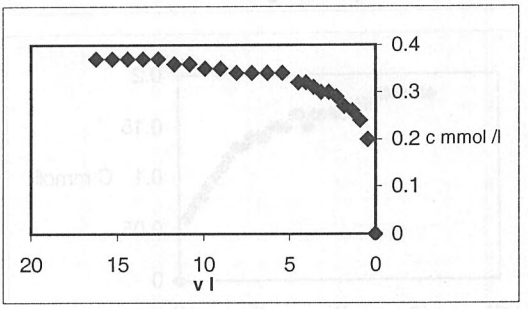


الشكل (17) ايزوثيرم الامتزاز للتجربة 8



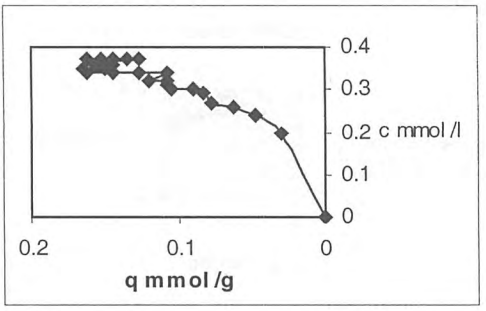
الشكل (18) منحني الاختراق للتجربة 9

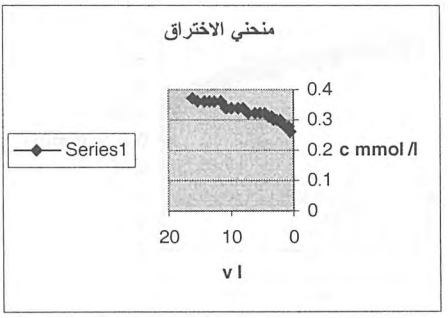




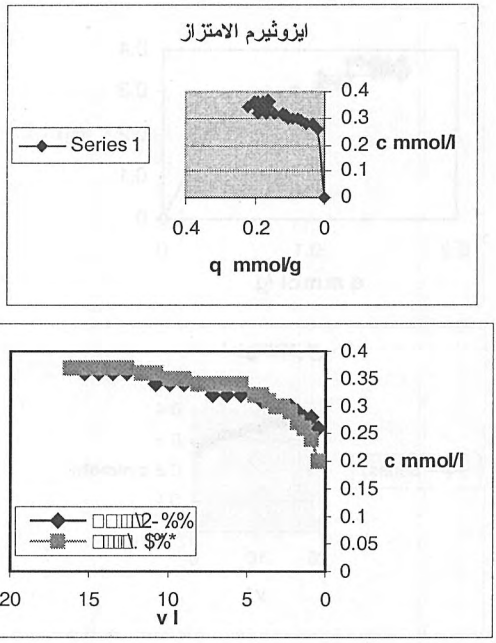
الشكل (19) ايزوثيرم الامتزاز للتجربة 9

الشكل (20) منحني الاختراق للتجربة



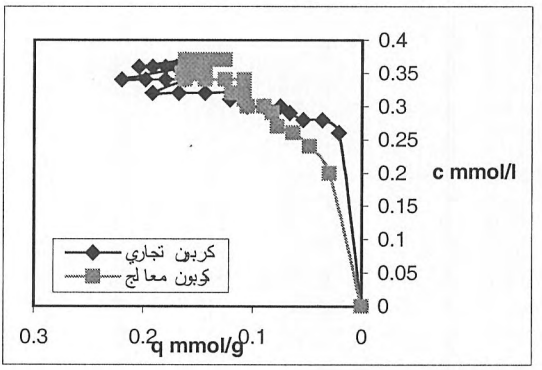


الشكل (21) ايزوثيرم الامتزاز للتجربة 10 الشكل (22) منحني الاختراق للكربون التجاري



الشكل (23) ايزوثيرم الامتزاز للكربون التجاري

الشكل (24) مقارنة منحنيات الاختراق للكربون المعالج والكربون التجاري



الشكل (25) مقارنة ايزوثيرم الامتزاز بين الكربون المعالج والكربون التجاري

1. العامري م،. س. ، (1999)، دراسة الامتزاز على بعض السطوح المازة. المجلة العراقية للعلوم ، العراق ، ص. 45-76.

2. Ronald L. Droste, "Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment", pp. 484-510, John Wiley & Sons, Inc. published in Canada (1997).
3. http:// www. E.P.A. gov
4. D. W. Sundstrom, H. E. Klei., "Wastwater Treatment". pp. 241-273, prentice-holl, inc., Inglwood (1987).
5. Wesley W., Eckenfelder Jr., "Industrial Water Pollution Control". pp. 417-450, 3d Ed., Mc Graw-Hill Higher Education, Singapore, (2000).
6. Freundlich H., "Colloid and Capillary Chemistry". Methuen & Co., London, (1926).
7. Mattson J.S., Mark H.B., Malbin M.D., Webber W.J. and Crittenden J.C., *J. Colloid and Interface Sci.*, 31(1), 116 (1969).
8. Goto S., Hayashi N. and Goto M., *Environ. Sci. Technol.*, 20 (3), 463(1986).
9. Satendra K., Upadhyah S. N. and Upadhaya Y. D., J. Chem. Technol. Biotechnol., 37, 281(1987).
10. Khan A., Albahri T. and Alhaddad A., *Water Res.*, 31, 2102 (1997).
11. Abdo M., Nosier S., Eltawil Y., Fadt S. and Elkhaiary M., *J*, Environ. Science and Health part of Environ. Science and Eng. And Toxic and Hazardous Substance Control, 32, 1159 (1997).
12. Prof. Dr. Juntgen H. und Dr.-Ing. Reicbenberger J., *Chem.-Ing.-Tech.* 49 (2), 159 (1977).

13. العجي ب.، حديد م.، (2001) ، مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية: دمشق، العدد 14، ص. 73-93.

14. Danis T. G. and Albanis T. A., *Toxicol. And Environ. Chem.*, 62, 65-76 (1997)..p
15. Danis T. G. and Albanis T. A. and Pomonis P. J., *Clay Miner.*, 32, 143-147 (1997).
16. Danis T. G. and Albanis T. A., Petrakis D.E. and Pomonis P. J., *Water Res.*, 32 (2), 295-302 (1998).
17. Danis T. G. and Albanis T. A. and Kourgia M. G., *Environ. Technol.*, 19, 25-34 (1998).

