مؤتمر الخليج الخامس

للمياه

٢٤ - ٢٨ مارس ٢٠٠١م الدوحة، دولة قطر

المجلد العربي

جمعية علوم وتقنية المياه

وزارة الشئون البلدية والزراعية
المؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء
جامعة قطر

تحت رعاية

سمو الشيخ جاسم بن حمد آل ثاني

ولي العهد بدولة قطر الموقر

مؤتمر الخليج الخامس للمياه

"الأمن المائي في الخليج"

29 ذو الحجة، 1421هـ - 3 محرم، 1422هـ، الموافق 24- 28 مارس، 2001م،

الدوحة - دولة قطر

وثائق المؤتمر

الجهات المنظمة للمؤتمر

ينظم المؤتمر جمعية علوم وتقنية المياه بالتعاون مع

الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية

وزارة الشئون البلدية والزراعة (قطر)

المؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء (قطر)

جامعة قطر

وبدعم من :

الاتحاد العالمي للتحلية (IDA)

جمعية التحلية الأوربية (EDS)

برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغرب آسيا (ROWA/UNEP)

مكتب اليونسكو بالقاهرة

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (ESCWA)

مؤتمر الخليج الخامس للمياه

"الأمن المائي في الخليج"

29 ذو الحجة، 1421هـ — 3 محرم، 1422هـ،

الموافق 24 — 28 مارس، 2001م،

الدوحة — دولة قطر

اللجنة العليا للمؤتمر

السيد عبداللطيف إبراهيم المقرن	رئيس المؤتمر
السيد صادق حسن إبراهيم	نائب الرئيس
السيد علي رضا حسين	أمين السر
السيد كمال الدين العيدروس	الأمين المالي
السيد عبدالرحمن محمد المحمود	عضو الهيئة الإدارية

اللجنة العلمية للمؤتمر

أ. د. عبدالوهاب رجب بن صادق	الرئيس
السيد صادق حسن إبراهيم	نائب الرئيس
د. أديبه عيسى الحربان	عضوا
السيد إبراهيم عبدالعزيز الصقعبي	عضوا

اللجنة التنظيمية للمؤتمر

السيد عبدالرحمن محمد المحمود	الرئيس
السيد علي رضا حسين	نائب الرئيس
السيد كمال الدين العيدروس	الأمين المالي
الشيخ خالد بن ثامر آل ثاني	لجنة الاستقبال والمواصلات
السيد عبداللطيف خالد المانع	لجنة الإسكان
د. علي عبدالله الحرقان	لجنة السكرتارية
د. سيف علي الحجري	اللجنة الإعلامية
السيد يعقوب عبدالله الحاج	لجنة الزيارات والبرامج الميدانية والسياحية
السيد محمد جاسم السوج	لجنة التسجيل
السيد عبدالرحمن صالح المحمدي	مقرر اللجنة
السيد حمد راشد الكواري	عضو اللجنة
الملازم علي حسن الكبيسي	عضو اللجنة
السيد إبراهيم عبدالله المسماري	عضو اللجنة

اللجنـــة الإعلاميـــة للمؤتمر

السيد عبداللطيف إبراهيم المقرن	الرئيس
السيد علـــي رضـــا حسين	نائب الرئيس
د. سيف علي الحجري	عضواً
السيد خليفة إبراهيم المنصور	عضواً

مراجعي الأوراق العلميـــة

أ. د. إبراهيم صالح المعتاز	جامعة الملك سعود
أ. د. رشيد إبراهيم الليلاء	جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
أ. د. عبدالعزيز الطرباق	جامعة الملك سعود
أ. د. عبدالوهاب رجب بن صادق	جامعة الملك سعود
أ. د. علاء الدين الظواهري	جامعة القاهرة
أ. د. عمر سراج أو رزيرة	جامعة الملك عبدالعزيز
أ. د. ماهر البسيوني حسين	جامعة الملك سعود
د. جـــواد السليمي	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. طه عثمان الفراء	جامعة الملك سعود
د. عائشة عبدالله السبيعي	المؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء
د. عبدالله محمد الرحيلي	جامعة الملك سعود
د. عصام الدين السيد	معهد الكويت للأبحاث العلمية
د. علي سعد الطخيس	وزارة الزراعة والمياه
د. فهد عبدالعزيز المانع	جامعة الملك سعود
د. فهمي حسن العلي	الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية
د. محمد إبراهيم البريثن	وزارة الزراعة والمياه
د. محمد عبدالله الزهراني	جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
د. محمد علي درويش	جامعة الكويت
د. نادر البستكي	جامعة البحرين
د. وليد أحمد عبدالرحمن	معهد البحوث، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
د. وليد خليل الزباري	جامعة الخليج العربي، البحرين
د. يحيي أحمد النابلسي	جامعة الملك فيصل
السيد مصطفي نوري عثمان	استشاري مياه، جـــدة

لجنـــة النتائـــج والتوصيـــات

أ. د. عبدالعزيز الطرباق	جامعة الملك سعود، الرياض – رئيس
م. محمد عبدالكريم الصوفي	المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، الجبيل — نائب الرئيس
أ. د. عمر سراج أو رزيرة	جامعة الملك عبدالعزيز
أ. د. محمد أمين منديل	جامعة الإسكندرية، مصر
د. عائشة عبدالله السبيعي	المؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء، قطر
د. علي الجلعود	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، الرياض
د. وليد أحمد عبدالرحمن	معهد البحوث، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
د. وليد خليل الزباري	جامعة الخليج العربي، البحرين
م. سيف الشقصي	وزارة موارد المياه، سلطنة عمان
م. صادق حسن إبراهيم	معهد الكويت للأبحاث العلمية، الكويت
م. عدنان جمال الساعاتي	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، الرياض

مقـــدمـــة

الماء مطلب أساسي وضرورة من ضروريات الحياة ولا يستطيع الإنسان العيش بدونه بأي حال من الأحوال، والماء ليس حيوياً للإنسان فقط ولكنه لازم أيضا للحيوان والنبات والعديد من الأنشطة المختلفة للإنسان. وتتضح أهمية الماء في الدول الواقعة ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة ومنها دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، والتي شهدت معدلات نمو سكانية عالية بالإضافة إلى التوسع العمراني والزراعي والصناعي مما أسهم في زيادة الطلب على المياه وبالذات الجوفية منها، وهذا أدى إلى انخفاض مستوياتها وتدهور نوعيتها. وعلى الرغم من الجهود المضنية التي تقوم بها الجهات المسؤولة دول المجلس في مجال التزويد، إلا أن هناك خللاً واضحا بين كمية المصادر المائية المتاحة والطلب عليها . ومع زيادة إستمرار هذه المشكلة مستقبلاً فأن ندرة المياه في دول مجلس التعاون سيجعلها العائق الرئيسي للتنمية. وعليه فإن الحاجة ملحة في الوقت الحالي إلى التخطيط والإدارة المتكاملة لهذه الموارد المائية بشكل أكثر دقة، والذي يعد تحدياً كبيراً للمسؤولين عن المياه.

وينظم مؤتمر الخليج الخامس للمياه جمعية علوم وتقنية المياه بالتعاون مع الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية ووزارة الشؤون البلدية والزراعة والمؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء وجامعة قطر وبدعم من البنك الاسلامي للتنمية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة- المكتب الإقليمي لغرب آسيا (ROWA/UNEP) واللجنة الإقتصادية والإجتماعية لغربي آسيا (ESCWA) والاتحاد العالمي للتحلية (IDA).

ويسر اللجنة العلمية أن تتقدم بجزيل الشكر والإمتنان لجميع الأخوة مقدمي الأوراق العلمية وللأخوة الذين أسهموا في مراجعتها والمشاركين في المؤتمر، مع تطلعاتنا بأن تحقق نتائج وتوصيات هذا المؤتمر ما نهدف اليه جميعا للصالح العام لدولنا في جميع مجالات المياه المختلفة.

وللتأهيل لتحديات القرن الحادي والعشرين فقد تم إختيار شعار مؤتمر الخليج الخامس للمياه "الأمن المائي في الخليج" ليسهم المهتمون والباحثون وواضعو القرارات المائية في التوصل لتوصيات تساهم في ترشيد استخدام هذه المياه والحد من الاستنزاف الجائر في مواردها الحالية. كما يهدف هذا المؤتمر إلى العديد من الأهداف العامة ومنها تشجيع الدراسات والبحث

العلمي في مجالات علوم وتقنيات المياه لإيجاد ملتقى للمناقشة العلمية المفتوحة وتبادل الخبرات بين المهتمين بالمياه في دول مجلس التعاون من خلال المحاور الرئيسية للمؤتمر ومنها:-

1- المصادر المائية المتوفرة والبديلة (المياه الجوفية- المياه السطحية- مياه التحلية- مياه الصرف الصحي).

2- الإستخدامات الحالية (الآدمي- البلدي- الزراعي- الصناعي وغيرها والتوزيع الأمثل لهذه الإستخدامات).

3- الطرق الحديثة للإدارة المتكاملة لمصادر المياه (التقنيات الحديثة والأنظمة المساندة لتحقيق الإدارة المتكاملة لمصادر المياه والتشريعات الواجب إدخالها في الإدارة الحديثة).

4- التخطيط الحالي والمستقبلي للمحافظة على مصادر المياه (تقييم السياسات والخطط المائية الحالية والمستقبلية للإدارة المثلي وسبل تنميتها لتحقيق الأمن المائي).

5- الكوارث والتأثيرات البيئية وعلاقتها بمصادر المياه (التأثيرات البيئية والكوارث الطبيعية وطرق معالجتها).

6- التعاون الإقليمي في مجال السياسات المائية (إيجاد سياسات مائية مشتركة وإنشاء قاعدة بيانات مائية لدول مجلس التعاون في مجالات البحث العلمي والتقني).

7- ترشيد استخدامات المياه والتوعية (توعية المستهلك ودور الإعلام في ترشيد الإستخدام ووسائله المتاحة والمقترحة وقياس فعاليتها).

والله الموفق.

أ. د. عبدالوهاب رجب هاشم بن صادق

رئيس اللجنة العلمية

الفهـــــــــرس

تخطيط وإدارة الموارد المائية

سلطنة عمان نحو الأمن المائي 1
علاي بن أحمد المرجبي

الأمن المائي في المملكة العربية السعودية 15
سعيد سويلم التركي

حول عمل أطلس مائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية 51
د. طه بن عثمان الفرّاء

المياه الجوفية السطحية

دراسة مورفومترية تطبيقية لأحواض روافد وادي بيش
ووادي عتود (المملكة العربية السعودية) 73
د. محمد فضيل بوروبة

هيدروميناخية الأمطار في جبال السروات
بالمملكة العربية السعودية 107
د. جهاد محمد قربة

استخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار في تحسين المراعي الطبيعية 127
د. امحمد عبدالله الرزاقي، م. مفتاح علي الرابطي، م. حسين سعيد طالب، م. سليمان مهدي بالخير

الأساليب المتبعة لحماية المصادر المائية في سلطنة عمان 143
إعداد: م. سعاد بنت جعفر عبدالخالق

التحليل العنصري والهيدروكيميائي لمياه عين أم خريسان
بالأحساء، المنطقة الشرقية، المملكة العربية السعودية 159

أحمد عبدالقادر المهندس

إدارة الموارد المائية غير المتجددة باستخدام تقنيات
الاستشعار عن بُعد على مثال جنوب سورية 173
أحمد بلال، أسامة عمار

مياه التحلية

تقييم تشغيل وصيانة وحدات التناضح العكسي بمحطات منفوحة
محمد عبدالله الغنيمي، علي عبدالله المطلق، عبدالله عبدالعزيز الشايع، محمد جمال توفيق، 187
محمد محمد صالح

مسار تحلية المياه بدولة الكويت 203
م. خليفة محمد الفريج، م. عبدالله عوض العدواني، م. موسى خالد الرمح

الاستخدام الحضري للمياه

تلوث مياه الشرب بوسائط نقل وحفظ
مياه الشرب والسياسات المقترحة 219
م. خليفة محمد الفريج، م. عبدالله عوض العدواني، ك. محمد كمال عبدالعليم

مراقبة نوعية مياه الشرب وتكاليفها بدولة الكويت 243
م. خليفة محمد الفريج، ك. محمد كمال عبدالعليم، ك. حمد العجمي

أمثلية استخدام المياه في دول مجلس التعاون الخليجي 261
د. نوزار عبدالرحمن الهيتي، د. عصام عبدالحميد الحديثي

مزايا ترشيد استهلاك المياه بالنسبة للفرد والمجتمع 273
المهندس: إبراهيم محمد أبو عباة، الدكتور: حسن محمد الحاجي

ترشيد استخدامات المياه في القطاع المنزلي والزراعي
والصناعي في المملكة العربية السعودية 295
إعداد الدكتور: إبراهيم محمد علي الفقي

تقييم نوعية مياه الشرب في شبكة مياه مدينة الرياض 313
عبدالله بن عبدالرحمن المحيذيف، عبدالرحمن الحربي، سعدي السهلي

مياه الري

الزراعة الملحية: تكلفة المياه والإنتاج النباتي 323
د. بسام أحمد حاسبيني، د. شعيب إسماعيل، غازي جواد الجابري

تأثير استخدام كميات مختلفة من مياه الري على إنتاج البيوت المحمية من محصولي الطماطم والخيار في المملكة العربية السعودية 339
م. خليفة إبراهيم المنصور، أ.د. علاء الدين الظاهري، أ.د. إبراهيم صالح المعتاز، د. محمد جميل عبدالرزاق، محمود يوسف عبدالرحيم

تقويم مصادر مياه الري في منطقة الأحساء – المملكة العربية السعودية 351
يوسف بن يعقوب الدخيل

تأثير غسيل التربة والأمطار على استخدام المياه المالحة في الري 369
د. عصام محمد عبدالحميد الحديثي

جهاز التحكم الذاتي لنظام الري بالرش 385
د. عصام محمد عبدالحميد الحديثي

استخدام مياه الصرف الصحي في الري وتأثيره على التربة والنبات (دراسة حقلية بسلطنة عمان) 393
أحمد بن علي الشرياني

الاستفادة من مياه الصرف الصحي في الزراعة وغيرها 423
د. سعيد سويلم التركي

مقارنة كفاءة المياه للرغل المحلي والبرسيم 457
د. عبدالله مرزوق الهاجوج، وإلياس عثمان سيد أحمد

معالجة المياه العادمة

خصخصة خدمات المياه والصرف الصحي

تجارب منطقة مكة المكرمة ومنطقة المدينة المنورة 465

عادل أحمد بشناق

مقارنة الجرعات الفعلية مع الجرعات المحسوبة

نظرياً للكيماويات في محطات معالجة المياه 477

إبراهيم صالح المعتاز، محمد عبدالله الغنيمي، علي عبدالله المطلق، عبدالله عبدالعزيز الشايع

الإبداعات الهندسية في التقنيات الحديثة لأسلوب

معالجة تلوث المياه 493

أ.د. خليفة عبدالمقصود زايد

معالجة انسدادات المرشحات الدقيقة في محطة تنقية المياه في البويب

513

إبراهيم صالح المعتاز، علي عبدالله المطلق، علي عبدالله المطلق

سلطنة عمان نحو الأمن المائي

علاي بن أحمد المرجبي

نحـــو الأمـــن المائـــي

إعداد وتقديم : علاي بن أحمد المرجبي
وزارة موارد المياه – سلطنة عمان

الملخص

أدركت سلطنة عمان، ومنذ بداية النهضة التي شهدتها البلاد في عام 1970م قيمة المياه وأهميـــة الدور الذي تلعبه في تنمية البلاد، لذلك تم توظيف قدر كبير مـــن الاســـتثمارات وتوجيـــه العديـــد من المبادرات الحكومية للمحافظة على المياه وتطوير فعالية استخدامها وزيادة حجـــم المياه المتاحة، وذلك من خلال اكتشاف المزيد من الموارد المائية وإقامة المشروعات التي تهـــدف إلى صون وتعزيز الموارد المائية. وبالرغم من هذه الجهود، إلا أن الطلب على المياه مـــا زال في تزايد مطرد ويفوق معدلات التغذية الطبيعية، مما أدى إلى اختلال التوازن المائي بين العـــرض والطلب وحدوث عجز في إمدادات المياه في كثير من المناطق وأصبح إجمالي المياه المستهلكة في السلطنة يزيد بنسبة حوالي 25% عن الموارد المائية المتاحة حالياً.

لذلك بادرت حكومة السلطنة، ومنذ وقت مبكر، بإرساء الأسس التي تساعد على تطبيـــق الإجراءات اللازمة للحد من هدر المياه وحمايتها وترشيد استخدامها وذلك بوضع سياســـات مائية متزنة لإدارة الطلب على الموارد المائية بغرض تحقيق التوازن المطلـــوب بـــين العـــرض والطلب على المياه. فقد أعدت الدولة التشريعات المائية ووضعتها موضع التنفيذ لتنظيم عملية استغلال الموارد المائية، وطبقت نظام متزن لمنح أو منع تصاريح حفر أو تعميق الآبـــار مـــع تطبيق العقوبات الملائمة في حالة المخالفات، وأعلنت عن مناطق حماية حقول آبار إمـــدادات المياه تطبق فيها الضوابط التي تضمن حمايتها من التلوث والاستنـــزاف. كما اهتمت بـــأن يكون تطبيق هذه التشريعات يسير جنبا إلى جنب مع الجهود المبذولة لنشر الوعـــي بأهميـــة المحافظة على المياه بين أفراد المجتمع عبر القنوات الإعلامية المختلفة.

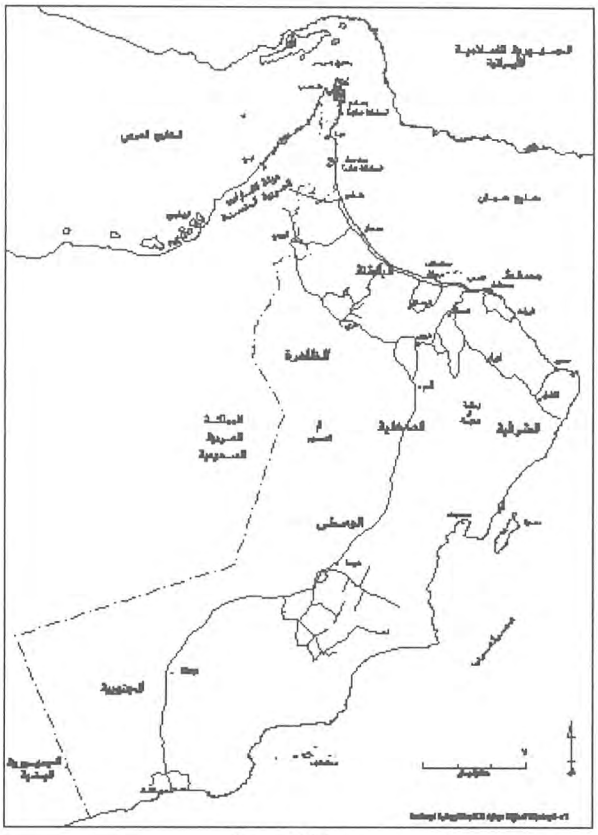
ومع التزام السلطنة باستمرار برامجها التنموية في المجالات المختلفة، وفي ظل الزيادة المتوقعة في عدد السكان، فهناك الكثير من التحديات في انتظار قطاع المياه بسبب الزيادة في الطلـــب علـــى المياه الذي سيصاحب ذلك التطور. لذلك فإن مشروع الخطة الوطنية لموارد الميـــاه

أعدته وزارة موارد المياه يرمى إلى وضع الاستراتيجيات اللازمة لاستغلال الموارد المائيـــة بمـــا يتلاءم مع أهداف التنمية الاجتماعية والاقتصادية المستقبلية وتوفير الأطر الفنية والتنظيمية الـــتي تحقق تلك الأهداف حتى عام 2020م.

مفاتيح كلمات:

سلطنة عمان ، وزارة موارد المياه ، الطلب على المياه ، الموارد المائية ، المياه المتاحة ، التوازن المائي ، مناطق حماية ، استكشاف ، التغذية الجوفية ، التلوث ، الاستنـــزاف ، الخطة الوطنية.

كما هي بقية دول منطقة الخليج العربية، تقع السلطنة في حزام المناطق الجافة وشبه الجافة (الشكل رقم 1) التي تتسم بقلة هطول الأمطار وتباين سقوطها من عام لعام أو انقطاعها لفترات طويلة أحياناً، مع ارتفاع في درجة الحرارة الذي يصاحبه ارتفاع في معدلات التبخر مما أضفى أهمية خاصة على الموارد المائية وضرورة حمايتها كماً ونوعاً وتنمية مصادرها.



الشكل رقم : 1 خريطة الموقع سلطنة عمان

ولقد أدركت حكومة سلطنة عمان، ومنذ وقت مبكر، بعد تولي جلالة السلطان قابوس بن سعيد مقاليد الحكم في عام 1970م قيمة المياه وأهمية الدور الذي تلعبه في تنمية البلاد، لذلك فقد تم توظيف قدر كبير من الاستثمارات وتوجيه العديد من المبادرات الحكومية نحو المحافظة على المياه وتطوير فعالية استخدامها وزيادة حجم المياه المتاحة.

وكانت المراسيم السلطانية (في عامي 1988 و 1989) بإعلان أن المياه ثروة وطنية وإنشاء وزارة متخصصة لموارد المياه تتويجاً لهذه الجهود في الاهتمام بقضايا المياه، وبذلك وضعت السلطنة الأسس السليمة لتنظيم وإدارة الموارد المائية لضمان استدامة هذا المورد الحيوي الهام وحمايته من الاستنزاف والتلوث.

واستمراراً لهذه الجهود ولتنظيم استغلال الثروة المائية الاستغلال الأمثل صدر مؤخرا (في عام 2000م) مرسوم سلطاني بشأن قانون حماية الثروة المائية والذي يؤكد مرة أخرى اهتمام وحرص السلطنة في المحافظة على مواردها المائية لتستفيد منها كل الأجيال .

جهود السلطنة في تنمية واستغلال موارد المياه

بذلت حكومة السلطنة جهوداً كبيرة في سبيل المحافظة على المياه وتنمية مصادرها وذلك من خلال ترشيد استغلالها، واكتشاف المزيد من الموارد المائية وإقامة المشروعات التي تهدف إلى صون وتغذية الموارد المائية الجوفية والسطحية.

كما تقوم خطط حكومة السلطنة على التصدي لظاهرة استنزاف المياه العذبة بكافة جوانبها والعمل على حل مشاكل المياه وذلك من خلال تطبيق اللوائح المنظمة لاستغلال الموارد المائية المتاحة واستكشاف وتنمية المزيد من مصادر المياه.

الموارد المائية

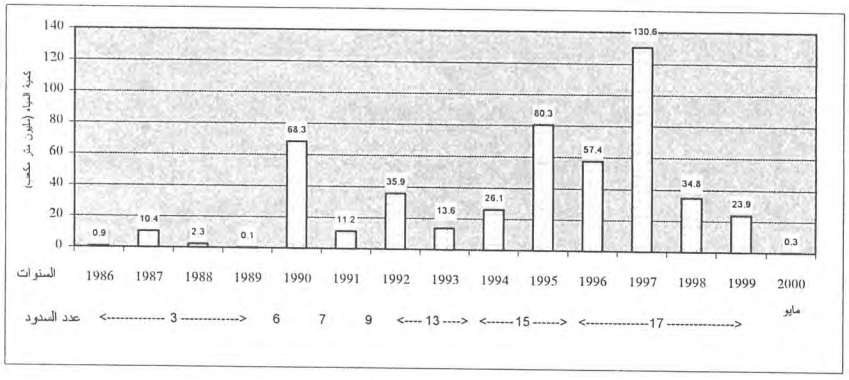
تنقسم الموارد المائية المستخدمة حاليا في السلطنة إلى مياه تقليدية طبيعية وأخرى غير تقليدية وسوف نعالج هذين الموردين كلاً على حده كما يلي:

– الموارد الطبيعية التقليدية

تعد مياه الأمطار المصدر الرئيسي لموارد المياه في السلطنة من خلال التغذية الجوفية السنوية للخزانات الجوفية المتجددة. وبسبب وقوعها في حزام المناطق الجافة تفتقر السلطنة إلى المياه السطحية دائمة الجريان. وما هو متاح لا يعدو بعض الأودية – التي تتدفق إثر هطول الأمطار– والتي لا يدوم تدفقها لأكثر من أيام أو أسابيع، وقد يصل تدفق بعضها إلى شهور في أحسن الحالات.

لذلك فإن الخزانات الجوفية تشكل المصدر الرئيسي للمياه العذبة في معظم أنحاء السلطنة، ولقد تركزت جهود حكومة سلطنة عمان في الكشف عن المياه مع بداية الخطة الخمسية الرابعة(1991 1995) على المناطق ذات الأولوية الأولى حيث أسفرت هذه الجهود عن اكتشاف خزانات جوفية تحتوي على كميات كبيرة من المياه، منها ما هو متجدد ومنها ما هو مختزن منذ الحقب المطيرة التي تعرضت لها السلطنة قبل آلاف السنين. وعليه فإن حكومة السلطنة تولى اهتماماً خاصاً لتنمية الخزانات الجوفية التي يتم اكتشافها في مختلف أنحاء البلاد.

وتلعب السدود دوراً مهماً في تنمية الموارد المائية والمحافظة عليها. لذلك فإن سدود التغذية الجوفية السبعة عشر والتي شيدت خلال الفترة من 1985 إلى 1996م قد تمكنت منذ تشغيلها وحتى نهاية عام 1999م من احتجاز نحو (500) مليون متر مكعب من مياه الأودية التي كانت تضيع هدراً (الشكل رقم 2)، فضلاً عن دورها في التخفيف من مخاطر الفيضانات .



الشكل رقم 2 : المياه المحتجزة بواسطة سدود التغذية الجوفية

كما أن سدود التخزين الصغيرة والهياكل المائية التي شيدت بالمناطق الجبلية تساعد على زيادة إمدادات المياه فيها، لذا فقد تم إنشاء (36) سد تخزيني صغير وهياكل مائية بنيابة الجبل الأخضر والمناطق المجاورة في إطار جهود الحكومة التي ترمي إلى مساعدة المواطنين القاطنين في تلك المناطق للحصول على ما يلزمهم من الماء.

– الموارد غير التقليدية :

ومن أهم هذه الموارد ما يلي :

مياه التحلية : وترتكز استخداماتها في السلطنة لأغراض الشرب، ومعظمها في العاصمة مسقط حيث يقدر حجم مياه التحلية في محافظة مسقط في الوقت الراهن بحوالي (51) مليون متر مكعب في السنة وتمثل أهم مورد مائي لسكان المحافظة الذين لا تلبي المياه الجوفية المستخرجة من حقول الآبار سوى حوالي 20% فقط من احتياجاتهم المائية. فضلاً عن ذلك توجد عدد من محطات التحلية ذات السعة الصغيرة والتي تقوم بدور بالغ الأهمية في إمداد المناطق النائية والقرى الساحلية بمياه الشرب ويقدر إجمالي حجم المياه المحلاة منها بحوالي (6) مليون متر مكعب في السنة.

وعلى الرغم من أن امتداد سواحل السلطنة التي تزيد على 1700 كيلومتر يعد عاملاً مساعداً للاستفادة من تحلية مياه البحر إلا أن تكلفتها لا تزال عالية وتقف حجر عثرة في طريق التوسع في إقامة المزيد من محطات التحلية، وحكومة السلطنة تتابع باهتمام التطور التقني الذي يعني بخفض تكاليفها .

مياه الصرف الصحي المعالجة : بدأت تلعب دوراً جديراً بالاعتبار مؤخراً في السلطنة، حيث يتم استغلالها بصورة متزايدة في أعمال التشجير والمزروعات التجميلية، مما يؤكد نجاحها في دعم بعض أنماط التنمية الزراعية، الأمر الذي سيمكن من توفير كميات المياه العذبة المستخدمة في ري تلك المزروعات.

ومن المنتظر بعد تنفيذ المشاريع المقترحة للصرف الصحي في المدن الكبرى أن تتوفر كميات كبيرة من مياه الصرف ولذا فان حكومة السلطنة تبدي اهتماماً كبيرا بربط مشاريع تجميع مياه الصرف الصحي ومعالجتها ، لكونها تمثل مصدراً لا بأس به لري الحدائق العامة والمزروعات التجميلية، وأي توسعات مستقبلية أخرى في استخداماتها.

تقدير الطلب على المياه

قامت حكومة السلطنة بتنفيذ عدد من المشاريع لدراسة الأوضاع المائية في البلاد وتقدير الطلب على المياه والوقوف على المستويات الحالية للاستخدامات المائية في مختلف القطاعات. وكانت أهم هذه المشاريع ما يلي :

- المشروع الوطني لحصر الآبار :

شرعت حكومة السلطنة، من خلال وزارة موارد المياه، في تنفيذ المشروع الوطني لحصر الآبار في أواخر عام 1992م، وانتهى العمل فيه في عام 1995م، وكان الهدف الرئيسي لهذا المشروع هو تجميع بيانات دقيقة عن الآبار، والأنماط الحالية لاستخدامات المياه، وحجم الاحتياجات المائية حتى يتسنى لوزارة موارد المياه إعداد خطط لإدارة الموارد المائية على نحو يساعد على تحقيق التنمية المستدامة لهذا المورد الحيوي في السلطنة.

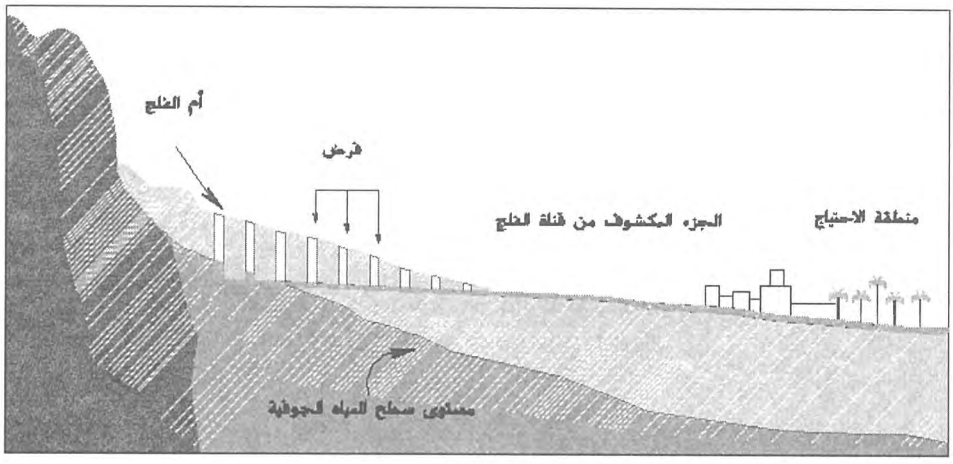
ومن أهم نتائج المشروع حصر حوالي (127000) بئر وتحديد مواقعها والتأكد من بيانات تسجيلها ومعرفة مساحات الرقعة الزراعية وأنواع المزروعات القائمة عليها وتقدير كميات المياه التي تسحب منها لمختلف الأغراض. وتساعد هذه البيانات على معرفة الاحتياجات المائية الحالية وتقدير الاحتياجات المستقبلية لكل مستجمع من المستجمعات المائية في السلطنة. كما أنها تساعد، إلى حد كبير، في دراسة طلبات تصاريح الآبار المقدمة للوزارة.

- مشروع حصر الأفلاج :

بعد اكتمال العمل بنجاح في المشروع الوطني لحصر الآبار، وإدراكاً منها لضرورة استكمال البيانات المتعلقة باستهلاك المياه شرعت وزارة موارد المياه في عام 1997م في تنفيذ مشروع حصر الأفلاج على مستوى السلطنة بهدف استحداث قاعدة بيانات مائية تشتمل على معلومات مفصلة عن مواقع أمهات الأفلاج وأعماقها ومعدلات تدفقها ونوعية مياهها وحجم الطلب عليها وتحديد الغرض من الاستخدام ومساحة الأراضي الزراعية التي يتم ريها من مياه الفلج .

والأفلاج هي عبارة عن قنوات مائية تم بناؤها في عمان منذ مئات السنين للوصول إلى مصدر المياه وجعلها تتدفق بطريقة طبيعية دون استخدام الآلات الميكانيكية لتنساب عبر هذه القنوات من المصدر إلى القرى حيث يتم استعمالها في الزراعة وسائر الاستخدامات البشرية الأخرى (الشكل رقم 3).

وتعتبر هذه البيانات ضرورية لوضع السياسات المائية الرشيدة التي تخدم أغراض التنمية، كما أنها تساعد حكومة السلطنة على تقييم حجم الطلب على المياه المتوفرة من الأفلاج ووضع برامج وأولويات صيانتها فضلاً عن إنها تعد مرجعا علمياً مهماً للدارسين والمهتمين بالأفلاج.



الشكل رقم 3 : رسم توضيحي لنظام الأفلاج في عمان

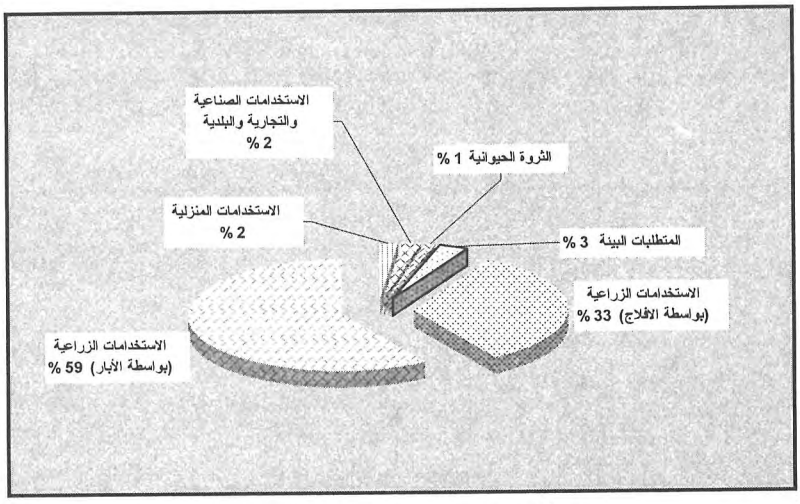
استخدامات المياه

تشهد السلطنة تزايداً مطردا في الطلب على المياه في مختلف المجالات سـواء للاسـتخدامات المنـزلية أو الصناعية أو الزراعية.

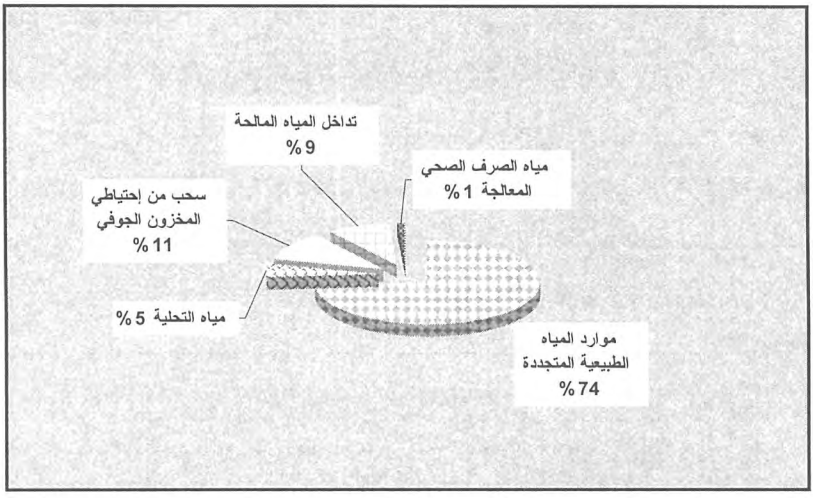
وتعتبر الزراعة أكبر مستخدم للمياه حيث أنها تستهلك ما يزيد عن90% من إجمالي كميـات المياه المستخدمة وذلك بسبب توفر التقنيات الحديثة المستخدمة في حفر الآبـار وتشـييدها وتزويدها بالمضخات ذات القدرة العالية مما سهل عمليات استخراج المياه لري المزارع علـى حساب المخزون الجوفي (الشكل رقم 4 والشكل رقم 5).

ويمثل حجم الاستهلاك الحالي في مجال الاستخدامات المنـزلية والصناعية والأخرى أقل من 10 % من المياه المستهلكة حاليا.

ومن المتوقع في ظل المعدل الحالي للنمو السكاني وارتفاع المستوى المعيشي أن يزيـد حجـم الطلب في هذه المجالات ليبلغ الضعف بحلول عام 2020 مما سيشكل مزيداً من الضغط علـى الموارد المائية المتاحة.



الشكل رقم 4: استخدامات المياه



الشكل رقم 5 : مصادر المياه

الميزان المائي

يفوق الطلب على المياه في السلطنة حاليا معدلات التغذية الطبيعية بكثير، الأمر الـذي أدى إلى اختلال التوازن المائي بين العرض والطلب وحدوث عجز في إمدادات الميـاه في كثـير مـن المناطق. ويتم تعويض هذا النقص في الطلب بالسحب من احتياطي المخزون الجوفي، وهذا مـا يحدث حالياً بالمناطق الساحلية في الباطنة وصلالة وبعض المناطق الأخرى في أواسط عمان.

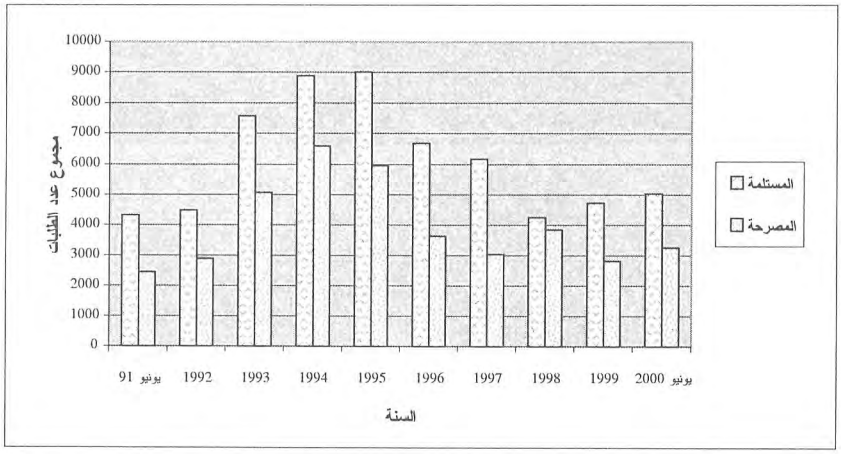
ففي المناطق الساحلية، أدى الضخ الزائد للمياه إلى تدني مناسيب المياه الجوفية وبالتالي تداخـل المياه المالحة. وعلى مستوى السلطنة عموماً، فإن إجمالي المياه المستهلكة تزيد بنسبة حوالي 25% عن الموارد المائية المتاحة حالياً والتي تتكون من الموارد المائية الطبيعية المتجددة ومياه التحليـة ومياه الصرف الصحي المعالجة.