ملامح من دور الشريعة الإسلامية في المحافظة على الموارد المائية وحمايتها وتنمية مصادرها

أحمد بن عبدالله سرور الصبان

ملامح من دور الشريعة الإسلامية في المحافظة على الموارد المائية وحمايتها وتنمية مصادرها

أحمد بن عبدالله سرور الصبان
وكيل وزارة الشؤون الإسلامية والأوقاف والدعوة والإرشاد للتخطيط والتطوير
بالمملكة العربية السعودية

الملخص

تهدف ورقة العمل هذه إلى إبراز عدد من أهم ملامح دور الشريعة الإسلامية في المحافظة على الموارد المائية وحمايتها وتنمية مصادرها حيث اعتنت الشريعة الإسلامية عناية فائقة بالماء الذي هو أساس الحياة فنجد أن لفظ الماء قد ورد في القرآن الكريم – المصدر الأول للتشريع – في (٦٣)* موضعا كما ذكر في مواضع أكثر في السنة المطهرة المصدر الثاني للتشريع . وإذا كان القرآن الكريم قد بين أن الله سبحانه خلق الماء قبل خلق السماوات والأرض وأنه عز وجل قد جعل من الماء كل شيء حي ، فقد بين أيضاً مصادره وكيفية تكوين السحاب ثم نزول ماء المطر ، وأنه بقدر ، ومن ثم وضح مصير هذا الماء من سيلانه في الأودية ومن سلوكه في ينابيع الأرض وتكوين العيون والأنهار والبحار ، مذكراً بالفوائد الجليلة للماء في الشرب وسقيا المخلوقات وإحياء الأرض وإخراج الثمرات ، و كذلك بأقسام المياه من حيث العذوبة والملوحة ومن حيث القرب من سطح الأرض والبعد عنه ، مقرراً أن الماء وإن كان رحمة للعباد فإنه قد يكون عذاباً ؛ وأشارت آيات القرآن الكريم والأحاديث الشريفة إلى استخدامات الماء وأهميته في الزراعة وإحياء الأرض الميتة ، وفي الحياة اليومية للإنسان من شرب واغتسال ونظافة وطهارة ، وأهميته في التجارة والصناعة والنقل والسفر من حيث جريان السفن في مياه البحر ، وفي استخراج اللؤلؤ والحلي ، وفي البناء وغير ذلك من المجالات المختلفة. ومن أهم ملامح حماية الموارد المائية في الشريعة الإسلامية أن الإسلام وضع تنظيما دقيقاً وضوابط لإدارة هذا العنصر الحيوي الهام الذي يصبح نادراً بسبب الجفاف وزيادة الطلب على الماء والإسراف في استهلاكه وهدره أحياناً ، أو بفساد الماء لسوء تصرف الإنسان ، أو بنقصه لحكمة يريدها الله في أحايين أخرى ، ومن التنظيمات والضوابط التي شرعها الإسلام : المحافظة على الماء عند استخدامه من قبل الإنسان وذلك بالنهي عن الإسراف في الاستخدامات المشروعة للماء ، وبتنظيم الأولويات في استخدامه ، وبإيجاد البدائل له عند عدم وجوده أو عدم كفايته للاستخدامات الأساسية الحيوية ، وببيان معايير كمية الماء في بعض الاستخدامات ، وبحمايته من التلوث ، وبيان مقدار الماء الذي لا ينجسه شيء ،وإذا كانت الشريعة الإسلامية قد سبقت غيرها حيث ركزت في أساليب المحافظة على المياه على الإنسان وتربيته على إدارة المياه فإنها قد عرفته أيضاً على سياسة تخزين أهم المحاصيل الزراعية ومن أكثرها استهلاكاً للماء وهو القمح وحمايته من الفساد بحفظه في سنابله لسنوات،وتميزت الشريعة الإسلامية بأخذ مبدأ تكلفة المياه بعين الاعتبار كما في إخراج زكاة الزروع ففرضت العشر (١٠%) فيما يسقى بمياه الأمطار والعيون ، ونصف العشر (٥%) فيما يسقى بالنضح ومؤنة وكلفة ، و لم تقتصر الشريعة الإسلامية على ما ذكر آنفاً ، بل بينت العديد من الأساليب المادية والمعنوية لتنمية مصادر المياه ، وحضت على الاستفادة من تلك الأساليب بجعلها من أنواع العبادة لله التي يضاعف أجرها مما يشجع الناس على الإسهام في تنمية مصادر المياه وتوفيرها للمحتاجين ، كما اهتمت بما استجد في مجال تنمية مصادر المياه في العصور الحديثة مما لم يكن

معروفاً في الماضي مثل تحلية المياه المالحة ، ومعالجة وإعادة استخدام مياه الصرف وذلك من خلال الفتاوى التي أصدرها علماء المسلمين بشأن جواز إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة والمنقاة طبقاً لشروط معينة بما في ذلك استعمالها في الشرب والطهارة ، كما صدرت فتاوى تسهم في حل مشكلات تمويل مشروعات المياه الباهظة التكاليف من خلال تبرعات أهل الخير ، ومن خلال جعل أوقافاً على إقامة السدود والخزانات الأرضية وحفر الآبار وإنشاء محطات التحلية ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي ، وهكذا نجد أن الشريعة الإسلامية قد أوجدت توازناً بين ندرة المياه وتوفرها وتنمية مصادرها من جهة ، وبين استهلاك المياه والمحافظة عليها وحمايتها من جهة ثانية ، وبين تكاليف استخراجها من جهة ثالثة. لذا يوصى بالاستفادة القصوى مما قررته الشريعة الإسلامية بشأن المحافظة على الموارد المائية وحمايتها وتنمية مصادرها في برامج وخطط واستراتيجيات إدارة المياه في دول مجلس التعاون وفي المجتمعات المسلمة بشكل خاص، وغيرها بشكل عام لما في ذلك من خير للبشرية جمعاء. وبالله التوفيق.

المفاتيح : الإسلام والمحافظة على المياه /معايير استخدام المياه /تمويل مشروعات المياه /ترشيد المياه /الاقتصاد في استهلاك المياه /إعادة استخدام المياه/ بدائل الماء /تدوير مياه الصرف الصحي /معالجة المياه /تنمية مصادر المياه /حماية الموارد المائية /الوقف على المياه /إدارة المياه في الإسلام .

المقدمة

اهتمت الشريعة الإسلامية اهتماماً بالغاً بالماء العنصر الأساسي في حياة المخلوقات بشكل عام وحياة البشر بشكل خاص ، وذكر لفظ الماء في القرآن الكريم في٦٣موضعاً وفي الكثير من الأحاديث ، وقد تناولت الآيات في العديد من سور القرآن الكريم كما تناولت السنة النبوية المطهرة الماء مبينة قدم خلق الله له ، ودخوله في تركيب كل شيء حي ،بجملة تارة مصادره وكيفية تكونه ونزوله ، ومفصلة تارة أخرى لتلك المصادر ولدورة المياه ،كيف تبدأ وما تؤول إليه، والخصائص التي جعلها الله سبحانه في الماء ليستفيد منه بني آدم وجميع المخلوقات ، ونظراً لأهمية الماء فقد وضعت الشريعة الإسلامية تنظيماً دقيقاً لإدارة المياه ، كما سنت ضوابط وسياسات عديدة للمحافظة عليه وحماية موارده وتنمية مصادره ، وليتسنى عرض ملامح من دور الشريعة الإسلامية في المحافظة على الموارد المائية وحمايتها وتنمية مصادرها سيتم من خلال هذه الورقة تناول الموضوعات التالية:

١. واقع الماء في الكتاب والسنة
٢. أهم استخدامات الماء في ضوء الكتاب والسنة
٣. تنظيم حماية الموارد المائية والمحافظة عليها في الشريعة الإسلامية
٤. منهج الشريعة الإسلامية في تنمية مصادر المياه.

وفيما يلي تفصيلات ذلك :

أولاً: واقع الماء في الكتاب والسنة :

فصلت آيات القرآن الكريم ونصوص الأحاديث النبوية الشريفة واقع الماء من حيث وجوده وكونه أساساً للحياة ،ومن حيث مصادره لمن يعش على سطح البسيطة ،وأن نزوله من السماء بقدر، وقد أوضحت نصوص القرآن والأحاديث أيضاً واقع الماء من حيث العذوبة والملوحة، والقرب والبعد عن سطح الأرض، وبيان أنه وإن كان رحمة فإنه قد يكون عذاباً وذلك طبقاً للآتي :

١. وجود الماء :

الماء من أول مخلوقات الله سبحانه وأقدمها

قال الله تعالى: (وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ وَكَانَ عَرْشُهُ عَلَى الْمَاءِ) هود: ٧

عن عمران بن حصين رضي الله عنهما أن النبي صلى الله عليه وسلم قال : (كان الله و لم يكن شيء غيره وكان عرشه على الماء وكتب في الذكر كل شيء وخلق السماوات والأرض) صحيح البخاري – كتاب بدء الخلق – حديث رقم (٢٩٥٣) .

٢. الماء أساس الحياة :

قال الله تعالى: (وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ) (الأنبياء: ٣٠)

وقال سبحانه وتعالى : (وَاللَّهُ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا) (النحل:٦٥)

٣. مصادر الماء ومصيره :

قال الله تعالى: (وَأَرْسَلْنَا الرِّيَاحَ لَوَاقِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ) (الحجر:٢٢)

وقال عز وجل: (أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَداً رَابِياً) (الرعد:١٧

وقال سبحـــانه: (أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنَابِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعاً مُخْتَلِفاً أَلْوَانُهُ) (الزمر:٢١)

وقال جل جلاله: (اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقاً لَكُمْ وَسَخَّرَ لَكُمُ الْفُلْكَ لِتَجْرِيَ فِي الْبَحْرِ بِأَمْرِهِ وَسَخَّرَ لَكُمُ الْأَنْهَارَ) (إبراهيم:٣٢)

٤. نزول الماء بقدر :

قال الله تعـــالى: (وَأَنزَلْنَا مِنْ السَّمَاءِ مَاءً **بِقَدَرٍ** فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ) (المؤمنون : ١٨)

٥. الماء من حيث العذوبة والملوحة:

قال الله تعالى: (وَهُوَ الَّذِي مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ هَذَا **عَذْبٌ** فُرَاتٌ وَهَذَا **مِلْحٌ** أُجَاجٌ) (الفرقان : ٥٣)

٦. الماء من حيث القرب والبعد :

قال عز وجل : (وَجَاءَتْ سَيَّارَةٌ فَأَرْسَلُوا وَارِدَهُمْ **فَأَدْلَى دَلْوَهُ** قَالَ يَا بُشْرَى هَذَا غُلَامٌ وَأَسَرُّوهُ بِضَاعَةً وَاللَّهُ عَلِيمٌ بِمَا يَعْمَلُونَ) (يوسف:١٩)

وقال الله تعـــالى : (أَوْ يُصْبِحَ مَاؤُهَا **غَوْراً** فَلَنْ تَسْتَطِيعَ لَهُ طَلَباً) (الكهف:٤١)

٧. الماء رحمة وعذاب:

أ- في الدنيا:

قال الله تعالى : (وَهُوَ الَّذِي يُنَزِّلُ الْغَيْثَ مِنْ بَعْدِ مَا قَنَطُوا وَيَنْشُرُ **رَحْمَتَهُ** وَهُوَ الْوَلِيُّ الْحَمِيدُ) (الشورى:٢٨)

وقال الله تعالى : (وَلَقَدْ أَرْسَلْنَا نُوحاً إِلَى قَوْمِهِ فَلَبِثَ فِيهِمْ أَلْفَ سَنَةٍ إِلَّا خَمْسِينَ عَاماً فَأَخَذَهُمُ **الطُّوفَانُ** وَهُمْ ظَالِمُونَ) (العنكبوت :١٤)

كان النبي صلى الله عليه وسلم يقول عند المطر : (اللهم سقيا رحمة و لا سقيا عذاب و لا بلاء و لا هدم و لا غرق ، اللهم على الظراب و منابت الشجر ، اللهم حوالينـــا و لا علينا) . (رواه البيهقي)

ب- في الآخرة :

قال الله تعالى :

(مَثَلُ الْجَنَّةِ الَّتِي وُعِدَ الْمُتَّقُونَ فِيهَا أَنْهَارٌ مِنْ **مَاءٍ غَيْرِ آسِنٍ** وَأَنْهَارٌ مِنْ لَبَنٍ لَمْ يَتَغَيَّرْ طَعْمُهُ وَأَنْهَارٌ مِنْ خَمْرٍ لَذَّةٍ لِلشَّارِبِينَ وَأَنْهَارٌ مِنْ عَسَلٍ مُصَفًّى وَلَهُمْ فِيهَا مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ وَمَغْفِرَةٌ مِنْ رَبِّهِمْ كَمَنْ هُوَ خَالِدٌ فِي النَّارِ وَسُقُوا **مَاءً حَمِيماً** فَقَطَّعَ أَمْعَاءَهُمْ) (محمد:١٥)

وقال عز وجل : (وَقُلِ الْحَقُّ مِنْ رَبِّكُمْ فَمَنْ شَاءَ فَلْيُؤْمِنْ وَمَنْ شَاءَ فَلْيَكْفُرْ إِنَّا أَعْتَدْنَا لِلظَّالِمِينَ نَاراً أَحَاطَ بِهِمْ سُرَادِقُهَا وَإِنْ يَسْتَغِيثُوا يُغَاثُوا **بِمَاءٍ كَالْمُهْلِ** يَشْوِي الْوُجُوهَ بِئْسَ الشَّرَابُ وَسَاءَتْ مُرْتَفَقاً) (الكهف:٢٩)

ثانياً: أهم استخدامات الماء في ضوء الكتاب والسنة:

أوضح القرآن الكريم استخدامات الماء وأشار إلى فوائده في العديد من آياته الكريمات الأمر الذي ينطبق على السنة المطهرة وماورد في أحاديث النبي صلى الله عليه وسلم ،ومن أهم استخدامات الماء الواردة فيهما ما يلي :

١. للشرب :

قال الله تعالى : (يَا بَنِي آدَمَ خُذُوا زِينَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ) (الأعراف:٣١)

وقال تعالى : (وأنزلنا من السماء ماء طهورا لِنُحْيِيَ بِهِ بَلْدَةً مَيْتاً وَنُسْقِيَهُ مِمَّا خَلَقْنَا أَنْعَاماً وَأَنَاسِيَّ كَثِيراً) (الفرقان:٤٨- ٤٩)