إدارة الطلب على المياه

لقد أدركت حكومة السلطنة ومنذ أن بدأ معدل السحب للمياه الجوفية بالتزايد في السبعينيات أنه ليس من الممكن تحقيق توازن طويل الأجل بين العرض والطلب على المياه ما لم تكن هنـاك سياسات مدروسة لإدارة الطلب على الموارد المائية المتاحة. ومن هذا المنطلق بادرت حكومـة السلطنة، ومنذ وقت مبكر، بإرساء الأسس التي ساعدت على تطبيق الإجراءات اللازمة للحـد من هدر المياه وحمايتها وترشيد استخدامها من خلال تنفيذ عدد من البرامج والسياسات المائية التي أهمها ما يلي :

– التشريعات المائية

بادرت حكومة السلطنة، ومنذ وقت مبكر، بإعداد التشريعات المائية اللازمة، للحد من هدر المياه وحمايتها وترشيد استخدامها، ووضع هذه التشريعات موضع التنفيذ. وقد أسهمت هذه التشريعات – على نحو فعال – في تنظيم استغلال الموارد المائية، والتي لولاها لزاد استهلاك المياه وازداد الوضع سوءاً. فقد تمكنت حكومة السلطنة من اتخاذ إجراءات مدروسة للتحكم في الطلبات المتزايدة والمتنافسة على المياه وذلك من خلال إدارة متزنة لنظام تصاريح الآبار مع



الشكل رقم 6 : إجمالي عدد طلبات التصاريح خلال عشرة سنوات

تطبيق العقوبات الملائمة في حالة المخالفات.

وتتلقى وزارة موارد المياه يومياً عدداً كبيراً من الطلبات من مختلف المناطق وتقتضي معالجة كل طلب من هذه الطلبات قيام المهندسين والفنيين بزيارة الموقع لتقييم الوضع المائي على الطبيعة والتأكد من كمية المياه المستهلكة أو المطلوبة وحجم المساحة المزروعة ونوعية المحاصيل وعدد الأشجار القائمة حتى يتسنى البت في الطلب بناءً على معلومات دقيقة وفي إطار الضوابط الموضوعة من قبل وزارة موارد المياه. ويوضح (الشكل رقم 6) إجمالي عدد طلبات التصاريح خلال العشرة سنوات الماضية.

– التوعية

إن حكومة السلطنة تهتم بأن تكون هذه التشريعات المائية مقرونة بالجهود التي تبذلها في سبيل نشر الوعي بأهمية المحافظة على المياه بين أفراد المجتمع عبر القنوات الإعلامية المختلفة، المرئية

منها والمسموعة والمقروءة، أضف إلى ذلك فإن الدولة تحرص على إجراء الاتصال المباشر بالجمهور من خلال المحاضرات الإرشادية التي يتم تنظيمها في المدارس والأندية والمراكز الاجتماعية. ولقد أسهمت التوعية بشكل فعال في تنظيم استغلال الموارد المائية وتحسين مستوى الوعي بين السكان بأهمية المياه وضرورة الحفاظ عليها من الاستنزاف.

- حماية حقول آبار إمدادات المياه

أدركت السلطنة أهمية حماية مواردها المائية من التلوث والاستنزاف، لذا فإنها بادرت منذ 1988م إلى إنشاء مناطق حماية حقول آبار إمدادات المياه في الحقول الرئيسية في كل من مسقط وصلالة . وفي ظل التنمية الزراعية والعمرانية والصناعية التي تشهدها البلاد يتم مراجعة الإجراءات الخاصة بحماية هذه المناطق من وقت لأخر بهدف مراجعة خطط العمل التنفيذية لمناطق الحماية واتخاذ الإجراءات المناسبة التي قد تتحتم تنفيذها في بعض الأحيان على سبيل المثال نقل بعض المنشآت ذات الخطورة المباشرة على حقول الآبار أو إلزام المنشآت الأخرى الموجودة داخل مناطق حماية حقول الآبار بتطبيق الضوابط البيئية المحددة أو إجراء بعض التحسينات الأخرى وغيرها. هذا بالإضافة إلى توسيع مناطق الحماية كلما تطلب ذلك لضمان حماية مصادر المياه من التلوث والاستنزاف بشكل أوسع.

سلطنة عمان والرؤية العالمية للمياه

في الندوة العالمية الثانية للمياه (مؤتمر لاهاي 2000 م) التي عقدت بمملكة هولندا خلال الفترة 17- 22 مارس 2000 م ، تم تقسيم مواضيع الرؤية للمضي نحو تحقيق الأمن المائي إلى أربعة مجالات رئيسية هي :-

1) التحكم الجيد في المياه
2) إيجاد الأساليب الحكيمة لإدارة المياه
3) معالجة الأولويات المائية الملحة
4) الاستثمار من أجل مستقبل المياه

ولقد تم في هذا المنتدى العالمي مناشدة كافة الدول لتطوير أهداف ومعالم أمنها المائي لتصبح هذه الأهداف بمثابة حجر الزاوية لبرنامج العمل الوطني .

وتهدف الرؤية العالمية للمياه إلى إيجاد عالم يستطيع فيه الجميع الوصول إلى موارد مياه آمنة وكافية لمقابلة احتياجاتهم بما فيها الغذاء وذلك بأساليب يمكن من خلالها المحافظة على تكامل المنظومات البيئية للمياه العذبة .

وكانت السلطنة قد شاركت في كل من مؤتمر دبلن (المنعقد في عام 1992 م) ومؤتمر ريو دي جانيرو (المنعقد في عام 1995 م) ومؤتمر لاهاي (2000 م)، وهي مطلعة إطلاعاً كاملاً على توجهات وأهداف إدارة موارد المياه في المجتمع الدولي، وكانت سباقة في وضع الأسس العلمية السليمة لتنمية وإدارة مواردها المائية في المنطقة، كما استفادت من هذه المشاركات الدولية في تبادل الآراء واكتساب الخبرات، وفي ذلك فهي قد قطعت شوطاً كبيراً في هذا المجال.

الرؤية المستقبلية للسلطنة (عمان 2020م)

مع التزام الدولة الأكيد باستمرار التنمية في السلطنة مع اقتصاد متطور وفعال، فهناك الكثير من التحديات في انتظار قطاع المياه. فخلال العشرين سنة القادمة يتوقع زيادة عدد السكان من 2,4 مليون نسمة إلى 3,6 مليون نسمة، وسيؤدي ذلك إلى زيادة الحاجة إلى الغذاء والطلب على المياه للأغراض المنزلية. أما برنامج التنويع الاقتصادي فسوف يزيد التنمية الصناعية وبالتالي سيزداد الطلب على المياه للأغراض الصناعية. ومن المرجح زيادة معدلات التقدم الحضري مما يترتب عليه أيضا زيادة الطلب على المياه للأغراض التجارية والشبكات العامة.

وفي هذا الصدد فإن حكومة السلطنة كانت قد أقرت من خلال مؤتمر الرؤية المستقبلية – عمان **2020**م المنعقد في عام **1995**م بأن الاستغلال الأمثل والإدارة الاستراتيجية لقطاع المياه تعتبران من المحاور الأساسية لاستراتيجية التنويع الاقتصادي. وعلى ضوء هذه المعطيات شرعت وزارة موارد المياه في إعداد مشروع الخطة الوطنية لموارد المياه 2020م.

الخطة الوطنية الرئيسية لموارد المياه

مع أواخر عام 2000م ، يتم الانتهاء من إعداد الخطة الوطنية الرئيسية لموارد المياه التي نفذتها وزارة موارد المياه ـــ عن طريق إحدى الشركات العالمية المتخصصة في هذا المجال ـــ وذلك تحقيقاً لأهداف مؤتمر الرؤية المستقبلية "عمان 2020م" بشأن التنمية المستدامة.

ويأتي إعداد الخطة في وقت توفرت فيه الكثير من البيانات المهمة من خلال الدراسات والمشاريع التي نفذت، بالإضافة إلى الخبرات التي اكتسبتها وزارة موارد المياه خلال الخمسة والعشرون سنة الماضية وفي إطار تعاملها مع قضايا المياه. حيث تم الاستعانة بكافة المعلومات الفنية المتوفرة لدى وزارة موارد المياه والوزارات الأخرى وتحليلها بواسطة خبراء متخصصين (في المجالات المختلفة) من الشركة الاستشارية، أخذة في الاعتبار كافة العوامل الفنية والاقتصادية والاجتماعية المرتبطة بتنفيذ الخطة. وترمى هذه الخطة إلى وضع الاستراتيجيات اللازمة لاستغلال الموارد المائية بما يتلاءم مع أهداف التنمية الاجتماعية والاقتصادية وتوفير الأطر الفنية والتنظيمية التي تحقق تلك الأهداف.

وتبرز الخطة كذلك أهمية المياه كعنصر حيوي مهم ودورها الذي يتزايد يوما بعد يوم في شتى عمليات التنمية الاقتصادية والاجتماعية للسلطنة. وقد أكدت في هذا الصدد بمحدودية المياه الطبيعية المتوفرة للسلطنة وسهولة تعرض مصادر إمدادات المياه فيها للجفاف والتلوث. كما أظهرت بأن النمط الحالي لاستخدامات المياه غير مستقر، مما يزيد من الاعتماد على مياه التحلية لتلبية الاحتياجات الضرورية من مياه الشرب والاستخدامات المنزلية.

وتنحصر أهم الإجراءات الرئيسية التي يتطلب العمل بها خلال مرحلة تنفيذ الخطة، ما يلي :-

- تأمين توفر مصادر المياه العذبة للإمدادات الضرورية وذلك من خلال استمرار الجهود التي تبذلها الدولة في تنفيذ برامج تقييم موارد المياه في المناطق المختلفة وإنشاء مناطق حماية حقول آبار إمدادات المياه في المناطق الأخرى.
- زيادة الموارد المائية الطبيعية المتاحة وتطويرها عن طريق بناء السدود بأنواعها المختلفة مع الاستمرار في البحث عن مصادر جديدة للمياه من خلال برامج الاستكشاف.
- تحديد حصص مائية للقطاعات المختلفة تكون كمرجع يحدد أولويات استخدام المياه. على أن يتم تحديد حصص لكل قطاع من القطاعات المستخدمة للمياه (للاستخدامات المنزلية والاحتياجات الصناعية والتجارية وللمتطلبات البيئية وللزراعة) وذلك على ضوء الأولويات التي تضعها الدولة وبموجب الوضع المائي لكل مستجمع.
- إدارة الطلب على المياه للأغراض الزراعية وذلك بالاستمرار في إدخال نظم الري الحديثة في المزارع، والتنويع في التركيب المحصولي بما يتمشى مع السياسات المائية المقترحة في هذا الشأن.

الخلاصة

ستظل الموارد المائية من أغلى الثروات الوطنية وسيكون من الأهمية بمكان في المستقبل المحافظة على الإنجازات التي تحققت للسلطنة فيما يتعلق بإسهام هذه الموارد في تطوير مستوى المعيشة وتحسين ظروف الحياة والأحوال الصحية مع الاستمرار في تنميتها وتطويرها وضمان الحماية والمحافظة على الاستثمارات التي أنجزت في البنية الأساسية للمياه حتى الآن، مع العمل نحو مضاعفة إمكانيات التنمية المستقبلية لدعم مصادر تنويع الدخل وتوفير أقصى حماية للبيئة المرتبطة بالمياه وتوفير الأمن المائي خاصة في أوقات الجفاف، وذلك لضمان توفر الموارد المائية لمقابلة الطلبات المتزايدة ومواجهة المتطلبات الاقتصادية الحديثة للأجيال القادمة .

إن زيادة الدعم للبرامج الخاصة بتعزيز وتنمية الموارد المائية أصبح مطلباً حيوياً لضمان التنمية المستدامة في البلاد وازدهارها في كافة المجالات وخاصة في مجالات الصناعة والسياحة والزراعة وغيرها من المجالات الحيوية. وبالرغم من كون السلطنة قطعت شوطاً كبيراً فيما يتعلق بمواجهة التحديات المحتملة في قضايا المياه إلا أنه ما زال هناك حاجة إلى المزيد من العمل في هذا المجال.

المراجع:

- دراسات وتقارير داخلية لوزارة موارد المياه
- مسودة الخطة الوطنية الرئيسية لموارد المياه
- الرؤية العالمية للمياه مؤتمر لاهاي 2000م

الأمن المائي في المملكة العربية السعودية

سعيد سويلم التركي

الامن المائي في المملكة العربية السعودية

سعيد سويلم التركي
ص . ب : 715 مكة المكرمة
فاكس 5572444(02) قسم الجغرافيا – كلية العلوم الاجتماعية – جامعة أم القرى

ملخص البحث

الامن المائي في المملكة العربية السعودية

تعتبر المياه مهمة لحياة الكائنات الحية ولمختلف أنواع النشاطات البشرية اللازمة المرتبطة للمجالات التنموية إلا ان الإنسان لديه ميل في اسراف استخدام المياه التي تقدر بثمن . ومما زاد الأمر صعوبة تتركز في زيادة السكان الذي جعل كثير من الباحثين والمفكرين والعلماء والمسئولين إلى اطلاق التحذيرات من الاسراف المفرط باستهلاك الماء ومناداتهم بضرورة ترشيد الماء بصورة عاجلة ومكثفة ، مع البحث عن مصادر مائية جديدة وفرض قيمة مادية على المياه تدفع من قبل المستهلك . وتعد المملكة العربية السعودية من البلاد الصحراوية التي تتميز بقلة سقوط الامطار والتي تعتبر غير منتظمة في كميتها أو وقت سقوطها وبالإضافة إلى زيادة الطلب على كميات المياه بشكل كبير خاصة في التوسع العمراني في المدن وايضا التوسع الزراعي والصناعي . لهذا اهتمت الدولة في الاعتناء بالمياه من حيث تنمية المصادر الطبيعية والمحافظة عليها والبحث عن مصادر جديدة وبالتركيز على الترشيد في استخدام المياه ، مع توعية المواطن باهمية الاسهام بشكل جاد في تحقيق الامن المائي للمملكة .

كانت شبه الجويرة العربية في الماضي تحظى بكميات وافرة من الأمطار خلال أواخر العصر البليوسيني مما نتج عنها سيول وفيضانات عظيمة أدت إلى تكوين شبكة من الأودية والشعاب . أما في الوقت الحاضر فالأمطار قليله ومياه السيول تتسرب إلى باطن الأرض وخاصة في المناطق الرسوبية أو الصدعية .

تحتوي الصخور الرسوبية في المملكة على تكوينات للمياه للجوفية ، والتكوين عبارة عن طبقة أو طبقات من الصخور تكونت في ازمان جيولوجية قديمة تحت ظروف بيئية مختلفة وقد سميت هذه التكوينات باسماء محليه . والطبقة الحاملة للمياه عباره عن نوع من الصخور قادرة على

تخزين المياه ومشبع به وله نفاذيه وقابله لعطاء الماء ، تعرف منها ثمانية تكوينات رئيسية واربع ثانوية في الصخور الرسوبية . وتنقسم المصادر المائية في المملكة إلى قسمين هما :

أولاً : مصادر طبيعية وتتمثل في :

1 – المياه السطحية السليليه : أغلب هذه المياه تجري في الأودية والشعاب بعد سقوط الأمطار.

2 – المياه الجوفية السطحية : توجد هذه المياه في العيون والآبار السطحية .

3 – المياه الجوفية العميقة : تتمثل في مكامن وأحواض المياه الجوفيه التي تكونت خلال ازمنة غابره .

ثانياً : مصادر صناعية (تدخل الإنسان في تحديثها) وتتمثل فيما يلي :

1 – مياه البحر المحلاه .

2 – مياه الصرف الصحي المنقاه .

ولايعني وجود هذه المصادر وفرة المياه الصالحة للاستخدامات المترلية وللري لذا فإنه لاعجب ان نرى حرص الدولة بالمواطنين على اتباع سياسة الترشيد في استهلاك المياه واتباع طرق حديثة في زراعة المحاصيل وبها بمثل التنقيط وزراعة المحاصيل التي لاتستهلك كميات كبيرة من المياه .

ولقد توصل الباحث إلى عدد من التوصيات التي يمكن ان تساهم في استهلاك المياه في المملكة في نطاق سياسة الترشيد التي من أهمها مايلي :

1 – القيام بانشاء سدود على الأودية المهمة والكبيرة .

2 – عدم السماح بحفر الآبار الا بعد أخذ إذن مسبق من الجهات المختصة .

3 – استخدام مياه الصرف الصحي المعالج في الزراعة والاستخدام المترلي في غير الطبخ والشرب .

4 – وضع عدادات مائية عند توصيل المياه للمنازل والمصانع والمزارع وكذلك بـــالضخ مـــن الآبار .

5 – اقامة محطات للتنقية بالقرب من الآبار المالحه المياه لتنقيتها واستخدامها .

6 – تحديث التوصيلات المائية وصيانتها في المدن .

7 – اقامة خزانات أعلى المنازل لحفظ مياه المجاري المنقاه .

والله من وراء القصد .

الباحث

1 – المقدمة :

يقول الله سبحانه وتعالى ﴿ وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَرۡسَلَ ٱلرِّيَٰحَ بُشۡرَۢا بَيۡنَ يَدَىۡ رَحۡمَتِهِۦۚ وَأَنزَلۡنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً طَهُورًا ﴿٤٨﴾ لِّنُحۡيِۦَ بِهِۦ بَلۡدَةً مَّيۡتًا وَنُسۡقِيَهُۥ مِمَّا خَلَقۡنَآ أَنۡعَٰمًا وَأَنَاسِىَّ كَثِيرًا ﴿٤٩﴾ ﴾ (سورة الفرقان 48- 49)

تعطي هاتان الآيتان دليلاً قاطعاً على صحة ماجاء به وتوصل إليه العلماء في مجال الدورة الهيدرولوجيه وأيضاً ان الماء عنصر مهم وأساسي للحياة وانه نعمه من نعم الله سبحانه على خلقه اجمعين من انسان وحيوان ونبات وجميع الكائنات الحية الآخرى . ولقد أوصت المؤتمرات الدولية بتوفير الماء الصالح للناس جميعهم ولان توفره يعمل على رفع مستواهم الصحي في العالم وتحسين البيئة الإنسانية ورقيها . لذلك اهتمت الدول بتنمية مواردها المائية وصيانتها والمحافظة عليها . وقد اهتمت المملكة العربية السعودية ضمن هذه الدول بمصادر المياه العذبه وتنميتها وذلك لازدياد الطلب عليها بشكل كبير وتصاعدي ذلك يعود إلى زيادة عدد السكان والنمو المستمر وتحسن أوضاع المعيشه والتنمية الاقتصادية . ويلاحظ الراصد للأحداث ان المملكة وضعت خلال خططها الخمسية المتعاقبة الاهتمام بالمياه نصب أعين المسئولين . وعملت في الوقت نفسه على زيادة الموارد المائية كما وتطويرها نوعاً وامدادها للمدن والقرى بالماء ولتغطي احتياج السكان والمجالات الزراعية والصناعية . ويلاحظ أن المشكلات الأساسية تنحصر في الطلب المتزايد على مصادر المياه المحدودة . وعلى الرغم من انه تم في السنوات الأخيرة القيام بالبحث في مناطق عديدة عن مصادر للمياه إلا انه لم يتحقق في هذا المجال إلا القليل بالنسبة لزيادة طاقة الخزانات الجوفية بالمقابل هناك عملية سحب من الميله الجوفية بشكل كبير مما يخشى ان تؤدي إلى ايجاج معوقات ومشاكل يصعب معها الحل مستقبلاً . لذا فإن خطورة هذا الوضع يستدعي التخطيط السليم وايجاد إدارات وأنظمة لمراقبة ضخ المياه من مصادرها ووضع برامج لمشاريع قابلة للتنفيذ على الأمد البعيد .

2 – مشكلة الدراسة البحثية :

تنحصر الأساسيات لمشكلة المياه في المملكة بوجه عام في الاسراف في استخدام المياه دون الاهتمام بالترشيد المائي وتأثيره على التنمية والزراعة واهمال الامن المائي بالإضافة إلى محدودية المياه على مستوى الوطن .

3 – تساؤلات الدراسة :

من اجل تحقيق أهداف هذه الدراسة فإن الباحث قد أورد هنا عدداً من التساؤلات جـــاءت كالتالي :

أ- هل توجد بالمملكة العربية السعودية مصادر مائية كافية ؟

ب- هل يمكن مواجهة الطلب المتزايد على المياه بالمملكة ؟

ج- هل تتوفر لدى الدوائر المعنية بالمملكة بيانات وإحصاءات كافيـــة ودقيقـــة يمكـــن الاستفادة منها بالقيام بدراسات موضوعية في هذا الميدان ؟

د- هل استوعب المواطن اهمية الترشيد المائي في المترل أو المصنع أو المزراعة ؟

هـــ - هل تسهم الابحاث المائية في توعية المواطن بما يؤدى إلى ترشيد استخدام المياه ؟

أدت طبيعة التكوين الجيولوجي الأرضي في المملكة العربية السعودية إلى اختـــلاف المخـــزون المائي ، فهناك مناطق فقيرة ومناطق يوجد بها فائض مائي . الامر الذي انعكس على النشـــاط البشري في المناطق المختلفة ، وتتأثر تلك النشاطات كثيراً بالتذبذبـــات للأمطـــار والســـيول وتحديد الإشارة إلى أن تحلية مياه البحر تعتبر المصدر المائي العذب للمدن ، وعلى وجه العمـوم فإنه لايمكن تنمية الموارد المائية والمحافظة عليها إلا بالتخطيط السليم بنشر الوعي السكاني بـــين السكان للحد من الإسراف في استخدام المياه .

4 – أهداف الدراسة :

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق مايلي :

أ- التعرف على الموارد المائية بصورة عامة واماكن وجودها وتوزيعها وتسميتها واستغلالها والمحافظة عليها كأمن مائي.

ب- التعرف على التركيب الجيولوجي ونوع الصخور من حيث تأثرها في كمية المياه ونوعها.

ج- مسح للموارد المائية بالنسبة للمملكة ولمحة سريعة عن أنواع المياه بصورة عامة .

د- دراسة هيدرولوجية للمملكة في الصخور القاعدية المركبة والطبقات الرســـوبية مـــع دراسة للمياه الجوفيه وكيفية استغلالها .

هـــ - ابراز اهيمة تنمية الموارد المائية والمحافظة عليها وفي إقامة السدود وإعادة استعمال ميـــاه المجاري المنقاه وتحلية مياه البحر.

و- القاء الاضواء لازدياد الطلب على المياه والاحتياجات المستقبلية له .

ز- التعرف على السياسة المائية الوطنية واللوائح والقوانين الموضوعة لها .

5 – أهمية الدراسة :

تنبثق أهمية هذه الدراسة من كونها تتميز بما يلي :

أ- انها تعالج مشكلة مهمة من مشكلات العصر تتمثل في التعرف على طرق المحافظة على المياه في المملكة العربية السعودية وتنميتها .

ب- انها تمثل محاولة ترمي إلى معرفة أسباب زيادة الطلب بشكل تدريجي ملحوظ على المياه مع قلة ماهو متوفر منه .

ج- ان المملكة العربية السعودية تسعى حثيثاً لتحقيق أمنها المائي والذي هو جزء لايتجزأ من أمنها القومي .

6 – منهج الدراسة :

اعتمدت الدراسة أولاً على العمل الميداني المتمثل في :

أ) الزيارات الميدانية للمناطق المختلفة بالمملكة وذلك لجمع المعلومات والعينات للدراسة ومعايشة الظروف باستخدام المياه والطلب عليها .

ب) الوقوف على المصادر المائية خاصة على الابار وكيفية الاستفادة من المياه لجميع الاحتياجات .

كما اعتمدت على جمع البيانات من اصدارات وزارة الزراعة والمياه بالرياض ووزارة المالية والاقتصاد الوطني .

ولهذا تم تقسيم الدراسة اربع أقسام تشمل الآتي :

1- ادبيات الدراسة (المقدمة – مشكلة الدراسة – تساؤلات الدراسة – أهداف الدراسة – أهمية الدراسة – منهج الدراسة) .

2- الظروف الجغرافية للمملكة (التكوين الجيولوجي والتضاريس الهيدروجيولوجيا وحالة الماء في المملكة) .

3- مصادر المياه واهميتها في المملكة العربية السعودية .

4- الاهتمام للامن المائي في المملكة ووسائل الترشيد والمحافظة عليها .

وانتهى البحث باهم النتائج والتوصيات التي توصل إليها الباحث .

القسم الأول : الدراسة الجيولوجية والتضاريسية للمملكة العربية السعودية من أجل التعرف على مصادر المياه في المملكة وكيفية تنميتها واستغلالها من اجل تحقيق سياسة أمن مائي متوازنه لابد من التصدى لدراسة جغرافيتها وتركيبه صخورها حتى يتسنى لنا تكوين فكرة عن مصادرها المائية والاستغلال الأمثل لها ومصادرها وكيفية الاهتمام بالماء والمحافظة وتنمية مصادرها .

تقع المملكة العربية السعودية في الجنوب الغربي لقاره آسيا في المنطقة المدارية الحاره التي يمر بها مدار السرطان . وتبلغ مساحتها حوالي 2كم2,250,000 تمثل هذه المساحة حوالي 1,372% من مساحة العالم و4,91% من مساحة آسيا. وتعد المملكة في مجملها منطقة صحراوية ، كما ان طوبغرافيتها ليست واحدة إذ تختلف من منطقة لاخرى فهناك السهول والبحار والجبال العالية . وهي مكونه من الاقاليم الطبيعية التالية [شكل1] :

1- السهول الساحلية الغربية (سهل تهامه) .
2- جبال السروات .
3- الهضاب الغربية .
4- هضبة نجد .
5- الهضاب الشمالية .
6- الهضاب الشرقية .
7- العروق الصحراوية (صحراء الربع الخالي ، صحراء الدهناء ت صحراء النقود) .
8- السهول الساحلية الشرقية لساحل الخليج العربي . [ابو العلا 1973م ، بندقجي 1397هـ ، الفاروق 1398هـ - الشريف 1407هـ - Asad , 1416 - سقا 1419هـ]

يلاحظ من الدراسة الطبيعية ان هناك أودية تنحدر من جبال السراوات ناحية الغرب متجهة صوب البحر مخترقة سهل تهامه محملة بالمياه التي ساعدت على خصوبة التربة بالطمي والارسابات المختلفة ومن أهم هذه الأودية ، وادي جيزان ، وداي بيش ، وادي حلي ، ووادي يبا وغيرها . وهناك أودية تنحدر على السفوح الشرقية لسلسلة جبال السروات متجهة شرقاً إلى وسط البلاد محملة بالمياه كوادي نجران ، ووداي تثليث ، ووادي بيشه ، ووادي تربه وغيرها ، بتنوع تضاريس وطبوغرافية المملكة تتفاوت درجات الحرارة من منطقة لأخرى مع تفاوتها بين الليل والنهاء في بعض المناطق المرتفعة والمناطق الشمالية وبعض المناطق الداخلية خلال فصل الشتاء . اما في الصيف فإن الحرارة تزيد على 48° م في المناطق الداخلية اما

الرطوبة فهي عالية في المناطق الساحلية بالقرب من البحر الأحمر والخليج العربي خلال فصل الصيف ومنخفضه في الداخل ، اما الأمطار فهي مختلفة من منطقة لاخرى لتفاوت التضاريس والمناخ ، فالمناطق الجنوبية الغربية تتمتع بوفرة الامطار إذ يبلغ معدل سقوطها حوالي 400 مم سنوياً بينما هي تتراوح مابين 50 – 130 مم في بقية المناطق ، اما معدل التبخر فيبلغ حوالي 3500مم في السنة . (تقرير مصلحة الارصاد الجوية ، 1417هـ) [شكل 2] .

1 – 2 : الهيدروجيولوجيا وحالة الماء في المملكة :

تقع شبه الجزيرة العربية على صخور قاعدية مركبة متكونه قبل العصر الكمبري (ماقبل الكمبري) ترسبت عليها رسوبات سميكة تراوحت من العصر الكمبري إلى العصر الرباعي ذات ميل عام للطبقات إلى الشرق والشمال الشرقي باتجاه الخليج العربي مع ارتفاع في الجزء الغربي على هيئة جبال لصخور القاعدى على امتداد الساحل الغربي المطل على البحر الأحمر، في وسط الجزيرة ظهرت اخاديد وصدوع والتواءات اثرت على وجود الماء بشكل أو بأخر (كماً ونوعاً) . ولهذا فقد انقسمت الجزيرة العربية إلى قسمين اساسيين هما :

1- الدرع العربي Arabian Shield يتركز في الجزء الغربي للجزيرة العربية .

2- الرف العربي Arabian Shelf يتكز في الجزء الشرقي من الجزيرة العربية [شكل 3] .

يشمل هذا التقسيم الحالة المائية في المناطق الواقعة على صخور القاعدية المركبة شرقاً وغرباً لابد من ذكرها للأهمية.

يعرف ان هذه المنطقة كانت كثيرة المياه وذلك من كثرة سقوط الأمطار عليها بشكل منتظم في آخر العصر البليوستوسين مما احدثت سيول وفيضانات أدت إلى شبكة من الأودية والشعاب لازالت حدودها ظاهرة وواضحة على الرغم من تغطية أجزاء منها بالرمال أو الحراث .

تغير الحال في الوقت الحاضر فسقوط الأمطار وكثافتها نادرة ومتقطعة وغير منتظمة ، لكن المنطقة الجنوبية الغربية تتمتع بسقوط أمطار كثيفة ومنتظمة . تؤثر المياه السطحية تأثيراً مباشراً على التسرب إلى باطن الأرض لتغذية المياه الجوفية في الرواسب وخاصة رواسب الأودية منها مايصل إلى الطباقات الحاملة ومنه مايتبخر في الجو نتيجة لارتفاع درجة الحرارة وكذلك فإن السبخات لها دور كبير في فقدان المياه . أضف إلى ذلك مايفقد من الماء عن طريق أوراق

الاشجار والاعشاب البرية التي تنمو عبر الأودية .تندفع الفيضانات المتدفقة والتي تحمل ارسابات تضعها في مجاري الأودية بكميات متفاوته من الرمل والحصى والطين غير متجانسة وتأثرت خصائص الأودية بالأحوال المناخية السائدة وأيضاً بعملية النحت والتآكل خلال السنوات المطيرة وتقسم الأودية التي تنحدر على السفوح الشرقية لسلسلة جبال السروات بانها طويلة وعريضة ، اما الأودية وخاصة في جنوب غرب المملكة والمنحدره باتجاه البحر الاحمر عبر سهل تهامه تمتاز بالقصر والضيق وشديدى الانحدار . وقد بلغ ماتحمله الأودية الشرقية لسفوح مرتفعات السروات حوالي 25ر2مليون م3 سنوياً وإذ تبلغ ماتحمله الأودية الغربية لهذه المرتفعات بحوالي 1225مليوم م3 سنوياً ، أما أودية المناطق الداخلية فتحمل حوالي 490مليون م3 سنوياً من مجموع سيول المملكة . [إدارة وتنمية الموارد المائية 1415هـ]

يلاحظ ان منطقة الدرع العربي تعتمد على الامطار وماتحدثه من سيول وماتخزنه خلال الشقوق اسفل المنطقة وتعتبر هذه المنطقة فقيرة في مياهها الجوفية لصلابة صخورها التي تقع عليها وعدم مساميتها ، وكثيراً مايستفاد من مياه الأودية الكبيرة في التنمية للمدن وللزراعة وخاصة إذا ما أقيمت عليها السدود كما هو الحال في نجران وجيوان ووادي حنيفة ووادي غدير البنات بمدينة الطائف . وتساعد عوامل على قدرة استخراج المياه من رسوبيات الأودية وامكانية تطويرها منها :

1- سماكة طبقات الرسوبيات ومكوناتها ومدى تجانسها .

2- التغذية السنوية للطبقات الرسوبية لها من الأمطار والسيول .

3- مقدار كمية المياه المستخدمة منها .

ومن الملاحظ نوعية المياه جيدة في اعالى الأودية ، إذ لايزيد مجموع الاملاح الذائبة على 300 ملجم / لتر بينما تزداد الملوحة في أسفل الأودية القريبة والبعيدة عن البحر الرئيسي وتكون متدنية في نوعيتها وسيئة كلما طالت فترة الجفاف ويبدو ان الطبقات الحاملة للمياه في رسوبيات الأودية عبارة عن طبقات غير محصورة ونفاذيه المياه تأخذ في الاتجاه الافقي أكثر من الاتجاه العمودي اما حالة المياه في مناطق الرف العربي التي تبلغ مساحته حوالي 5ر1 مليون كم2 ويصل سمكها حوالي 5500م فانها توجد طبقات حامله للمياه بكميات كبيرة في بعضها وتتفاوت نوعية المياه وكمياتها واعماق مكامنها وجودتها من مكان لآخر ومن طبقه لاخرى والمنطقة الشرقية التي تعرف بالرف العربي تضم في طياتها طبقات مائية بكميات كبيرة تتباين في كمياتها ونوعياتها واعماقها ومسمياتها من منطقة لاخرى . ومن المحتمل عدم العثوم على

طبقة الساق مثلاً في منطقة الرياض أو المنطقة الشرقية وتكوين الدمام موجود في المنطقة الشرقية وليس موجود في الرياض أو القصيم أو تبوك وقد تكون منتجه في منطقة وجافه في منطقة اخرى كما يمكن ان تنتج من هذه الطبقة مياه متدفقة في موقع وتحتاج إلى مضخات لاستخراج المياه منها في مواقع اخرى وهذا يعطي معرفة إلى تفاوت الكمية النوعية والاعماق والخصائص الاخرى من طبقه لاخرى ومن موقع لآخر . ويلاحظ ان الطبقة الحاويه للمياه تتحول من طبقه غير محصوره إلى شبه محصوره أو محصوره وذلك تبعاً لتغطيتها أو عدم تغطيتها بصخور أخرى أو بطبقه غير نافذة . فعتد منكشف الطبقات الحامله للمياه تكون غير محصورة ويكون ارتفاع الماء تحت الضغط الجوي وتبعاً للتغذية والسحب آخذ في الارتفاع والانخفاض اما عند تغطيتها بطبقة أخرى غير نافذة يكون التحول إلى طبقة محصورة باتجاه ميل الطبقة ويرتفع الماء فيها بفعل فارق الضغط وبينها وبين المياه الواقعه بين الطبقتين غير المحصورة . تتغذى الطبقات الحاملة للمياه على النحو التالي :

أ- تغلغل مياه الامطار خلال منكشف التكوينات (وهو الجزء الظاهر من التكوين على سطح الأرض) .

ب- سريان الماء الباطني من طبقة لأخرى من رسوبيات الأودية إلى ماتحتها .

ج- تسرب الماء السائل على باطني الأرض بسبب تبطين الأبار بالمسلح .

د- السريان المائي الباطني من طبقة لأخرى اما لعدم استمرارية الطبقه غير النافذه أو لوجود شقوق وكهوف التوائية بالطبقات أو تحتها .

هـ - تسرب فائض مياه الري إلى منكشف الطبقات .

يلاحظ تفاوت في مخزون الطبقات من المياه وذلك بسبب السحب الشديد من المياه عن ماكانت عليه حين اكتشافه وحفر الابار الشعوائية من حيث التوزيع والكثرة . ولهذا فسوف يعرض بصورة موجزة اسماء التكوينات الحاملة للمياه في المملكة العربية السعودية والمناطق التي يستفاد منها على النحو التالي :

1- تكوين الساق : ويستفاد من مياهه في الجزء الشرقي من القصيم وشرق حائل ومنطقة تبوك وتيماء ويتراوح مقدار السحب من هذا التكوين مابين 175 - 290 مليون م3 سنوياً . اما التغذية فهي شمال الدرع العربي بـ 150 مليون م3 سنوياً وعلى منكشف الشرق 80 مليون م3 .

2 – تكوين تبوك : ويستفاد من مياهه في الجزء الشرقي كالقصيم ومنطقة تبـــوك ويقـــدر السحب منه بحوالي 31 – 38 مليون م3 سنوياً ويقدر المخزون بـــ 1300مليون م3 .

3 – تكوين الوجين : ويستفاد من مياهه في منطقة وادي الدواسر والجزء الجنوبي الغربي مـــن الربع الخالي ويقدر السحب من التكوين بحوالي 10 – 35 مليون م3 ســـنوياً ومجمـــوع التغذية حوالي 114 مليوم م3 سنوياً .

4 – تكيون المنجور : وتستفاد من مياهه عدة مدن ومناطق من أهمـــها مدينـــة الريـــاض ، ومنطقة سدير ومنطقة الوشم والخرج ، وقد بلغ المسحوب من هذا التكويـــن بحـــوالي 46ر6مليون م3 سنوياً – 30 مليون م3 سنوياً للشرب اما الثابت فهو حوالي 500 مليـــون م3 .

5 – تكوين البياض : وتستفيد من مياهه مدينة الرياض واجزاء من منطقة الخرج والافـــلاج ، وقد بلغ مجموع التغذية للوسيع والبياض بحوالي 419مليون م3 سنوياً .

6 – تكوين الوسيع : ويستفاد من مياهه في كل من الرياض وخريـــص وبقيـــق والمنـــاطق الشرقية من الخرج ، كما بلغ المستهلك بحوالي 75 مليون م3 سنوياً .

7 – تكوين ام الرضمه : ويستفيد من مياه هذا التكوين المنطقة الشرقية ، الاحســـاء ، ووادي المياه ، وقد بلغ مجموع السحب منه حوالي 152 مليون م3 سنوياً ، والتغذية بحـــوالي 193 مليون م3 سنوياً .