٢. **للوضوء والطهارة والاغتسال والنظافة:**

أ- قال الله تعالى: (يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قُمْتُمْ إِلَى الصَّلاةِ فَاغْسِلُوا وُجُوهَكُمْ وَأَيْدِيَكُمْ إِلَى الْمَرَافِقِ وَامْسَحُوا بِرُؤُوسِكُمْ وَأَرْجُلَكُمْ إِلَى الْكَعْبَيْنِ وَإِنْ كُنْتُمْ جُنُباً فَاطَّهَّرُوا وَإِنْ كُنْتُمْ مَرْضَى أَوْ عَلَى سَفَرٍ أَوْ جَاءَ أَحَدٌ مِنْكُمْ مِنَ الْغَائِطِ أَوْ لامَسْتُمُ النِّسَاءَ فَلَمْ تَجِدُوا مَاءً فَتَيَمَّمُوا صَعِيداً طَيِّباً فَامْسَحُوا بِوُجُوهِكُمْ وَأَيْدِيكُمْ مِنْهُ مَا يُرِيدُ اللَّهُ لِيَجْعَلَ عَلَيْكُمْ مِنْ حَرَجٍ وَلَكِنْ يُرِيدُ لِيُطَهِّرَكُمْ وَلِيُتِمَّ نِعْمَتَهُ عَلَيْكُمْ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ) . (المائدة:٦)

ب- عن أبي هريرة رضي الله عنه قال : قال رسول الله صلى الله عليه وسلم :

(إذا استيقظ أحدكم من الليل فلا يدخل يده في الإناء حتى يفرغ عليها مرتين أو ثلاثا فإن أحدكم لا يدري فيم باتت يده) .سنن ابن ماجه

٣. **للزراعة وإحياء الأرض الميتة :**

قال الله تعالى : (أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا نَسُوقُ الْمَاءَ إِلَى الْأَرْضِ الْجُرُزِ فَنُخْرِجُ بِهِ زَرْعاً تَأْكُلُ مِنْهُ أَنْعَامُهُمْ وَأَنْفُسُهُمْ أَفَلا يُبْصِرُونَ) (السجدة:٢٧)

٤. **للكائنات والمأكولات البحرية :**

قال الله تعالى : (وَمَا يَسْتَوِي الْبَحْرَانِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ سَائِغٌ شَرَابُهُ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ وَمِنْ كُلٍّ تَأْكُلُونَ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُونَ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ فِيهِ مَوَاخِرَ لِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ) (فاطر : ١٢).

٥. **لاستخراج الحلي وللنقل :**

الآية السابقة ذات الرقم (١٢) من سورة فاطر.

٦. **للاستخدامات الجمالية للدلالة على عظم الله سبحانه وقدرته :**

قال الله تعالى {قِيلَ لَهَا ادْخُلِي الصَّرْحَ فَلَمَّا رَأَتْهُ حَسِبَتْهُ لُجَّةً وَكَشَفَتْ عَن سَاقَيْهَا قَالَ إِنَّهُ صَرْحٌ مُّمَرَّدٌ مِّن قَوَارِيرَ قَالَتْ رَبِّ إِنِّي ظَلَمْتُ نَفْسِي وَأَسْلَمْتُ مَعَ سُلَيْمَانَ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ} (النمل:٢٧)

ثالثاً : تنظيم حماية المياه والمحافظة عليها :

سنت الشريعة الإسلامية تنظيماً دقيقاً وضوابط وسياسات لإدارة المياه وحمايتها والمحافظة عليها وذلك من خلال عدة محاور من أهمها محور التركيز على الإنسان المستهلك الرئيسي للمياه سواء في احتياجاته الحيوية والضرورية المباشرة أم غير المباشرة ، ولقدرته على حسن إدارة هذا العنصر الهام جداً لما ميز الله به الإنسان من عقل .

ومن أهم ضوابط التنظيم المشار إليه وسياساته مايلي :

١- عدم الإسراف :

قال الله تعالى : (وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ) (الأعراف ٣١)

٢- البدائل والأولويات في استخدام المياه :

قال الله تعالى: (يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قُمْتُمْ إِلَى الصَّلاةِ فَاغْسِلُوا وُجُوهَكُمْ وَأَيْدِيَكُمْ إِلَى الْمَرَافِقِ وَامْسَحُوا بِرُؤُوسِكُمْ وَأَرْجُلَكُمْ إِلَى الْكَعْبَيْنِ وَإِنْ كُنْتُمْ جُنُباً فَاطَّهَّرُوا وَإِنْ كُنْتُمْ مَرْضَى أَوْ عَلَى سَفَرٍ أَوْ جَاءَ أَحَدٌ مِنْكُمْ مِنَ الْغَائِطِ أَوْ لامَسْتُمُ النِّسَاءَ فَلَمْ تَجِدُوا مَاءً فَتَيَمَّمُوا صَعِيداً طَيِّباً فَامْسَحُوا بِوُجُوهِكُمْ وَأَيْدِيكُمْ مِنْهُ مَا يُرِيدُ اللَّهُ لِيَجْعَلَ عَلَيْكُمْ مِنْ حَرَجٍ وَلَكِنْ يُرِيدُ لِيُطَهِّرَكُمْ وَلِيُتِمَّ نِعْمَتَهُ عَلَيْكُمْ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ) . (المائدة:٦)

عن أبي هريرة رضي الله عنه قال : سأل رجل رسول الله صلى عليه وسلم فقال : يا رسول الله ، إنا نركب البحر ونحمل معنا القليل من الماء ، فإن توضأنا به عطشنا أفتتوضأ من ماء البحر؟ فقال رسول الله صلى الله عليه وسلم : (هو الطهور ماؤه الحل ميتته) . رواه الخمسة

٣- حماية المياه من التلوث :

أ) النهي عن التبول في الماء :

-عن أبي هريرة أنه سمع رسول الله صلى الله عليه وسلم يقول نحن الآخرون السابقون وبإسناده قال : (لا يبولن أحدكم في الماء الدائم الذي لا يجري ثم يغتسل فيه) صحيح البخاري – كتاب الوضوء – حديث رقم : ٢٣٢)

-عن أبي هريرة عن رسول الله صلى الله عليه وسلم قال : (لا يبولن أحدكم في الماء الدائم ثم يتوضأ منه) سنن النسائي – كتاب الطهارة – حديث رقم (٥٧)

ب) النهي عن التنفس في الإناء :

عن عبد الله بن أبي قتادة عن أبيه قال قال رسول الله صلى الله عليه وسلم : (إذا شرب أحدكم فلا يتنفس في الإناء) صحيح البخاري – كتاب الأشربة – حديث رقم (٥١٩٩).

ج) غسل اليدين عند القيام من النوم :

عن أبي هريرة رضي الله عنه قال : قال رسول الله صلى الله عليه وسلم : (إذا استيقظ أحدكم من الليل فلا يدخل يده في الإناء حتى يفرغ عليها مرتين أو ثلاثا فإن أحدكم لا يدري فيم باتت يده) . سنن ابن ماجه – كتاب الطهارة وسننها – حديث رقم (٣٨٧)

٤- المعايير وكفاءة استخدام المياه :

أ- في الأكل والشرب (الثلث) :

عن المقدام بن معد كرب قال سمعت رسول الله صلى الله عليه وسلم يقول : (ما ملأ آدمي وعاء شرا من بطن بحسب ابن آدم أكلات يقمن صلبه فإن كان لا محالة فثلث لطعامه وثلث لشرابه وثلث لنفسه) . سنن الترمذي – كتاب الزهد عن رسول الله – حديث رقم (٢٣٠٢).

ب- في الطهارة :

- المد في الوضوء والصاع في الاغتسال .