8 – تكين الدمام : ويستفاد من مياه هذا التكوين المنطقة الشرقية وبلغ مجمـــوع الســـحب بحوالي 1597 مليون م3 سنوياً والتغذية حوالي 1601 مليون م3 سنوياً .

9 – تكوين النيوجين : ويستفيد من مياهه كل من المنطقة الشرقية وحفر الباطني وبلغ مجموع ماسحب منها بحوالي 227 مليون م3 سنوياً ، ويبلغ مجموع التغذية بحوالي 328 مليون م3 سنوياً . (إدارة المياه وتنمية الموارد 1415هـــ ، فروع وزارة الزراعة والميـــاه بـــالقصيم وتبوك 1414هـــ) .

2 – مصادر المياه واهميتها في المملكة العربية السعودية :

يعتبر الماء عنصراً من عناصر الحياة وعصبها وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، وبدونـــه لاتكون حياة على سطح الأرض ، وعلى الماء يعتمد الاستقرار وعليه يقوم العمران وتزدهـــر الدول والحضارات فإذا أمعنا النظر في خريطة للعالم نجد أن الحضارات قامت على ضفـــاف أودية الأنهار كأودية الرافدين ، والنيل والسند وتتجلى هذه العلاقة بأوضح صورها في الآقاليم

الصحراوية أفقر جهات العالم بالموارد المائية وبالتالي افقرها في عدد السكان وفي مجالات الانتاج ولاغرابة في ان نجد مدنها وقراها محدوده العدد صغيرة المساحة وقليلة السكان .

فعند دراسة موارد المياه في المملكة العربية السعودية لابد من حصر المصادر المائية لأن نمو المملكة وتطورها مرهون بمدى توفر المياه لغرض التنمية الزراعية والصناعية وتوفر مصادر ميله الشرب للاعداد المتزايدة من السكان سنوياً . تعتبر مياه الامطار المصدر الرئيسي لجميع موارد المياه على الأرض فالأمطار في المملكة قليلة جداً مما جعلها فقيرة بالموارد المائية بالإضافة إلى تلك مياه الأمطار القليلة لايستفاد منها كلها حيث ان قسماً كبيراً منه تتبخر بسبب شدة الحرارة وذلك بعد سقوط الأمطار مباشرة ، ويجرى القسم الباقي من المياه الساقطة على شكل سيول وينحدر إلى الشعاب والأودية لمدة محدودة بسبب قلة كميتها الواصلة للأودية من ناحية او بتسربها إلى باطن الأرض مع تعرضها للتبخر من ناحية أخرى (شكل 4 ، وجدول 1 ، 2 ، 3) وقد تحتفظ المياه المتسربه في طبقات صخرية ذات طاقة تخزينية مناسبة كأن تكون مساميه أو ذات شقوق واسعة ، لذلك يطلق عليها طباقات خازنة Aquifers وامكن الاستفادة منها لجميع الأغراض وتعرف بالمياه الجوفية لانها مخزونة في باطن الأرض أوجوفها .

أولت حكومة المملكة العربية السعودية ممثلة بوزارة الزراعة والمياه اهتماماً بالغاً لتنمية موارد المياه حيث تغذت كثيراً من المشروعات لتنمية هذا العنصر الحيوي ومن هذه المشاريع التي قامت الوزارة بانجازها مشاريع توصيل المياه إلى المدن والقرى ومشروع الري والصرف بالاحساء ومشاريع إنشاء العديد من السدود وحفر وصيانة الآبار وغيرها من المشاريع المتعلقة بتنمية موارد المياه .

1 – موارد المياه :

تنحصر موارد المياه في المملكة العربية السعودية في فئتين هما :

أ – المياه السطحية .

ب – المياه الجوفية وتنقسم إلى قسمين :

1 – المياه الجوفية السطحية .

2 – المياه الجوفية العميقة .

وسوف يقوم الباحث بمعالجة كل من هاتين الفئتين كل على حده كما يلي :

أ – المياه السطحية :

تتواجد المياه السطحية فوق سطح الأرض بعد سقوط الأمطار وتنشأ عنها السيول التي تجري في الوديان ، بعضها ينتهي بأحواض داخلية ويفور في باطن الأرض ليعوض مانقص منها من خلال الآبار ، أما البعض الآخر من السيول فإن مياهه تصب في البحر ولايستفاد منها لذلك قامت الدولة بإنشاء السدود الكثيرة العدد على الأودية التي تتفاوت في أحجامها وفائدتها التي اقيمت من اجلها والتي كانت تذهب سدى إلى البحر ، فالمياه المحجوزه خلف السدود تساعد على رفع مستوى المياه الجوفية السطحية ولقد قدرت كميات سيول الأودية المتجهة ناحية ساحل البحر الأحمر بنحو 1265 مليون م3 سنوياً بما تمثل بنحو 62% من مجموع سيول المملكة (شكل 5 ، جدول 4) (إدارة وتنمية موارد المياه ، 1415هـ ، الباحث ، 1417هـ).

ب – المياه الجوفيه :

لم يكن يعرف شيء عن المياه الجوفيه في المملكة العربية السعودية حتى عام 1936 م الا مايتعلق بالعيون التي كانت تظهر تلقائياً وبعض الأبار المحفوره بالطرق البدائية اليدوية في رسوبيات قيعان الأودية ويلاحظ تفجر المياه من الآبار أثناء عملية التنقيب عن البترول في القطيف وغيرها حتى صار انتاج آبار المياه يفوق في حاجة السكان تلك الانحاء عام 1940م والفائض منها يتدفق على شكل جداول صغيرة تلقي بمياهه في الخليج العربي دون الاستفادة منها . فانتقل الاهتمام إلى حفر أبار جديدة في أنحاء المملكة حتى زاد الاعتماد على هذا المورد الجديد للماء مما أولى للدولة الاهتمام بهذا المورد المائي للاستفادة منه في الزراعة المحدودة مما حدا بالدولة في حفر آبار عميقة عديدة لقصد الاستفادة منها في استعمالات الشرب في المدن والقرى في الاستعمالات الزراعية . وتتكون المياه الجوفية من المياه الجوفيه السطحية والمياه الجوفيه العميقة ، وسوف نتكلم عن كل من هذين النوعين من المياه على النحو التالي :

1 – المياه الجوفيه السطحية :

تتسرب جزء من مياه السيول بعد سقوط الأمطار عبر مسامات في التربة إلى ان تستقر فوق طبقة صخرية خازنة ويتراوح عمق الطبقات الحاملة لهذه المياه بين بضعة أمتار إلى بعضة عشرات من الأمتار وفقاً لعمق الطبقه الصخرية الحافظة . تحتجز المياه المتسربه في هذه الطبقات المساميه القريبه من السطح بعيدة عن التبخر والتسرب حتى يحصل الإنسان عليها

بطريقة حفر الآبار أو لتظهر في المناطق المنخفضة على شكل عيون وتختلف كمية المياه الجوفية السطحية من مكان لآخر ومن وقت لآخر تبعاً لاختلاف كمية الأمطار الساقطة وتبعاً لاختلاف القدرة المسامية للصخور على امتصاص الماء واستيعابه . وتختلف القدرة المسامية للصخور باختلاف انواعها وتركيبها وتتوقف على أنواع الطبقات الحافظة التي تقع تحتها . ومن أغنى مناطق المملكة بالمياه الجوفية السطحية تلك المناطق التي تجرى فيها الأودية وخاصة مناطق أودية تهامه وعسير وجنبو غرب المملكة . وكذلك في مناطق الأودية الداخلية الكبرى في النطاق الرسوبي مثل وادي الدواسر ووادي السهباء ووادي الرمه . وتعتبر أودية تهامه الحجاز من افقر أودية المملكة بالنسبة للمباه الجوفية السطحية ويرجع ذلك إلى ندرة الأمطار في تلك المناطق وسيادة الصخور الصماء بها ، ونظراً للتطور الذي شهدته المملكة في جميع الميادين وخاصة زيادة السكان زاد الطلب على المياه الجوفيه السطحية مما جعلها أقل عما كانت عليه من قبل وأصبح منسوبها يتناقص مع زيادة الاستهلاك .

2 – المياه الجوفية العميقة :

توجد في النطاق الشرقي من المملكة العربية السعودية (الرف العربي) كميات هائلة من الميله الجوفية العميقة التي يصل عمقها في بعض الاحيان إلى مئات من الامتار داخل بلطن الأرض ، وقد تجمعت هذه المياه خلال العصور المطيرة ، عندما كان المناخ على شبه الجزيرة العربية ممطراً مما ساعد على امتلاء الأودية بالمياه الجاريه ، مما أدى إلى تسرب هذه المياه إلى باطن الأرض من خلال المسامات في التربه وخفضت في طبقات رسوبية افقيه أو شبه أفقيه ، وتتميز هذه الطبقات بنسبة عاليه من النفاذيه سواء في الجزء الافقي أو شبه الافقي وعادة تتخذ الشكل المقعر (الحوضي) أو الشكل بسيط الالتواء (نصف الحوضي) مع ملاحظة أن هذه الأحواض ترتكز على طبقات صلدة غير نافذة للمياه ، ولهذا تعتبر الصخور الرسوبية أكثر أنواع الصخور ملاءمة لتخزين المياه .

تمتاز الطبقات الحاملة للمياه الجوفية العميقة بالمملكة بانها ذات انحدار تدريجي من الغرب إلى الشرق وقد كانت لهذه الخاصية أهمية بالغة ، فعلى سبيل المثال فان المياه الجوفيه العميقة في هذه المناطق تندفع مياهها ارتوازياً دون الحاجة إلى ضخ كما هو الحال في منطقة الاسياح والبدائع والخبراء بمنطقة القصيم . كما تمتاز هذه الطبقات باتساعها الافقي الكبير مثل تكوين الساق في القسيم الذي بلع مسافة 1200 كم (إدارة وتنمية موارد المياه ، 1415هـ – فرع وزارة الزراعة والمياه القصيم ، 1417هـ) .

3 – الأمن المائي للمملكة العربية السعودية ووسائل ترشيد المياه والمحافظة عليها :

تعمل كل دولة على توفير متطلبات الحياة الأساسية لمواطنيها بشكل يوفر الأمن والاستقرار والنمو والتطور إلى الأفضل . ومن هذا المنطلق اصبحت مسألة تحقيق الأمن المائي بكل دولة أو خاصة الدول الموجودة في نطاق المناطق الجافة جزءاً لايتجزأ من أمنها القومي .

تعاني المملكة ودول الخليج من مشكلات نقص المياه لكونها في منطقة جافة امطارها قليلة ومعدلات التبخر مرتفعة على مدار السنة لامتداد الاقليم الصحراوي فيها . وهذا يعني قلة الاستفادة من المياه العائدة من الأمطار مما يؤثر على المياه الجوفية التي تتصف بضآلة التغذية السنوية مع زيادة التركز الملحي فيها .

1 : المشكلة المائية وتحديدها :

تعاني المملكة ومنطقة الخليج من ندرة المياه العذبة من جهة وتزايد الطلب عليها من أجل الخدمات المنزلية والري من جهة ونتيجة للزيادة المطردة في اعداد السكان مما يزيد من حدة المشكلة التطور السريع في الميادين الاجتماعية والاقتصادية ومايواكبه من جور في استخدام الموارد المائية واسراف من قبل بعض المستهلكين مما أدى إلى غور الينابيع وهبوط مستوى الماء الجوفي ، مما ينعكس سلباً على الحركة التنموية والاقتصادية والاجتماعية . هذا إذا ترك الأمر كما هو دون ملاحظة او تفكير بالمشكلة . لذلك فإنه يجب على جميع الدول الخليجية والعربية اتخاذ خطوات فاعلة ومؤثرة على جميع المستويات لوضع سياسات وبرامج للحفاظ على الموارد المائية بهدف تخفيض الاستهلاك والفاقد من المياه والحد من تبديدها وتلوثها وترشيد استخدامها وتوفير موارد مائية أخرى لضمان استمرارها للمستقبل ، ولابد هنا من ان يحتل هذا الموضوع الأوليه في البرامج الانمائية لمواجهة التحديات المستقبلية وتحقيق الأمن المائي للمنطقة . يتضح من هذا ان مشكلة المياه سببها الاساسي هو التبذير في استخدام المياه بالإضافة إلى إقامة المشاريع الزراعية التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه كالقمح الذي يلاحظ ان مااحتاجته الزراعة من المياه يقدر بحوالي 12675مليون م3 بينما الاحتياج المائي للأغراض الأخرى بلغ حوالي 2200مليون م3 من هذا يتضح ان حوالي 85% لأغراض الزراعة و15% للاغراض الاخرى (إدارة تنمية الموارد المائية ، 1415هـ) .

وللملاحظة لو عملنا مقارنه بين مايستهلكه الفرد في المملكة من المياه ومايستهلكه الفرد في دول بها مصادر أكثر للمياه من المملكة لوجدنا الآتي : أن المواطن السعودي يستهلك متوسط حوالي 400 لتر/ اليوم في حين ان المتوسط العالمي يتراوح مابين 200 250 لتر / اليوم للفرد

وهذا يدل على الاسراف السيء في استخدام المياه وعدم نمو الوعي في ترشيد استخدام الميله . فلو نظرنا إلى مدينة جدة قبل 30 عاماً كان الاستهلاك بها حوالي 25 الف م3 من المياه ثم زادت في عام 1400هـ إلى 256 الف م3 ، اما الآن فقد وصلت إلى حوالي 450 ألف م3 (فرع وزارة الزراعة والمياه بجدة ، 1416هـ). فكان الاستهلاك السابق القليل معتدلاً بدون اسراف بعكس ماهو عليه الآن على الرغم من وجود رسوم يدفعها المستهلك نظير استخدامه للماء.

يتضح من هذه الأمور ان المملكة العربية السعودية قد استطاعت استنزاف المياه الجوفية من أجل الأمن الغذائي بالقيام بالزراعة والاكتفاء الذاتي وللتصدير على حساب الماء الذي تراكم منذ حقب ضاريه في القدم .

2 – مشكلة المياه زراعياً :

يتضح من خلال الاحصائيات المنشورة ان كمية المياه الجوفية التي استنزفت للأغراض الزراعية بلغت حوالي 220 مليار م3 . وإذا حسب كمية المياه التي تغذي التكوينات المختلفة الحاملة للمياه سنوياً فإن الفاقد يكون حوالي 233 مليار م3. وهذا يعادل 69% من اجمالي الاحتياجات من المياه الجوفيه غير المتجددة في التكوينات الرئيسية للمياه ، بمعنى آخر ان ثلثي احتياطي المياه الجوفية السعودية غير المتجددة والتي تعادل تدفق مياه نهر النيل لمدة 4 سنوات والتي تكونت قبل 15 – 35 الف سنة قد استهلكت في 15 سنة فقط (إدارة وتنمية موارد المياه ، 1416هـ) . ومن المؤكد ان اهداف التوسع الزراعي التي تسعى إلى تحقيقه متطلبات الزراعة تتعارض مع أهداف الترشيد في استخدام المياه وهذا ماحدث خلال التنمية الزراعية في المملكة خلال الفترة القصيرة الماضية . فإن التحدي الذي يواجه الحكومة والفرد والمتمثل في ضرورة الاستخدام الأمثل لكل قطره ماء متاحه في المملكة .

3 – الاهتمام بالمياه والمحافظة عليها :

اهتمت حكومة المملكة العربية السعودية بهذا الأمر وبالشكل المطلوب وذلك بقيام وزارة المياه بعمل مسح شامل للمصادر المائية في المملكة العربية السعودية التي بموجبها قسمت المملكة إلى ثمان إجزاء للدراسة (شكل 6) ، وتحد المناطق المهمه والمكامن المائية الجوفية وذلك لتأمين مياه الشرب ومياه الزراعة وتطوير مصادر المياه وتنميتها للاحتياات الحاضرة والقادمة ، وقد أخذ في الاعتبار عند تقسيم المملكة الطبوغرافية والتكوينات الجيولوجية القديمة والحديثة .

وذلك لدراسة خصائص التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه . والوقوف على مدى امكانية استغلال مياهها الاستغلال الأمثل للشرب في الزراعة والصناعة فقد تم حفر أكثر من 5200 بئر أنبوبية لأغراض الشرب والمراقبة والاستكشاف كما بلغ عدد الآبار الأهلية (غير الحكومية) حوالي 73333 بئر معظمها للأغراض الزراعية (إدارة وتنمية الموارد المائية ، 1416هـ) .

وهناك مد أنابيب لمياه الشرب متجهة للمدن والقرى بالإضافة إلى اقمة السدود التي زادت على 196 سداً للاستفادة من مياه السيول ودفع المخاطر عن المزارع والمناطق السكنية ولتغذية المياه الجيوفيه التي بلغت طاقة تخزينها مابين 765 2500 مليوم م3 من المياه كذلك الحال بالنسبة إلى تحلية مياه البحر ونقلها إلى المدن الساحلية والداخلية بالمملكة وإعادة استعمال مياه المجاري بعد تنقيتها للمشاريع الزراعية والصناعية (فرع وزارة الزراعة والمياه بجدة ، 1416هـ) .

4 – الترشيد والمحافظة على المياه :

لقد أدى تسارع التنمية الزراعية والتوسع بها إلىزيادة كبيرة في السحب من المياه الجوفيه التي تأتي من الطبقات المائية المختلفة مما أدى إلى حدوث هبوط لمستويات المياه في المناطق ذات التمية الزراعية المكثفة . وحفاظاً على مستوى المياه الجوفيه فقد اتخذت خطوات جادة للحد من معدلات استخراج المياه الجوفية من طبقاتها للاغراض الزراعية والذي شمل التخفيض في انتاج كميات القمح من 1237 طن إلى 1092100 طن عام1415هـ بحيث اصبحت الكمية في حدود الاكتفاء الذاتي ولقد نجم عن ذلك انخفاض استهلاك المياه بالمملكة لانتاج كميات القمح في نفس الفترة من 6990 مليون م3 إلى 1850 مليون م3 (إدارة وتنمية الموارد المائية ، 1419هـ) .

أما بالنسبة لانتاج الشعير فقد اتخذ اجراء مماثل للسابقه حيث انخفض الانتاج من 1822950 طناً إلى 464000 طناً مع انخفاض في استهلاك المياه من 3010 مليون م3 إلى 510 مليون م3 عام 1416هـ بصفة عامة فإن استهلاك المياه الجوفية لأغراض الزراعة وصل إلى 12950 مليون م3 ثم انخفض إلى 360 مليون م3 عام 1417هـ من أجل الحفاظ على مخزون المياه الجوفية (إدارة وتنمية الموارد المائية 1419هـ) . ومن أجل المحافظة على مخزون المياه الجوفية والاستمرار في تخفيض معدل الاستهلاك العام الحالي فقد اتخذت اجراءات تمثلت فيما يلي :

1 – ايقاف مشاريع الاعلاف التي لم تنفذ حيث انها تستهلك كميات كبيرة من المياه .

2 – تحديدمناطق جديدة بلغت خمسين موقعاً مخصصة لمشاريع مياه الشرب في مناطق المملكة وعدم السماح لاحد بالحفر فيها أوالتعدى عليها .

3 – تحديد أهمية مشاريع مياه الشرب القائمة وذلك بعدم السماح بتنمية الأراضي القريبة منها وحفظها من التلوث .

4 – ايقاف توزيع الاراضي في مناطقة الدرع العربي بسبب قلة المياه فيها والمحافظة على ما بها من مياه للشرب بالإضافة إلى وقف توزيع المزيد من الاراضي التي تعاني من هبوط في مستوى الماء الجوفي بها وحظر وصول الحفر إلى بعض الطبقات المائية.

5 – استخدام مياه الصرف الصحي المنقي وايصالها لبعض المناطق الزراعية للاستخدام كبديل عن المياه الجوفية .

6 – البداية في اجراء دراسات مسح جديدة هيدرولوجيه تفصيليه لطبقات المياه التي لم يسبق دراستها في المملكة وتغطية المناطق التي سبق دراستها بهدف تحديث المعلومات المتعلقة بها والتي على ضوء نتائجها يمكن رسم سياسة مائية مستقبلية للمرحلة القادمة .

بالإضافة إلى ذلك الاهتمام بتوعية المواطن من حيث المحافظة على المياه وترشيد استخدامها مع تحديث الشبكة الموصله للمياه إلى أماكن حفظها واستهلاكها ومراقبتها والاهتمام بالتوصيلات المترلية والاعتناء بتحديد الشبكة الداخلية في المنازل . ويمكن توعية المواطن باهمية الاستفادة من مياه الصرف الصحي المنقاة في الاستخدامات المترليه مثل غسل المنازل وري الحدائق المترلية وغسل السيارات وملأ صناديق الطرد بالحمامات ، ويجب الاهتمام كذلك بدور الاعلام وتوجيههه لتوعية المواطن بهذا الشأن مع اقامة مراكز اعلامية تقوم بدور التوعية الاعلامية المائية في مناطق المملكة والتأكد على عنصر مهم وحيوي لجميع المخلوقات ، واعتباره ثروة وطنية يتوجب على الجميع دينياً ووطنياً المحافظة عليها ، فالترشيد مهم لعمل ميزانية مائية متوازنة بين المصادر والاستخدامات مع المحافظة على هذا المورد المهم . ولقد لوحظ ان مقدار مايكلفه انتاج متر مكعب واحد من المياه المحلاة يصل إلى نحو 9ر1 ريال سعودي فقد يعمل هذا السبب وحده كاف للمستهلك بان يعيد حساباته في استهلاك الماء بحيث يضمن له وللأجيال القادمة التوازن البيئي المنشود .

في ضوء ماتقدم فإنه لابد من الإشارة ، ونحن في هذا المقام، ان سياسة الترشيد في استهلاك المياه العذبه التي تمارس حالياً في المملكة العربية السعودية وحرص الدولة على رسم سياسة مائية متوازنة تراعي مسألة المصادر المائية المتاحة والاستخدامات العقلانية الترشيدية . ولاشك

بان اتخاذ خطوات من هذا النوع من قبل الحكومة يعد محاولات جادة وجريئة سوف تسهم في تحقيق الامن القومي السعودي . صحيح ان تحقيق هذه السياسة مكلف من الجهود والتكاليف ولكن كل شيء في سبيل سلامة الوطن ومايحويه يهون .

ولابد من الاهتمام بالميزانية المائية والتشدد على الترشيد بكل صرامه حتى يتم المحافظة على المياه دون اسراف ، وهذا لايتم إلا إذا عرف المواطن مدى الخطر الذي يحيط به من سبب الاسراف في استخدام المياه ، ولايكتمل هذا الامر إلا إذا عرف كمية المياه التي تصل إليه من المصادر المختلفة وكمية المياه المستخدمة لكافة الأغراض ، والتي تتمثل في مجموع كمية المياه المعتمد عليها من المصادر تقدر بحوالي 5754 مليون م3 سنوياً اما مجموع مايستخدم من هذه المياه لجميع الأغراض فتصل بنحو 20781 مليون م3 سنوياً . أي ان هناك عجزاً قدر بحوالي 15027 مليون م3 سنوياً وهذا يتطلب الحث بشدة وبصرامة على المحافظة والترشيد المائي في المملكة . (الباحث ، 1420هـ)

الخاتمة :

تمتاز المملكة بموقعها في المنطقة المدارية الحارة المميزة بأمطار قليلة وغير منتظمة وملاحظة ان سكانها في تزايد مطرد عددياً مع قلة في موارد المياه المستخدمة وأيضاً مهدده بالنضوب ، ورغم ذلك فإن البحث عن موارد مائية طبيعية قائم مع تنمية للمصادر المكتشفة سابقاً والتركيز على المحافظة عليها . لهذا أظهرت هذه الدراسة الآتي :

1 - أنه نظراً لاهمية المياه للفرد والمجتمع والزراعة فقد أنشأت سدود عديدة على الأودية قاربت على المائتي سداً ، بلغ مجموع ماتخزنه بحوالي 2500مليون م3 سنوياً (الباحث ، عام 1417هـ) .

2 - قامت الدولة بانشاء حوالي 25 محطة لتحلية مياه البحر على المدن الساحلية في شرق المملكة وغربها وقد استفادة منها أيضاً المدن الداخلية لسد عجز المياه الصالحة للشرب بكمية قدرت بنحو 730 مليون م3 سنوياً أي بنسبة حوالي 70% من الاحتياجات من مياه الشرب (شكل 7) (هيئة تحلية مياه البحر ، جدة ، 1418هـ ، الباحث 1415هـ) .

3 - اقيمت محطات لتنقية مياه الصرف الصحي للأغراض الزراعية والصناعية بكميات قدرت بنحو 694 مليون م3 سنوياً لايستفاد منها إلا 40% ، والباقي يلقى في مجاري الأودية (إدارة مشاريع الصرف الصحي ، جدة ، 1418هـ ، الباحث ، 1415هـ)

4 - اهتمت حكومة المملكة العربية السعودية باقامة مشاريع لامداد المواطن بالمياه الصالحة للشرب علماً بأن عدد السكان قد وصل إلى مايقارب 17 مليون نسمة حسب الاحصاء هام 1413هـ ، ومن المتوقع ان يصل عددهم إلى 20 مليون بنهاية هذا العام (إدارة الاحصاء العام الرياض 1413هـ) .

التوصيات :

يرى الباحث بعد اشرافه على خاتمة دراسته طرح التوصيات التالية :

1 – ضرورة تضافر جهود المسئولين في المملكة ودول الخليج في إيجاد سياسة مائية موحدة تماثل السياسة البترولية والاتفاق عليها ، وعمل مواصفات وقياسات موحدة لكل مايتعلق بالمياه بدءاً من الحصول عليها حتى استهلاكها .

2 – التوسع في اقامة مشاريع السدود خاصة الخرسانية على مجاري الإودية مع مايلزم لها من بناء لتخزين المياه الفائضة عن طاقة السد التخزينية .

3 – الكشف الدوري على شبكات توصيل المياه داخل المدن وخارجها من اجل صيانتها وتقليل كمية الفاقد من مياهها ، لأن الفاقد منها يفوق المستعمل ويؤثر على استخدام المياه .

4 – اجبار أصحاب المنازل بوضع عدادات للمياه وعمل فواتير ماء اسوة بفواتير الكهرباء والهاتف تدفع بالاتفاق مع المصلحة مباشرة .

5 – فرض غرامات مالية على أصحاب المنازل الذين يغالون في استخدام المياه .

6 – إجبار التجار والموزعين للأدوات الصحية بالتقيد بما تنص عليه اللائحة الموحدة لإدارات القياس والموازين وبجلب الإدوات الملائمة للترشيد المائي .

7 – عمل شبكة مائية لتوصيل مياه الصرف الصحي من المنازل إلى محطات التنقية وبالعكس مع الحرص على بناء خزانات لحفظ هذه المياه واستنخدامها للاغراض المناسبة .

8 – منع استخدام المياه العذبة في ري الحدائق واستخدامها في برك السباحة وغسيل السيارات والمنازل .

9 – إيصال مياه الصرف الصحي المنقاه ثلاثياً لري الاشجار وحقن آبار البترول كبديل للمياه العذبة .

10 – التوسع في استخدام محطات واجهزة تنقية المياه على الآبار المالحة لتحليتها واستخدامها اما للزراعة أو للشرب .

11 – عمل عدادات على الآبار تقفل تلقائياً عند وصول السحب لرقم معين ولاستمح لاستخدام البئر إلا في اليوم التالي للسحب .

12 – التشدد في عدم حفر الآبار إلا بعد موافقة الوزارات والجهات المعنية والإدارات المراقبة وفرض غرامة مالية لمن يخالف الأمر .

13 – الاهتمام بزراعة محاصيل لاتتطلب استهلاكاً مائياً كثيراً والتشجيع للتحـــول إلى هـــذه الأنواع وفرض غرامه مالية صارمه على المخالفين .

14 – توعية طلاب المدارس والمعاهد والجامعات بالمحافظة على المياه بعد توضيح أهمية الميـــاه للحياة والاستقرار وتشجيع من يهتم بذلك بجوائز تحفيزية .

15 – الاهتمام بالتوعية الاعلامية عن طريق الصحف والمجلات مع عقـــد نـــدوات مرئيـــة ومسموعة للحث على الترشيد المائي .

16 – انشاء إدارات للاعلام تابعة للوزارات المعنية يكون هدفها زيادة الوعي تجاه استخدام الميـــاه للأفراد والمجتمع وتركيز ارشادات المحافظة على المياه مثلاً بدفاتر وكتب الطلاب ، والتعاون مع الشركات الناقلة بوضع هذه الارشادات على تذاكر السفر (جواً وبحـــراً وبـــراً) وفي محطات الوقود (كما هو معمول للحملة التوعوية المرورية والأمنية بالمملكة) .

17 – تشجيع البحوث العملية ودعمها حتى تخرج بنتائج مفيده في مجال الأمن المائي .

18 – انشاء وزارة تعني بشؤون المياه مستقلة عن وزارة الزراعة من أجل تقنين الاســتخدامات المائية بكل دقة وموضوعية .

19 – التوسع في المحطات القائمة لتحلية مياه البحر لتكون أكثر فاعلية في انتاج المياه المحـــلاه وزيادة طاقتها الانتاجية بعد تقدير الاحتياجات مع التوسع العمراني والسكاني في المدن .

ان ضمان الأمن المائي في ربوع المملكة العربية السعودية أمر ليس بالسهل . وعلى الرغم من ذلك إلا أن الحكومة السعودية تسعى جاهدة إلى ممارسة سياسة موضوعية وعمليـــة من أجل الوصول إلى صعيد هذا الأمن . ومما يزيد من صعوبة الموقف نـــدرة المصـــادر المائية وقاربة المناخ السائد في جل أرجائها من حيث عظم الفوارق الحرارية ليس علـــى مستوى اليوم الواحد فقط ولكن على مستوى فصول السنة .

ومما يضاعف من هذه الصعوبة زيادة الطلب ، بشكل ملفت للنظر من قبل المســتهلكين للماء من أجل مواكبة الدولة والمواطنين والمقيمين للتطور السريع الذي تعيشه البـــلاد في شتى الميادين الاجتماعية والاقتصادية والمعيشية .

وعلى كل حال فان الباحث ، عبر بحثه هذا ، قد أدلى بدلوه في هذا المجـــال الحيـــوي وتوصل إلى عدد من النتائج والتوصيات على أمل القاء الضوء على مايمكن أن يعـــترض تحقيق سياسة الأمن المائي والذي هو جزء لايتجزأ من الأمن القومي الســـعودي ، مـــن أجل الاسهام في كيفية التصدي لها .

المراجع العربية :

1 - ابو العلا ، محمد طه ، " جغرافية شبه جزيرة العرب " الجزء الأول ، الطبعة الأولى ، مؤسسة سجل العرب ، القاهرة ، 1973م .

2 - التركستاني ، حبيب الله محمد رحيم " معالم في طريق التنمية بالمملكة العربية السعودية " دار البلاد للطباعة والنشر ، جدة ، 1420هـ /1999م .

3 - السيد عمر الفاروق " دراسات في جغرافية المملكة العربية السعودية ، دار الشروق ، جدة ، 1398هـ /1978م .

4 - الشريف ، عبد الرحمن صادق " جغرافية المملكة العربية السعودية " الجزء الأول ، دار المريخ ،جدة ، 1407هـ / 1986م .

5 - بندقجي ، حسين حمزة " جغرافية المملكة العربية السعودية " الطبعة الأولى ، مكتبة الانجلو المصرية ، القاهرة ، 1397هـ/1977م .

6 - سقا ، عبد الحفيظ محمد سعيد " الجغرافية الطبيعية للمملكة العربية السعودية ، مكتبة دار زهران ، جدة ، الطبعة الثانية ، 1419هـ /1998م .

7 - مشخص ، محمد عبد الحميد " الجغرافيا البشرية المعاصرة للمملكة العربية السعودية ، مكتبة دار زهران ، جدة ، الطبعة الثانية ، 1419هـ / 1998م .

8 - الرويثي ، محمد أحمد " الشخصية الجغرافية للمملكة العربية السعودية ، دراسة في الجغرافية الاقليمية ، مكتبة التوبة ، المدينة المنورة ، 1416هـ / 1996م .

9 - سيف ، محمود محمد " جغرافية المملكة العربية السعودية " دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية ، 1418هـ/ 1998م .

10 - عبده ، طلعت أحمد محمد وآخرون " جغرافية شبه الجزيرة العربية " دراسة في الجغرافيا الاقليمية ، دار الخريجي للنشر والتوزيع ، الرياض ، 1418هـ / 1997م .

11 - المنهراوي ، سمير وآخرون " المياه العذبة ، مصادرها وجودتها " الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، 1417هـ/1997م .

12 - بليغ ، عبد المنعم " الماء مأزق ومواجهات " دار المعارف ، الاسكندرية ، 1417هـ / 1997م .

13 - دياب ، مغاوري شحاته " مستقبل المياه في العالم العربي " ، الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، 1418هـ/1998م.

14 - وزارة الزراعة والمياه " لمحة عن مشاريع المياه " إدارة تنفيذ المشاريع ، مطابع الشـــــرق الأوسط ، الرياض ، 1417هـــ/1997م .

15 - وزراة الزراعة والمياه " مصادر ومشروعات المياه في المملكة العربية الســـعودية ، إدارة تنمية موارد المياه ، مطابع الشرق الأوسط ، الرياض ، 1415هـــ / 1995م .

16 - وزارة الزراعة والمياه " النشرات المائية ، الإدارة العامة لتنمية الموارد المائية ، الريـــاض ، 1416هـــ/1996م .

17 - وزارة الزراعة والمياه " دراسات مختلفة عن مصادر المياه " الإدارة العامة لتنمية المـــوارد المائية ، الرياض ، 1417هـــ/1977م .

التقارير :

18 – وزارة الزراعة والمياه ، التقرير السنوي عن أعمال المديرية العام للزراعة والمياه بمنطقة نجران ، 1415هـ/1995م .

19 – وزارة الزراعة والمياه ، التقرير السنوي لأعمال المديرية العامة للزراعة والمياه بمنطقة الحدود الشمالية . 1417هـ/1997م.

20 التركي ، سعيد سويلم : السدود واهميتها للتنمية الزراعية " بحث منشور القي في الندوة السادسة بجدة ، 1417هـ .

المراجع الأجنبية :

21 - Asad , Chamun R. " Geography of the King dom of Saudi Arabia " Makrabut Dar Jeddah 1416 - 1996 .

22 - El Mallakh , Ragaei , " Saudi Arabia , Rush to Development ". Croom Helm. London , 1982 .

23 - Barrow, Chris . " Water Resources and Agricultural Development in the Tropics " Longman Group U.K L . t .d 1987 .

24 - Al - Suyari , Saad S, and others , " Quateranary , Period in Saudi Arabia" Volume 1 Springer - Verlag Wien New York 1978 .

25 - Jado , Abdul Raof , and others , " Quateranary , Period in Saudi Arabia " Volume 2 . Springer - Verlag Wien New York 1984 .

26 - Newson , Malcolm " Land , Water and Development " . Routedge London , New Yourk , , 1992 .

27 - Agnew , Elive , and Anderson , Ewan , " Water Resources in the Arid Realm " Routledge London . New Yourk 1992 .

28 - Chorley , Richard J. : Water , Earth and Man " Methuen . London , New Yourk , 1979 .

29 - Al-Turki , S. S. " Water Resources in Saudi Arabia , with Particular Referenco to Tihanaa Asir Province " Durbam , England , 1995 .