عن ابن جبر قال سمعت أنسا يقول : (كان النبي صلى الله عليه وسلم يغسل أو كان يغتسل **بالصاع** إلى خمسة أمداد ويتوضأ **بالمد**). صحيح البخاري – كتاب الوضوء – حديث رقم (١٩٤).

٥- مقدار الماء الذي لاينجس :

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم : (إذا بلغ الماء قلتين لم ينجسه شيء) سنن ابن ماجه – كتاب الطهارة وسننها – حديث رقم (٥١٠)

٦- سياسة وأولويات الاستفادة من المحاصيل الزراعية وأساليب تخزينها :

أوضحت آيات القرآن الكريم في سورة يوسف عليه السلام سياسة تخزين القمح وأساليبه، بتركه لسنوات في سنابله لحمايته من الفساد بالتسوس، ذلك أن الزراعة من أكثر العمليات التي تستهلك المياه، وبالتالي فإن المحافظة على المحاصيل الزراعية من الفساد والعطب والتلف،ومن سوء الاستهلاك،ومن الإسراف في أكلها وطهيها بكميات تفوق الحاجة؛يعد محافظة على المياه لذا نجد أن الشريعة الإسلامية اعتنت بالمحافظة على المنتجات الزراعية وبينت أساليب حفظ بعض من أهم تلك المحاصيل وهو القمح قال تعالى:(يوسف أيها الصديق أفتنا في سبع بقرات سمان يأكلهن سبع عجاف وسبع سنبلات خضر وأخر يابسات لعلي أرجع إلى الناس لعلهم يعلمون)(قال تزرعون سبع سنين دأباً فما حصدتم **فذروه في سنبله** إلا قليلاً مما تأكلون)(ثم يأتي من بعد ذلك سبع شداد يأكلن ما قدمتم لهن إلا قليلاً مما تحصنون)(ثم يأتي من بعد ذلك عام فيه **يغاث الناس وفيه يعصرون)**

(يوسف : ٤٦-٤٩)

٧- جواز أخذ الأجرة على السقيا :

قال الله تعالى (فَجَاءَتْهُ إِحْدَاهُمَا تَمْشِي عَلَى اسْتِحْيَاء قَالَتْ إِنَّ أَبِي يَدْعُوكَ لِيَجْزِيَكَ أَجْرَ مَا سَقَيْتَ لَنَا فَلَمَّا جَاءهُ وَقَصَّ عَلَيْهِ الْقَصَصَ قَالَ لَا تَخَفْ نَجَوْتَ مِنَ الْقَوْمِ الظَّالِمِينَ) – سورة القصص (٢٥).

رابعاً : منهج الشريعة الإسلامية في تنمية مصادر المياه :

تميز منهج الشريعة الإسلامية في تنمية مصادر المياه باعتماده على أساليب مختلفة منها ماهو معنوي ومنها ماهو مادي . وإذا كانت طبيعة الأساليب المعنوية تتباين مع الأساليب المادية من حيث كنهها والجهود والتكاليف التي تبذل عند تبني أحد نوعي الأساليب إلا أن الشريعة الإسلامية قد أوجدت ما يجمع بين تلك الأساليب في كونها عبادة لله حيث يؤجر عليها فاعلها في الدنيا والآخرة إضافة إلى مايتحقق له من مكاسب مادية ، وفيما يلي تفصيل ذلك :

١- الوسائل المعنوية لتنمية مصادر المياه :

أ- طاعة الله تعالى : قال سبحانه : (وَأَلَّوِ اسْتَقَامُوا عَلَى الطَّرِيقَةِ لَأَسْقَيْنَاهُمْ مَاءً غَدَقاً) (الجـــن:١٦)

ب- شكر النعم : قال الله تعالى : (وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ) (ابراهيم:٧)

ج- الاستغفار : قال عز وجل : (فَقُلْتُ اسْتَغْفِرُوا رَبَّكُمْ إِنَّهُ كَانَ غَفَّاراً – يُرْسِلِ السَّمَاءَ عَلَيْكُمْ مِدْرَاراً) (نوح ١٠-١١)

د- الدعاء : قال سبحانه : (وَقَالَ رَبُّكُمُ ادْعُونِي أَسْتَجِبْ لَكُمْ) (غافر:٦٠)

هـــ- صلاة الاستسقاء .

و- ترك المعاصي والذنوب وعدم منع الزكاة :

عن ابن عمر رضي الله عنهما عن النبي صلى الله عليه وسلم قال (لم تظهر الفاحشة في قوم إلا ظهر فيهم الطاعون والأوجاع التي لم تكن في أسلافهم ولا نقصوا المكيال والميزان إلا أخذوا بالسنين وشدة المؤنة وجور السلطان، ولم يمنعوا زكاة أموالهم إلا منعوا القطر من السماء ، ولولا البهائم لم يمطروا ، ولم ينقضوا عهد الله ولا عهد رسوله إلا سُلط عليهم

عدوهم فأخذهم بعض ما كان في أيديهم، وإذا لم يحكم أئمتهم بكتاب الله إلا جعل الله بأسهم بينهم) أخرجه ابن ماجه ، وصححه الألباني – كتاب العقوبات – حديث رقم (٤٠٠٩).

٢– الوسائل المادية لتنمية مصادر المياه :

أ– حفر الآبار :

قال النبي صلى الله عليه وسلم : (من يحفر بئر رومة فله الجنة فحفرها عثمان وقال من جهز جيش العسرة فله الجنة فجهزه عثمان) . صحيح البخاري

أن رسول الله صلى الله عليه وسلم قال (من يبتاع بئر رومة غفر الله له فابتعته بكذا وكذا فأتيت رسول الله صلى الله عليه وسلم فقلت قد ابتعتها بكذا وكذا قال اجعلها سقاية للمسلمين وأجرها لك) سنن النسائي – كتاب الأحباس – حديث رقم (٣٥٥٠)

ب– إعادة استخدام المياه المعالجة :

صدر قرار هيئة كبار العلماء بالمملكة العربية السعودية ذو الرقم ٦٤ في ١٥/١٠/ ١٣٩٨هـ بجواز استعمال المياه المعالجة بعد تنقيتها التنقية الكاملة بحيث تعود إلى خلقتها الأولى وذلك في الطهارة والشرب ، وقد تضمن مايلي: (بناءً على ما ذكره أهل العلم من أن الماء الكثير للتغير بنجاسة يطهر إذا زال تغيره بنفسه أو بإضافة ماء طهور إليه أو زال تغيره بطول مكث أو تأثير الشمس ومرور الرياح عليه أو نحو ذلك لزوال الحكم بزوال علته . وحيث إن المياه المتنجسة يمكن التخلص من نجاستها بعدة وسائل وحيث أن تنقيتها وتخليصها مما طرأ عليها من النجاسات بواسطة الطرق الفنية الحديثة لأعمال التنقية يعتبر من أحسن وسائل الترشيح والتطهير حيث يبذل الكثير من الأسباب المادية لتخليص هذه المياه من النجاسات كما يشهد بذلك ويقرره الخبراء المختصون بذلك ممن لا يطرق الشك إليهم في عملهم وخبرتهم وتجاربهم .