جدول(١)

معدلات التبخر في شهري يناير ويوليو (١٩٨٠-١٩٩٦م)

بالسنتيمترات

الرقم	المحطة	يناير	يوليو	المعدل السنوي
١	عُرَيْعِرْ	١١	١٧٧	٩٨٧
٢	سكاكا	١٦	٢٠٦	١٢٥٣
٣	تبوك	١٤	١٩٥	١١٩٩
٤	تبالة	١٤	١٦٦	١٠٧٤
٥	حائل	١٢	١٩١	١١٥٥
٦	رأس تنورة	٢٥	٢١٠	١٤٣٢
٧	الخُفْجي	٢٦	٢١٤	١٤٨٠
٨	عُنَيْزَة	١٦	٢٠١	١٤٨٠
٩	الهُدُونه	١٧	٢١٢	١٦١٨
١٠	الرياض	١٧	٢١٢	١٤٥٢
١١	المدينة المنوّرة	٣٥	٢١٢	١٦١٨
١٢	ينبع	٥٧	١٩٩	١٥٩١
١٣	حرض	٢١	٢١١	١٤١٩
١٤	جدّة	٨٧	٢٠٠	١٧٦٣
١٥	الطائف	٢٩	١٦٩	١٦٧٥
١٦	السليل	٢٥	٢٠٨	١٤٥٨
١٧	بيشة	٣٦	١٨٦	١٣١٨
١٨	بلجرشي	٢٨	١٢٩	٩١٠
١٩	الشماس	٢٩	١٠٦	٧٧٤
٢٠	الغوص	١٠٨	٢٠٧	١٩٣٥
٢١	خميس مشيط	٣٥	١١٧	٨٩٢
٢٢	أبها	٣٣	١١٠	٨٣٩
٢٣	نجران	٤١	١٩٥	١٣٩٩
٢٤	جازان	٩٩٦	١٩٧	١٩٣٢

جدول(٢) معدل الامطار السنوي في بعض مدن المملكة (ملم)*

المدينة	الأمطار	المدينة	الأمطار	المدينة	الأمطار	المدينة	الأمطار
رابغ	١٨	الانلاج	٥٩	السفانية	٨٨	القويعية	١٢١
الوجه	٢٢	طريف	٦٠	عرعر	٨٩	البرس	١٢٥
طبرجل	٢٩	الخبر	٦٣	رأس تنورة	٩١	شقراء	١٢٧
تبوك	٤١	العلا	٦٤	البنهانية	٩٤	البجادية	١٣١
سلوى	٤١	الخرج	٦٥	رماح	٩٤	الزلفي	١٣١
خيبر	٤٤	طلسم	٦٦	راس الخنجي	٩٨	برسدة	١٤١
بيرين	٤٤	بحره	٦٧	عنيزة	١٠٠	الدوادمي	١٤٤
جدة	٤٥	الظهران	٦٧	نفي	١٠٢	القيصومة	١٤٧
المدينة	٤٥	القليبة	٦٨	مسجيد	١٠٣	تندحة	١٤٨
جيزان	٤٦	الهندر	٧٠	مهد الذهب	١٠٥	الارطاوية	١٤٨
تيماء	٤٦	خريص	٧١	الدرعية	١٠٦	السيل الكبير	١٦٨
حرض	٤٨	دومة الجندل	٧٢	حائل	١٠٧	الطائف	٢٠١
البيدة	٤٩	رنحاء	٧٦	مكة	١٠٨	ظهران الجنوب	٢٠١
ينبع	٥٠	النطيف	٧٦	صبيا	١٠٩	ابوعريش	٢١٦
بدر	٥١	التبيق	٧٨	العقيق	١١١	خميس مشيط	٢٢٥
خيبر	٥٤	نجران	٧٩	المجمعة	١١٤	القرعة	٢٥٠
المويلح	٥٥	النقرة	٨٠	حريملا	١١٥	المعلا	٢٥١
سكاكا	٥٧	ضرما	٨٥	سدوس	١١٦	سراة عبيدة	٢٥٣
القريات	٥٧	الرياض	٨٦	حوطة سدير	١١٧	النطاطة	٢٨٦
بدنة	٥٩	عقلة الصقور	٨٦	النعيرية	١١٨	الاصبر	٣٢٩
بلجرشي	٣٦٤	جبل الشفا		البزيد	٢٠٤	تنمية	٣٠٤
النماص	٥٢٩	السودة	٥٤٠	الباحة	٥٥٢	جبل نبنا	٥٨٥

المصادر : ١ - مصلحة الأرصاد وحماية البيئة : النشرات المترولوجية

٢ - مصلحة الإحصاءات العامة بوزارة المالية : الكتب الإحصائية السنوية

٣ - قسم الهيدرولوجيا بوزارة الزراعة والمياه : النشرات الهيدرولوجية

مصلحة الارصاد وحماية البيئة : النشرات المترولوجية ،

جدول (٣) معدلات الرطوبة النسبية في ٢١ محطة بالمملكة العربية السعودية للفترة ٨٧/١٩٩٧م

الرطوبة ٪ في ١٢ شهرا

عدد	المحطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	السنة
١	طريف	٦٨	٦٠	٥١	٤٠	٣١	٢٧	٢٨	٣٠	٣٠	٣٧	٥٤	٦٨	٤٤
٢	عرعر	٦٠	٤٩	٤١	٣٤	٢٦	١٨	١٨	١٩	٢١	٣٠	٥١	٦٣	٣٦
٣	الجوف	٥٦	٤٦	٣٩	٣٠	٢٢	١٧	١٧	١٨	١٩	٢٩	٤٨	٥٥	٣٣
٤	رفحة	٥٦	٥١	٤٢	٣٥	٢٧	١٩	١٧	١٨	١٩	٣٥	٥١	٦٠	٣٦
٥	تبوك	٤٠	٤٢	٣٥	٢٥	٢٤	٢٢	٢٢	٢٥	٢٧	٣١	٤٥	٥١	٣٣
٦	القيصومة	٥٨	٤٣	٣٨	٣١	٢٢	١٣	١١	١٣	١٥	٢٦	٤٠	٥٥	٣١
٧	حائل	٥٨	٥٠	٤١	٣٧	٢٨	١٩	١٧	١٨	١٩	٢٩	٥١	٥٦	٣٦
٨	القصيم	٥٣	٤٤	٣٧	٣٤	٢٦	١٦	١٥	١٥	١٦	٢٤	٤٢	٥٣	٣٢
٩	الظهران	٧٠	٦٩	٦٢	٥٣	٤٣	٣٣	٣٧	٤٣	٥٣	٦٠	٦٦	٦٩	٥٥
١٠	الوجه	٥٦	٥٨	٥٧	٦٠	٦٦	٧١	٧٤	٧٨	٧٥	٦٧	٥٩	٥٧	٦٥
١١	الرياض	٣٩	٤٢	٣٨	٣٣	٢٤	١٤	١٣	١٤	١٦	٢٢	٣٧	٤٨	٢٩
١٢	المدينة المنورة	٤٠	٣١	٢٧	٢٤	١٨	١٢	١٤	١٥	١٤	١٩	٣٤	٣٩	٢٤
١٣	ينبع	٥٦	٥٦	٥٥	٥٥	٥٧	٥٦	٦٠	٦١	٦١	٦٢	٥٧	٥٨	٥٨
١٤	جدة	٦٠	٥٩	٥٨	٥٦	٥٦	٥٩	٥٥	٥٨	٦٧	٦٧	٦٢	٦٠	٦٠
١٥	الطائف	٦٠	٥٣	٤٧	٤٣	٣٥	٢٢	٢٧	٢٦	٢٧	٣٨	٥٤	٥٧	٤١
١٦	مكة المكرمة	٥٦	٥١	٤٧	٤١	٣٦	٣١	٢٩	٣٥	٤١	٤٧	٥٣	٥٣	٤٤
١٧	السليل	٤٢	٣٨	٣٨	٢٩	١٨	١١	١١	١٥	١٥	٢١	٣٤	٤٤	٢٦
١٨	بيشة	٤٥	٤١	٣٩	٣٧	٣٠	١٧	٢٥	٢١	١٧	٢٢	٣٣	٤٢	٣٠
١٩	خميس مشيط	٦٥	٦٢	٦٠	٥١	٤٨	٣٨	٤١	٤٩	٣٦	٤٢	٥٨	٦٤	٥١
٢٠	نجران	٤٨	٤٤	٤٤	٣٣	٢٩	١٨	٢٢	٢٤	٢١	٣٠	٣٤	٤٧	٣٣
٢١	جيزان	٧٤	٧٢	٧٣	٧٥	٦٤	٦٤	٦٢	٦٤	٦٨	٦٧	٧٠	٧٣	٦٨

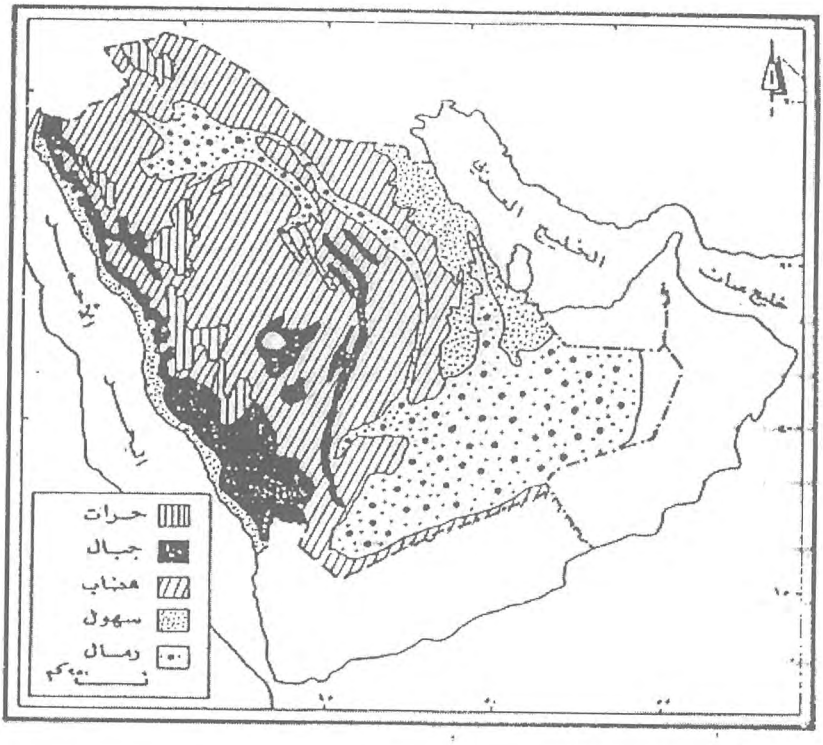
المصدر: (١) مصلحة الأرصاد وحماية البيئة ـ المملكة العربية السعودية: التقارير السنوية (٨٧ ـ ١٩٩٧).

جدول (٤) يوضح السدود في المملكة العربية السعودية

م	اسم السد	المركز	النوع	الطول (م)	الارتفاع (م)	سعة التخزين (م٣)
١	سد حريمة	الرياض	ترابي	٣٦٠	٩,٥	١,٣٠٠,٠٠٠
٢	سد لبن	الرياض	ركامي	٥٠٠	١٢	٢,٠٠٠,٠٠٠
٣	سد ثادق	الرياض	ركامي	٤٠٠	٨	١,٥٠٠,٠٠٠
٤	سد الدوخة	الدوخة	خرساني	٢٨٠	٩,٥	٣,٠٠٠,٠٠٠
٥	سد اضاير	الرياض	خرساني	٤٠٠	١٤	٢,٨٠٠,٠٠٠
٦	سد حلتار	الرياض	ترابي	٣٤٥	٥	٣٠٠,٠٠٠
٧	سد الحيراء	الرياض	ترابي	١٧٠	٦	٩٠,٠٠٠
٨	سد حريقة	الرياض	ترابي	١٩٠	٦	٨٠,٠٠٠
٩	سد حلاجل	صلبر	ترابي	٢٢٠	١١,٦٠	١,٧٥٠,٠٠٠
١٠	سد ملهم	صلبر	ترابي	١٠٠	٥	٢٠٥,٠٠٠
١١	سد حريملاء	صلبر	ترابي	١٢٥٠	٦	٩,٥٠٠,٠٠٠
١٢	سد الحميضة	صلبر	ركامي	٢٦٠	٨	١,٣٠٠,٠٠٠
١٣	سد ثادق	صلبر	ترابي	٨٥٠	٧	٢,١٠٠,٠٠٠
١٤	حاجزة صلبر	صلبر	ترابي	٥٥٤	١٤	٣,٠٠٠,٠٠٠
١٥	سد الغاط	صلبر	ترابي	٢٥٠	١١	٩,٠٠٠,٠٠٠
٩٦	سد الخطاطبة	الباحة	خرساني	٦٠	٧	٢٠٠,٠٠٠
١٧	سد جازان	جازان	خرساني	٣٦٦	٣٥	٥٦,٠٠٠,٠٠٠
١٨	سد صعب	الخفاف	ترابي	٢٩٠	١٠	٥٠٠,٠٠٠
١٩	سد أبها	عسير	خرساني	٣٥٠	٣٣	٢,٤٠٠,٠٠٠
٢٠	سد بطحان	المدينة	خرساني	٢٦	١٢	٥٠٠,٠٠٠
٢١	سد عكرمة	الخفاف	ركامي	٣٠١	٨	٤٠٠,٠٠٠
٢٢	سد ظهران	ظهران	ركامي	٩٠	١٠	٢٠٠,٠٠٠
٢٣	سد عارد	الأسياح	ترابي	٥٠٠	٧	١,٣٠٠,٠٠٠

تابع - جدول يوضح السدود في المملكة العربية السعودية

٤	اسم السد	المركز	النوع	الطول (م)	الارتفاع (م)	سعة التخزين (م٣)
٢٤	سد عقلة	حائل	ترابي	١٠٠	٧	١٠٠,٠٠٠
٢٥	سد الصالى	حائل	ترابي	٢٣٠	٦	٦٥٠,٠٠٠
٢٦	خلوم رابغ	رابغ	ترابي	٨٠٠	٦	تحويلي
٢٧	سد بوات	بوات	ترابي	١٦٠	١٢	٤٠٠,٠٠٠
٢٨	سد الوعلة	المدينة	ترابي	٤٥٠	١٥	٢,٠٠٠,٠٠٠
٢٩	سد وثيلة	القصيم	خرساني	٧٠٠	٧	١,٥٠٠,٠٠٠
٣٠	سد الغاب	المدينة	ترابي	٦٥٠	١١	١,٠٠٠,٠٠٠
٣١	سد مجلا	عسير	ركامي	١١٠	١٢	١,٠٠٠,٠٠٠
٣٢	سد الصفراء	صلبر	ركامي	٤٦٠	١٣	١,٠٠٠,٠٠٠
٣٣	سد مروع	عسير	خرساني	٧٥	١٢	١,٠٠٠,٠٠٠
٣٤	سد الجران	الجوف	خرساني	٢٥٠	٦٠	٨٥,٠٠٠,٠٠٠
٣٥	سد الشعراء	الدوادمي	خرساني	١٥	١١	١,٠١١,٠٠٠
٣٦	سد لبا	الخفاف	ركامي	١٩٠	٤٥	٦٠,٠٠٠,٠٠٠
٣٧	سد تربة	الخفاف	خرساني	٣٨٠	٢١	٢٠,٠٠٠,٠٠٠
٣٨	سد الجاميح	الدوادمي	ترابي	٧٠٠	٧	٣,٤٠٢,٠٠٠
٣٩	سد صفوى	صلبوخ	ترابي	٥٢٠	٧	٧٠٠,٠٠٠
٤٠	سد الطاويل	المدينة	خرساني	٤٥٠	١١	٧,٠٠٠,٠٠٠
٤١	سد حوطة بني تميم	حوطة بني تميم	ترابي	٧٧٠	١٣	٣,٤٠٠,٠٠٠
٤٢	سد نمران	الزلفي	ركامي	١٤٠	٢١	١,٥٠٠,٠٠٠
٤٣	سد الفيل	الافلاج	خرساني	٩٢٦	١١,٥	٢,٥٠٠,٠٠٠
٤٤	سد الشرائع	المدينة	ترابي	٥٠٠	٨,٥	٨٨,٠٠٠
٤٥	سد [illegible]	بللحمر	خرساني	١٤٥	١٥	٣٢٥,٠٠٠
٤٦	سد سراة عبيدة	عسير	ركامي	١٧٠	٢٩	٦,٥٠١,٠٠٠

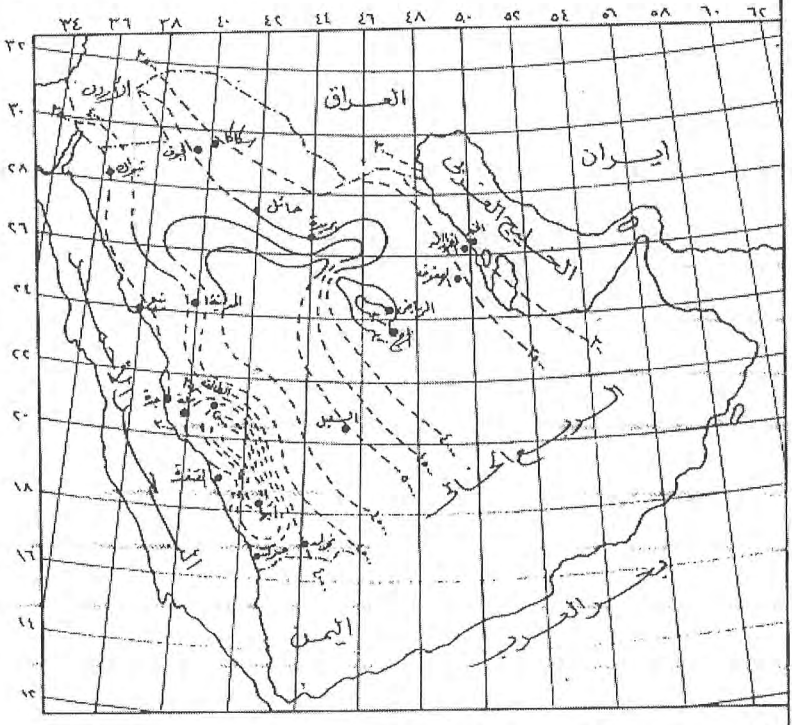


شكل (1)

مظاهر أشكال السطح في المملكة العربية السعودية

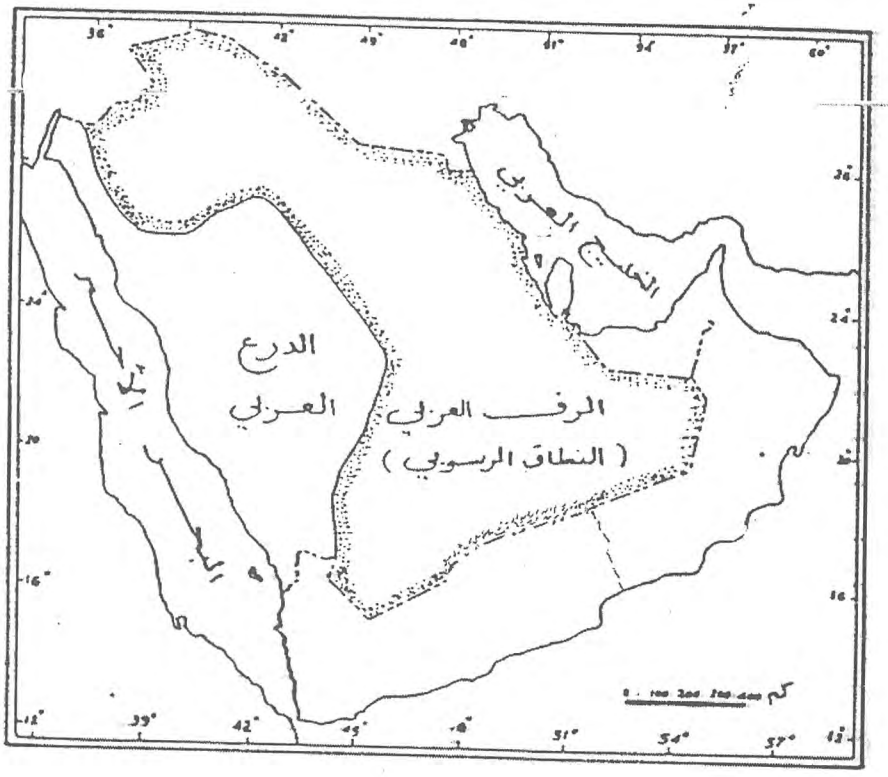
شكل رقم (٢)

التبخر السنوى من عام ١٩٧٥ الى عام ١٩٩٠م



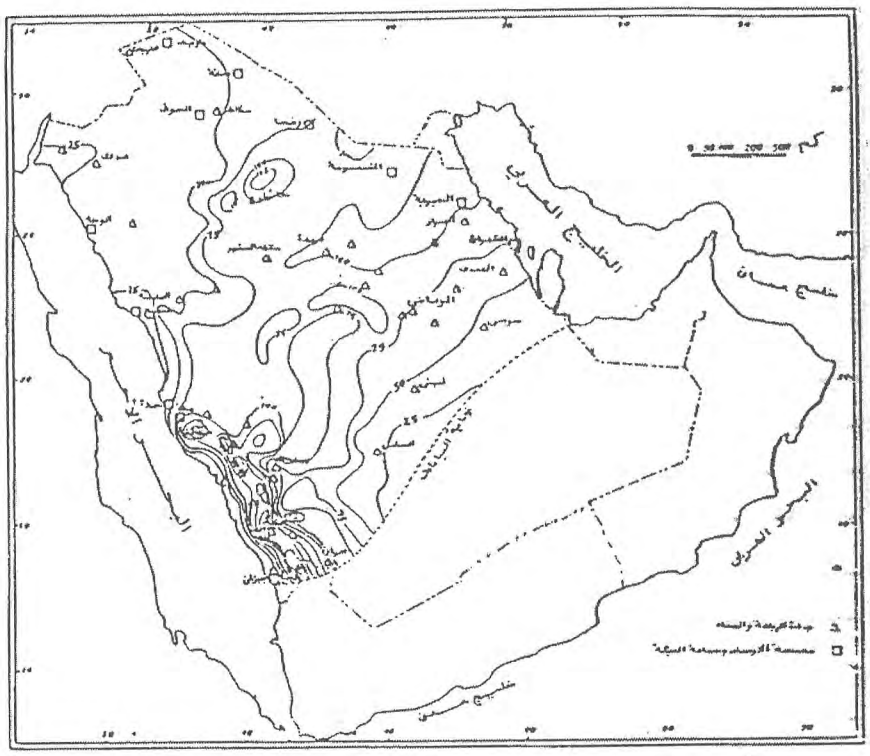
المصدر : عن خرائط ومعلومات إدارة تنمية موارد المياه - وزارة الزراعة والمياه