لذلك فإن المجلس يرى طهارتها بعد تنقيتها التنقية الكاملة بحيث تعود إلى خلقتها الأولى لا يرى فيها تغير بنجاسة في طعم ولا ريح ويجوز استعمالها في إزالة الأحداث والأخباث وتحصل الطهارة بها منها كما يجوز شربها إلا إذا كانت هناك أضرار صحية تنشأ عن استعمالها فيمنع ذلك محافظة على النفس وتفادياً للضرر لا لنجاستها .

والمجلس إذ يقرر ذلك يستحسن الاستغناء عنها في استعمالها للشرب متى وجد إلى ذلك سبيل احتياطاً للصحة واتقاءً للضرر وتنزها عما تستقذره النفوس وتنفر منه الطباع؛والله الموفق.وصلى الله على نبينا محمد وعلى آله وصحبه وسلم)

ج– التمويل الخيري لمشروعات المياه وتشغيلها وصيانتها :

ويشمل ذلك إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتنقيتها لإعادة استخدامها، وبناء السدود ، وإنشاء محطات تحلية المياه ، وبناء الخزنات لحفظ المياه ، وتشغيلها وصيانتها.

قال رسول الله عليه السلام (إذا مات ابن آدم انقطع عمله إلا من ثلاث.صدقة جارية أو علم ينتفع به أو ولد صالح يدعو له).

وقد صدرت فتوى اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء بالمملكة العربية السعودية ذات الـــرقم(٢٢٦٠٠) وتـــاريخ ١٤٢٤/١/٣٠هـــ إجابة على سؤال كان نصه (هل يجوز أن يتصدق المسلم ويتبرع أو يجعـــل وقـــفاً على إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتنقيتها لإعادة استخدامها ؟ وهل يعد ذلك من الصدقات الجارية بعد وفاته ؟)

وبعد دراسة اللجنة للاستفتاء أفادت بأن الأصل في الماء الطهارة ،ومياه المجاري إذا خالطتها نجاسة من البول والغائط ونحوهـــا ، وكررت وخلصت من النجاسة وزال منها ريح النجاسة وطعمها ولونها فإنها تصير طاهرة وإلا فهي متنجسة بما بقي فيها من آثار النجاسة ومظاهرها .

وأما بالنسبة للإجابة عن السؤال **فإنه يجوز أن يتصدق المسلم أو يجعل وقفاً على إنشاء المحطات المعالجة لمياه الصرف الصحي وتنقيتها ، لإعادة استخدامها ، ويعد ذلك من الصدقة الجارية .**

كما صدرت فتوى اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء بالمملكة العربية السعودية ذات الـــرقم(٢٢٩٣٦) وتـــاريخ ١٤٢٥/٣/١٥هـــ إجابة على سؤال كان نصه :(هل يعد ما يتصدق به المسلم على إنشاء السدود لحجز المياه ، وعلى إنشاء محطات تحلية المياه ، وعلى بناء الخزانات لحفظ مياه الشرب والسقيا والزراعة واستخدامها لعموم الناس فيما يلزم لحياة الإنسان هل يعد ذلك من الصدقات الجارية؟ وهل يجوز للمسلم أن يجعل وقفاً على تلك الأعمال بما يســـهم في توفير مياه الشرب للمخلوقات الحية مجاناً ، وفي ترخيص أسعار المياه للاستخدامات الأخرى ؟)

وبعد دراسة اللجنة للاستفتاء أجابت **بأن هذه الأعمال مشروعة وتعد من الصدقة الجارية ، كما يشرع للمسلم أن يجعل وقفاً على هذه الأعمال إسهاماً منه في دعم هذه المشروعات الخيرية .**

٣- السياسات المالية :

ويتمثل ذلك في زكاة الزروع حيث فرضت الشريعة الإسلامية الزكاة ١٠% في الزروع التي تسقى بمياه الأمطار والعيون ، و٥% لما يسقى بمؤنه وكلفة؛ وتعد هذه سياسة مالية حافزة على إيجاد مصادر جديدة للماء بأساليب ذات تكلفة منخفضة.

قال النبي صلى الله عليه وسلم : (فيما سقت السماء والعيون أو كان عثريا العشر وما سقي بالنضح نصف العشر) رواه البخاري – كتاب الزكاة – حديث رقم (١٣٨٨)

النتائج

يتضح مما سبق أن الشريعة الإسلامية قد أوجدت توازناً بين ندرة المياه وتوفرها وتنمية مصادرها من جهة ، وبين استهلاك المياه والمحافظة عليها وحمايتها من جهة ثانية ، وبين تكاليف استخراجها وإيصالها للمستفيد من جهة ثالثة، وأنها اهتمت اهتماما بالغا بالماء من خـــلال مايلي :

١- بيان أهمية الماء ومكانته ، وذكره في الكتاب والسنة في مواضع كثيرة عرفت بقدم خلقة وبواقعه وأنواعه وأوضاعه .

٢- أن القران الكريم والأحاديث الشريفة فصلت أهم استخدامات الماء وفوائده للإنسان وسائر المخلوقات وفي الزراعة والتجارة والصناعة وغير ذلك.

٣- أن الشريعة الإسلامية سنت ضوابط ووضعت تنظيما دقيقا للمحافظة على الماء وعدم الإسراف في استعماله ، ولتـــنمية مصادره ، كما حضت على الإفادة مما يستجد من وسائل وتقنيات في هذه المجالات .

٤- أن الشريعة الإسلامية ركزت في ضوابط المحافظة على المياه وتنمية مصادرها على الإنسان - المستخدم الرئيسي للماء - لما حباه الله به من عقل ، ولما يقع فيه من خطأ ، ويتعرض له من نسيان ، وماقد يعتريه من حب للسيطرة ومنع للعطاء .

٥- أن القرآن الكريم بين للناس سياسة المحافظة على المنتجات الزراعية ، وأولويات الإفادة منها ، وأسلوب تخزين القمح وحفظه من الفساد بالتسوس ، ليكون ذلك نبراسا يقتدى به لحفظ المنتجات في ضوء أن الزراعة أكبر مستهلك للماء .

٦- أن الشريعة الإسلامية دعت إلى توفير الماء للاستخدامات الضرورية الحيوية مجانا ، إلا أنها أجازت الأجرة على جلب الماء .

التوصيات

يوصى بالاستفادة من المبادئ والسياسات والحلول التي أقرتها الشريعة الإسلامية للمحافظة على الموارد المائية وحمايتها وتنمية مصادرها ، وأن تقر السياسات والاستراتيجيات المتعلقة بالإدارة المتكاملة للموارد المائية في دول مجلس التعاون الخليجي آخذة في الاعتبار تلك المبادئ والسياسات والحلول لما سيتحقق بناء على الجانب الديني من تكامل بين الثلاث قطاعات العام والخاص والخيري في مجال إدارة المياه ؛ ويوصى على وجه الخصوص بالتالي:

أولاً : إدراج سياسة التمويل الخيري لمشروعات المحافظة على المياه وحمايتها وتنمية مصادرها وتوزيعها وإنشاء بنيتها التحتية وتشغيلها وصيانتها ضمن سياسات تمويل مشروعات المياه .

ثانيا : العمل بالفتاوى الصادرة من هيئة كبار العلماء ، واللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء في المملكة العربية السعودية ونشرها وتفعيلها من خلال :

١. الاستناد إلى الفتاوى في الحملات الإعلامية والدعائية لإقناع الناس بشكل عام ، وتشجيعهم على تمويل مشروعات زيادة مصادر المياه عن طريق التبرع والوقف، وعلى إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي،وعلى تقبل استخدام المياه المعالجة ، وحضهم على ذلك.

٢. إنتاج مياه صالحة للاستخدامات المختلفة وبتكاليف منخفضة عن طريق التمويل الخيري لمشروعات إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتشغيلها وصيانتها ونقل المياه المعالجة وتوزيعها.

إقناع عدد أكبر من المستثمرين على استثمار أموالهم في تمويل مشروعات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها وتشغيلها وصيانتها.

ثالثاً : تبني سياسة العمل التطوعي الاحترافي في مشروعات المياه - أينما كان ذلك ممكنا- خاصة في الحملات التوعوية والترويجية .

رابعاً : أن تستعين الجهات المعنية بإدارة المياه وتنمية مصادرها بمستشارين شرعيين من ذوي الاهتمامات والخلفية في مجال المياه.

خامساً : سرعة تكوين جمعية خيرية للمحافظة على الموارد المائية وحمايتها وتنمية مصادرها .

سادساً : التركيز في برامج وحملات التوعية للاقتصاد في استهلاك المياه على المحافظة على الزراعة والمنتجات الزراعية في جميع مراحلها من البذر والري والحصاد والنقل والتسويق والتداول والتخزين و البيع والاستهلاك باعتبار أن الزراعة من أكثر القطاعات استهلاكا للمياه (١٠ % من المياه المستخدمة في الزراعة > ١٠٠ % من الاستخدام البلدي للمياه) .

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على رسول الله وعلى آله وصحبه أجمعين.

المراجع

١. القرآن الكريم
٢. السنة النبوية
٣. عبدالباقي ، م ، (سنة النشر) المعجم المفهرس لألفاظ القرآن الكريم ، (الناشر)

بسم الله الرحمن الرحيم

المملكة العربية السعودية — الرقـــم :.....
رئاسة إدارة البحوث العلمية والإفتاء — التاريـــخ :.....
الأمانة العامة لهيئة كبار العلماء — المرفقـــات:.....

فتوى رقم (٢٢٩٣٦) وتاريخ ١٥ /٣ /١٤٢٥هـ

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لانبي بعده..... وبعد :

فقد اطلعت اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء على ما ورد إلى سماحة المفتي العام من المستفتي /أحمد بن عبدالله سرور الصبان المحال إلى اللجنة من الأمانة العامة لهيئة كبار العلماء برقم (١٨٣٣) وتاريخ ١٤٢٥/٢/٢٨هـ وقد سأل المستفتي سؤالاً هذا نصه :

(فأسأل الله لسماحتكم وللمسلمين دوام العون والتوفيق والسداد في القول والعمل . آمين، وأخبركم أنه في ضوء النقص الحاد في المياه الصالحة للشرب ولسقيا المزروعات ، فإن من التدابير التي تتخذها الدول والمجتمعات المسلمة وغيرها بناء السدود بأنواعها المختلفة لحجز المياه (سواء كانت مياه أمطار أم أنهار) بما يسهم في توفيرها في الآبار والعيون للشرب والزراعة وغيرها من الاستخدامات ، كما أن من التدابير المتخذة تحلية المياه،مثل مياه البحر والآبار المالحة ، إضافة إلى بناء الخزانات بمختلف أحجامها لحفظ الماء واستخدامه عند الحاجة السؤال حفظكم الله : هل يعد ما يتصدق به المسلم على إنشاء السدود لحجز المياه ، وعلى إنشاء محطات تحلية المياه ، وعلى بناء الخزانات لحفظ مياه الشرب والسقيا والزراعة واستخدامها لعموم الناس فيما يلزم لحياة الإنسان ، هل يعد ذلك من الصدقات الجارية ؟ وهل يجوز للمسلم أن يجعل وقفاً على تلك الأعمال بما يسهم في توفير مياه الشرب للمخلوقات الحية مجاناً ، وفي ترخيص أسعار المياه للاستخدامات الأخرى ؟ آمل من سماحتكم الإفادة ، والله يحفظكم ويرعاكم .والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته ،،

وبعد دراسة اللجنة للاستفتاء أجابت بأن هذه الأعمال مشروعة وتعد من الصدقة الجارية ، كما يشرع للمسلم أن يجعل وقفاً على هذه الأعمال إسهاماً منه في دعم هذه المشروعات الخيرية ، وصلى الله على نبينا محمد وآله وصحبه وسلم ،،،،،،

اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء

عضو	عضو	الرئيس
أحمد بن علي سير المباركي	صالح بن فوزان الفوزان	عبدالعزيز بن عبدالله بن محمد آل الشيخ

عضو	عضو
عبدالله بن محمد المطلق	عبدالله بن على الركبان

بسم الله الرحمن الرحيم

المملكة العربية السعودية — الرقـــم :.....

رئاسة إدارة البحوث العلمية والإفتاء — التاريـــخ :.....

الأمانة العامة لهيئة كبار العلماء — المرفقـــات:.....

فتوى رقم (٢٢٦٠٠) وتاريخ ٣٠/ ١ /١٤٢٤هـ

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لانبي بعده..... وبعد :

فقد اطلعت اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء على ما ورد إلى سماحة المفتي العام من المستفتي /أحمد بن عبدالله سرور الصبان المحال إلى اللجنة من الأمانة العامة لهيئة كبار العلماء برقم (١٢٢٨٨) وتاريخ ١٤٢٣/١١/٢٤هـ وقد سأل المستفتي سؤالاً هذا نصه :سماحة الشيخ نحمد الله على ما من به علينا من النعم العظيمة والتي من أهمها نعمة الماء، ولا يخفى على سماحتكم ما يحدث من نقص في الماء نتيجة زيادة الاستهلاك ، وأحياناً بسبب الإسراف في استعماله من بعض الناس، إضافة إلى تأخر نزول الغيث ، الأمر الذي أدى إلى ظهور أجهزة لمعالجة مياه الصرف الصحي وتنقيتها، وإعادة استخدامها لعدد من الأغراض مما يخفف من استعمال مياه الآبار الجوفية والأمطار ويوفر كميات منها للاستخدامات الأساسية من شرب واغتسال وطبخ وطهارة .

والسؤال حفظكم الله :

هل يجوز أن يتصدق المسلم ويتبرع أو يجعل وقفاً على إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتنقيتها لإعادة استخدامها ؟ وهل يعد ذلك من الصدقات الجارية بعد وفاته ؟

آمل من سماحتكم الإفادة والله يحفظكم ويرعاكم .

وبعد دراسة اللجنة للاستفتاء أجابت بأن الأصل في الماء الطهارة ، ومياه المجاري إذا خالطتها نجاسة من البول والغائط ونحوها ، وكررت وخلصت من النجاسة وزال منها ريح النجاسة وطعمها ولونها فإنها تصير طاهرة وإلا فهي متنجسة بما بقي فيها من آثار النجاسة ومظاهرها .

وقد صدر من مجلس هيئة كبار العلماء بالمملكة قرار تفصيلي في ذلك نرفقه لك للفائدة .

وأما بالنسبة لما سألتم عنه فإنه يجوز أن يتصدق المسلم أو يجعل وقفاً على إنشاء المحطات للمعالجة لمياه الصرف الصحي وتنقيتها ، لإعادة استخدامها ، ويعد ذلك من الصدقة الجارية .. وبالله التوفيق.

وصلى الله على نبينا محمد وآله وصحبه وسلم ،،،،،

اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء

عضـــو	عضـــو	الرئيـــس
عبدالله بن على الركبان	أحمد بن علي سير المباركي	عبدالعزيز بن عبدالله بن محمد آل الشيخ

عضـــو

عبدالله بن محمد المطلق

بسم الله الرحمن الرحيم

المملكة العربية السعودية — الرقـــم :.....

رئاسة إدارة البحوث العلمية والإفتاء — التاريـــخ :.....

الأمانة العامة لهيئة كبار العلماء — المرفقـــات:.....

قرار رقم (٦٤) وتاريخ ١٣٩٨/١٠/٢٥هـ

الحمد لله وحده وصلى الله وسلم على من لا نبي بعده محمد وعلى آله وصحبه وبعد ..

ففي الدورة الثالثة عشرة لهيئة كبار العلماء المنعقدة في النصف الآخر من شهر شوال ١٣٩٨هـ بمدينة الطائف وبناءً على رغبة المجلس التأسيسي لرابطة العالم الإسلامي في إحالة موضوع الاستفتاء الوارد إلى الرابطة من رئيس تحرير جريدة (مسلم نيوز) الصادرة بكيب تون إلى هيئة كبار العلماء لإعداد بحث في الموضوع وتقرير ما تراه الهيئة نحوه والمتضمن الإفادة بأن المسلمين في تلك الجهة يواجهون مشكلة كبيرة بسبب ما أقدم عليه مجلس مشروع التحقيقات العالية والصناعية الذي يعمل على إنتاج ماء للشرب النقي من مياه المجاري وأنهم يسألون عن حكم استعمال هذه المياه بعد تنقيتها للوضوء .

بناءً على ذلك فقد اطلع المجلس على البحث المعد في ذلك من قبل اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء كما اطلع المجلس على خطاب معالي وزير الزراعة والمياه رقم ١٢٩٩/١ بتاريخ ١٣٩٨/٥/٣٠هـ وبعد البحث والمداولة والمناقشة قرر المجلس ما يلي :

بناءً على ما ذكره أهل العلم من أن الماء الكثير المتغير بنجاسة يطهر إذا زال تغيره بنفسه أو بإضافة ماء طهور إليه أو زال تغيره بطول مكث أو تأثير الشمس ومرور الرياح عليه أو نحو ذلك لزوال الحكم بزوال علتـــه .

وحيث إن المياه المتنجسة يمكن التخلص من نجاستها بعدة وسائل وحيث أن تنقيتهـــا وتخليصها مما طرأ عليها مـــن النجاسات بواسطة الطرق الفنية الحديثة لأعمال التنقية يعـــتـــبـــر من أحسن وسائل الترشيح والتطهير حيـــث يبـــذل الكثير من الأسباب المادية لتخليص هذه الميـــاه من النجاسات كما يشهد بذلك ويقرره الخبراء المختصون بذلك ممن لا يطرق الشك إليهم في عملهم وخبرتهم وتجاربهم .

لذلك فإن المجلس يرى طهارتها بعد تنقيتها التنقية الكاملة بحيث تعود إلى خلقتهـــــا الأولى لا يرى فيهـــا تغـــير بنجاســـة في طعـــم ولا ريـــح ويجـــوز استعمـــالهـــــا في إزالة الأحداث والأخباث وتحصل الطهـــــارة بـــهـــــا مـــنـــهـــا كما يجوز شربها إلا إذا كانت هناك أضرار صحية تنشأ عن استعمالها فيمنع ذلك محافظة على النفس وتفادياً للضرر لا لنجاستها .

والمجلس إذ يقرر ذلك يستحسن الاستغناء عنها في استعمالها للشرب متى وجد إلى ذلك سبيل احتياطاً للصحة واتقاءً للضرر وتنـــزها عما تستقذره النفوس وتنفر منه الطباع .

والله الموفق . وصلى الله على نبينا محمد وعلى آله وصحبه وسلم .

هيئة كبار العلماء

بسم الله الرحمن الرحيم

المملكة العربية السعودية — الرقـــم :.....

رئاسة إدارة البحوث العلمية والإفتاء — التاريـــخ :.....

الأمانة العامة لهيئة كبار العلماء — المرفقـــات:.....

فتوى رقم (٢١٦٨١) وتاريخ ٦/ ٩ /١٤٢١هـ

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لانبي بعده..... وبعد :

فقد اطلعت اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء على ما ورد إلى سماحة المفتي العام من سعادة/ اللواء الطبيب مدير مستشفى القوات المسلحة بالرياض والخرج والمحال إلى اللجنة من الأمانة العامة لهيئة كبار العلماء برقم(٥٢٦٥) وتاريخ ١٤٢١/٨/٢٣هـ وقد سأل سعادته سؤالاً هذا نصه :

(توجد لدينا بمستشفى القوات المسلحة بالرياض والخرج مساحات خضراء وبعض الشجيرات والأزهار ، وهذه المزروعات تروى من مياه مجاري المستشفى بعد تصفيتها.

وفي أثناء عملية الري قد يصيب ثياب المارة من العاملين أو المراجعين شيء منها ، علماً بأنه في بعض الأحيان تكون لهذه المياه رائحة كريهة .

نرجو من سماحتكم أن تفتونا حول طهارة الثياب إذا أصابها شيء من هذا الماء ، ومرفق به خطاب الشؤون الفنية عن الكيفية التي تتم بها عملية التنقية .

جزاكم الله خيراً وجعلكم ذخراً للإسلام والمسلمين .

وبعد دراسة اللجنة للاستفتاء أجابت بأنه إذا كان الماء الذي يضخ إلى الحدائق والأشجار فيه شيء من أوصاف النجاسة من طعم أو لون أو رائحة فهو نجس وبه يتنجس ما يصيبه من بدن أو ثوب أو مكان ، أما إذا زالت الأوصاف الثلاثة فلا يتنجس ما أصابه هذا الماء من بدن أو ثوب أو مكان أو غير ذلك .. وبالله التوفيق .

وصلى الله على نبينا محمد وآله وصحبه وسلم ،،،،،،

اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء

عضـــو	الرئيـــس
عبدالله بن عبدالرحمن الغديان	عبدالعزيز بن عبدالله بن محمد آل الشيخ
عضـــو	عضـــو
بكر بن عبدالله أبو زيد	صالح بن فوزان الفوزان

بالتعاون مع :

- جامعة الخليج العربي
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية
- الوكالة الدولية للطاقة الذرية
- جامعة الأمم المتحدة
- المنظمة العالمية للتحلية
- الجمعية الأوربية للتحلية
- المركز الدولي للزراعة الملحية
- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
- البنك الدولي

IAEA

UNU

IDA

European Desalination Society