كيلومترات



شكل رقم (3)

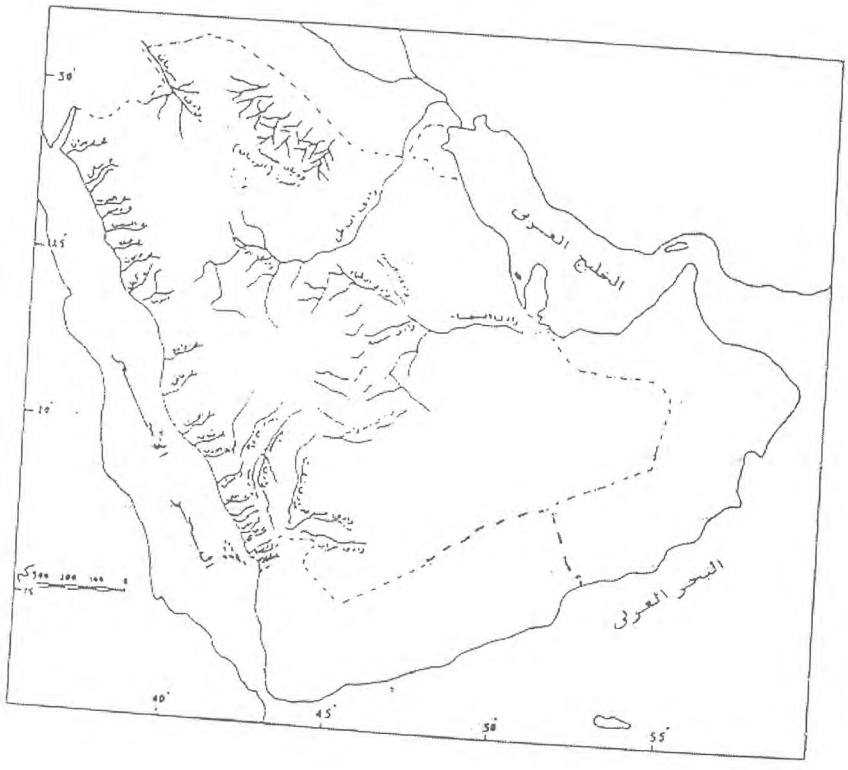
خريطة الدرع العربي والرف العربي



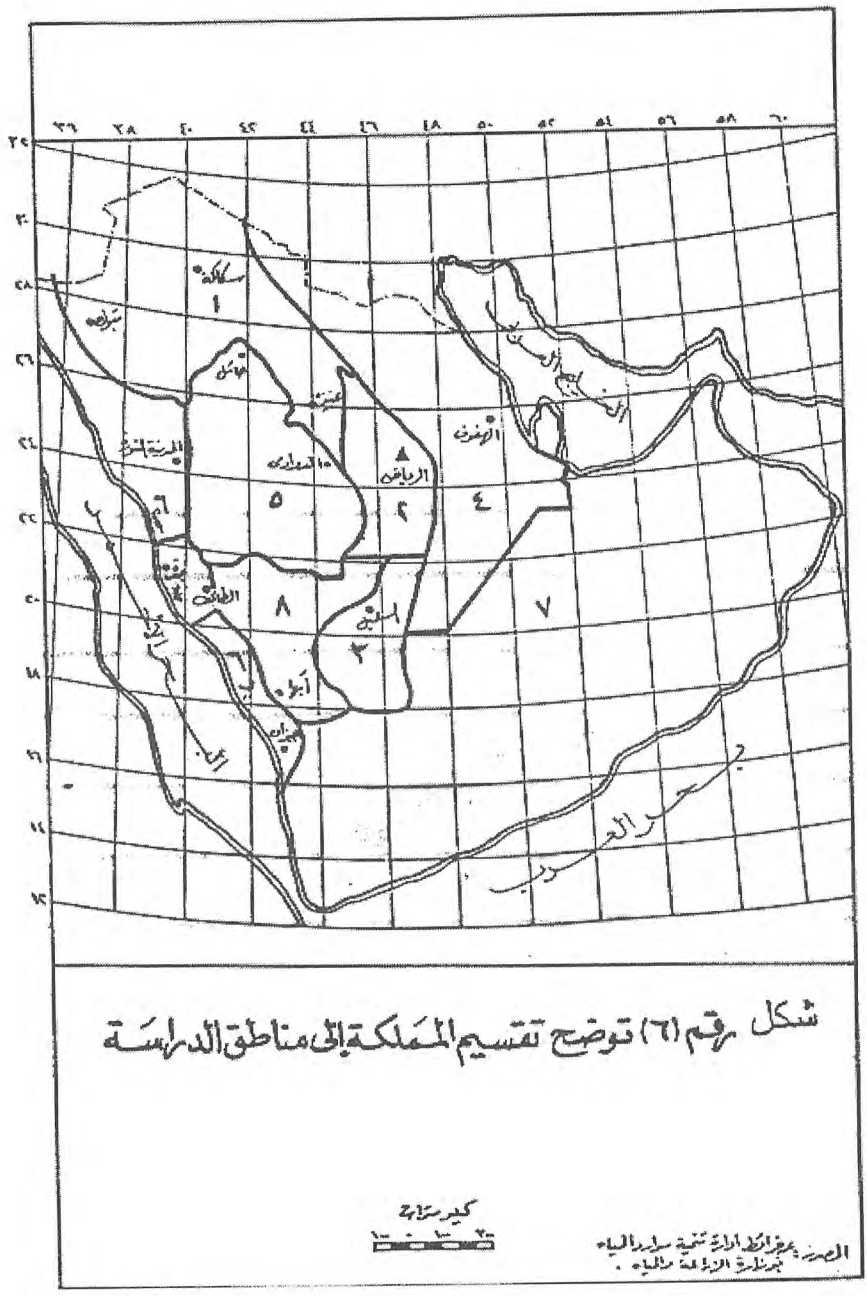
خريطة المتوسط السنوي للأمطار

المصدر : (وزارة الزراعة والمياه ، أطلس المناخ ، **1988**)

شكل رقم (4)

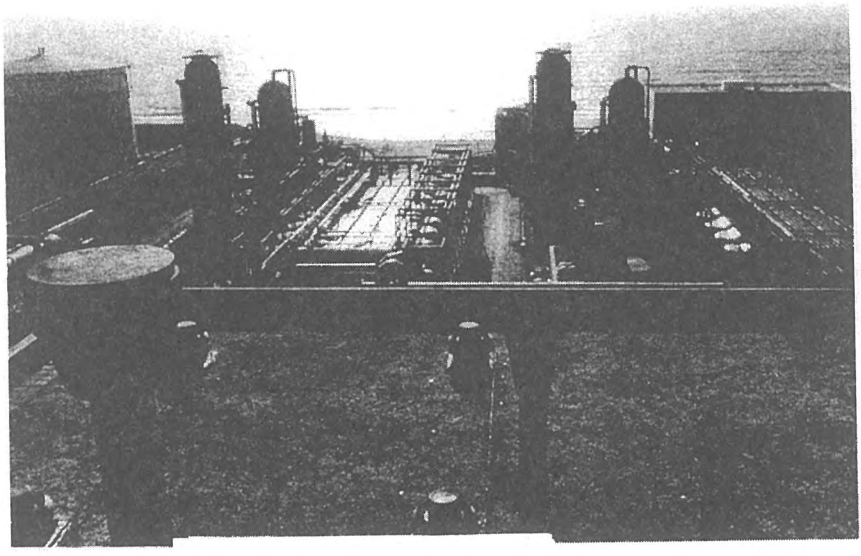


شكل رقم (5) الأدوية الرئيسية في المملكة العربية السعودية



شكل رقم (٦) توضح تقسيم المملكة إلى مناطق الدراسة

* المنطقة السادسة قسمت إلى قسمين شمال وجنوبي بينها منطقة مكة المكرمة التي تعتبر منطقة لوحدها.



شكل رقم 7–1

احدى محطات تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية

حول عمل أطلس مائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

د. طه بن عثمان الفرّاء

حول عمل أطلس مائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

إعداد: د. طه بن عثمان الفرّاء

قسم العلوم الاجتماعية — أكاديمية نايف العربية للعلوم الأمنية

ملخص البحث (ABSTRACT):

يعد الماء سلعة ضرورية للإنسان ومن خلفه كل الكائنات الحية. وعلى الرغم أن مياه البحار والمحيطات تغطي أكثر من 70٪ من المساحة الكلية لسطح الأرض إلا أن شح الماء بدأ يهدد الحياة في كثير من بقاع الأرض. ونظراً لأن الموقع الجغرافي لدول مجلس التعاون في نطاق شح المياه في العالم بالإضافة إلى التزايد السكاني الملحوظ في تلك الدول فإنه يجب عليهم فرادى ومجتمعين أن يغذوا السير ويكثفوا من جهودهم من أجل ترشيد استهلاك ما هو متوافر لديهم من رصيد مائي وتطويره ومحاولة زيادة مقداره. ويرمي هذا البحث إلى تحقيق عدد من الأهداف تصب كلها في النهاية في دائرة تحقيق الأمن المائي لدى هذه الدول. وبما أن البحث يتمحور حول اقتراح عمل أطلس مائي لدول مجلس التعاون الخليجي على اعتبار أنه يسهم بصورة إيجابية في تحقيق الأمن المائي الذي ننشده فإن أول تلك الأهداف يكمن في التعريف بالأطالس بوجه عام والأطلس المائي بوجه خاص مع إبراز أهمية إعداده للدول الخليجية ذات الشأن. كما أن للبحث أهداف أخرى يسعى لتحقيقها منها، التعرض للأسس العلمية والعملية اللازمة لإعداد الأطلس المذكور مع تبيان الفوائد المادية والمعنوية التي سوف تعود بالنفع على المستويات الوطنية والإقليمية، مع التأكيد على ضرورة إجراء دراسة تحليلية لكل ما يتعلق بالمصادر المائية المتوافرة في دول مجلس التعاون. أما بالنسبة إلى الهدف الأخير والذي مفاده تقديم الباحث لإطار يشتمل على محتويات للأطلس المائي المقترح فإنه قد تم تحقيقه وذلك بالرجوع إلى عدد من المراجع والمصادر الخاصة بإعداد الأطالس من جهة والمادة العلمية المنشورة وغير المنشورة ذات العلاقة بالمصادر المائية المتوافرة ليس في دول مجلس التعاون الخليجي فحسبّ ولكن على كل من المستويين الإقليمي والدولي كذلك. ويمكن الاستفادة من

هذه الدراسة والإطار الفهرسي الذي يكون جزءاً منها في حالة التفكير في إعداد هذا الأطلس أو أية أطالس أخرى مماثلة.

*** مقدمة:**

يعد الماء من أنفس سلع وجه البسيطة حيث إنه يمثل الشريان الرئيسي للحياة وبدونه يصبح كوكبنا الذي ننعم بالعيش على سطحه قاحلاً ولا أثر للحياة عليه. وبالماء ارتبطت الحضلوات القديمة وبوفرة الماء واصلت تلك الحضارات مسيراتها وتطورها، وكثيراً ما اضمحلت حضارات وتلاشت عندما نضب معين المياه التي قامت تلك الحضارات في كنفها. وبطون كتب التاريخ مليئة بمثل هذه الحالات والتي يكفينا منها قصة قوم سبأ الذين أقاموا سد مأرب في اليمن السعيد وبلغوا شأواً عظيماً من التقدم ووفرة الخيرات والثراء والعز والعزة. ولكن وضعهم انقلب رأساً على عقب بعد انهيار السد وتبدد مياهه شذر مذر وما تلا ذلك من جفاف الزرع والضرع. آنذاك ساحوا في الأرض وضربوا في كل اتجاه بحثاً عن ديار بها ماء كاف لإحياء الأرض وإنتاج الأقوات لهم والأعلاف لماشيتهم.

قطرة الماء في الماضي البعيد كانت بلا ثمن نظراً لوفرة الماء الصالح للشرب والاستخدامات المترلية والزراعة وغيرها من جهة، وقلة عدد سكان الأرض من جهة أخرى. ولكن مع تتابع الأيام زادت أعداد البشر فأرادوا المزيد من القوت فاعملوا المحراث في الأرض وبدأوا يدركون قيمة قطرة الماء وعرفوا بأنها لا تقدر بثمن.

واليوم ونحن نقف جنباً إلى جنب مع إطلالة أول ربيع للألفية الثالثة نرى أن الطلب ملح جداً على الماء في الوطن العربي بوجه عام وفي دول مجلس التعاون الخليجي بوجه خاص، وذلك في الوقت الذي تعاني فيه هذه الدول من نقصٍ حاد في الكميات المتاحة لها من هذه السلعة. ومما يزيد الأمر حرجاً الزيادة الملحوظة في الطلب على الماء في القطاعات المختلفة من النشاطات السكانية الناجمة عن التكاثر السكاني المطّرد في دول هذا المجلس. ومن هذا المنطلق فإن على دول مجلس التعاون الخليجي أن تعمل جاهدة في إيجاد الوسائل الكفيلة بالتعرف على أرصدة أنواع المياه المختلفة لديها وتصنيفها من أجل استغلالها الاستغلال الأمثل وتطويرها والسعي لزيادتها لما في ذلك من فوائد جمة للأجيال الحالية والقادمة بإذن الله وتبني إعداد أطلس مائي لهذه الدول هو إحدى الوسائل العملية التي تسهم إيجابياً في هذا الاتجاه.

*** أهداف البحث:**

يهدف هذا البحث إلى تحقيق ما يلي:

- التعريف بالأطالس بوجه عام ورصد أهم أصنافها.
- إبراز أهمية إعداد أطلس مائي خليجي.
- تسليط الضوء على بعض الأسس العلمية والعملية اللازمة لإعداد الأطلس المذكور.
- تبيان الفوائد المادية والمعنوية التي يمكن أن تحققها عملية إعداد الأطلس المائي المقترح.
- رصد الأنواع المختلفة للمصادر المتوافرة في الرقعة الجغرافية لدول مجلس التعاون.
- اقتراح إطار لمحتويات الأطلس المائي الخليجي.

*** الأطالس من حيث التعريف والتصنيف:**

يقول **إيروين رويز** Erwin Raisz الذي أطلق عليه لقب "أبو علم الخرائط" في زمانه، بأن الأطلس عبارة عن مجموعة من الخرائط ذات تصميم موحد تنشر في العادة على هيئة مجلد أو مجموعة من الخرائط السائبة والذي تستخدم فيه رموز موحدة، ولكن ليس بالضرورة أن تكون خرائطه ذات مقياس رسم موحد. ويشير صاحبنا، في الوقت نفسه، إلى وجود ثلاثة أصناف من الأطالس هي[1]:

- أطالس عالمية (World Atlases) - أطالس وطنية (National Atlases) - أطالس مدرسية School Atlases.

ومن الملاحظ أن **رويز** Raisz لم يتحدث صراحة عن شيء له علاقة بالأطالس المائية. وعلى كل حال فلا بأس من ذلك إذا ما اعتبرنا أن المياه في حد ذاتها تعد ثروة وطنية ويمكن أن تعالج بصورة تفصيلية في جزء يخصص لها في الأطالس الوطنية على أساس أنها من جملة الثروات الوطنية.

أما بالنسبة إلى **لورانس** Lawrence فإن تعريفه للأطلس يكاد يتطابق مع تعريف سابقه ولكنه جاء بتصنيف آخر لأنواع الأطالس كما يلي[2]:

- أطالس مكتبات ومراجع - أطالس مدرسية
- أطالس وطنية - أطالس إقليمية

لكن المؤلف الأخير، شأنه شأن صاحبه الأول، أغفل الإشارة إلى صنفٍ من الأطالس يأخذ مسمى "الأطالس الموضوعية" التي يكون "الأطلس المائي" أحد أفراد عشيرتها. غير أنّ الفرصة هنا سانحة أكثر من ذي قبل إذ إن "الأطلس المائي" من حيث فحواه ومحتوياته يمكن أن يتحقق

جزئياً ضمن الأطلس الوطني الذي يختص بدولة واحدة ويمكن كذلك أن يأتي مضمون الأطلس المائي بصورة مقتضبة في ثنايا أي من الأطالس الإقليمية.

ولكن الوضع لم يبق على حاله ليترك الباحث في شأن تصنيف الأطالس رهـــن التحليـلات والتفسيرات المطلقة حيث جاء فارس جديد في هذا المضمار وأشار إلى وجود الخرائـــط ذات الموضوع الواحد التي تبرز ظاهرة معينة أو عدداً من الظاهرات الطبيعية أو البشرية التي تنتمـــي إلى فرع رئيسي واحد[3]. وهذا يعني أن الأطلس المائي يمكن أن تطرح موضوعاته على مستوى العالم بصورة موجزة في الأطالس العالمية والمرجعية، أو بصورة أكثر تفصيلاً عـــبر الأطـــالس الإقليمية الواسعة، أو على هيئة تفوق سابقتها من حيث وفرة المعلومات ودقتها. ويمكـــن أن تتحقق هذه الصورة في حالة إعداد أطلس مائي عام لدول مجلس التعاون يكرس بوجه خـــاص للمصادر المائية المختلفة المتوافرة فيها من حيث كمياتها وتوزيعها الجغرافي وأنواعها.

وعلى كل حال فإنه بالإمكان تصنيف الأطالس إلى ما يلي:

- الأطالس العالمية - الأطالس الإقليمية - الأطالس المدرسية - الأطالس الوطنية - الأطالس الموضوعية.

وسوف يقوم الباحث بمعالجة كل من هذه الأصناف على حدة كما يلي:

الأطالس العالمية:

هذا الصنف من الأطالس يأخذ من العالم بقارته ومحيطاته ودوله أساساً له لذا فإن تفصيلاتـــه تكون محدودة بالنسبة إلى موضوع معين مثل الموارد المائية. ومن المعروف أن الظاهرات المائيـــة ذات المياه العذبة تبرز في الخرائط المليونية ذات مقاييس الرسم الصغيرة وفي الأطالس العالميـــة المختصرة. وتتميز هذه الخرائط عن الخرائط ذات مقاييس الرسم الكبيرة بقلة المعلومات الخاصة بالظواهر البشرية والطبيعية التي توقع على صفحاتها. فعلى سبيل المثال لا تبرز على هذا النـــوع سوى البحيرات العذبة المتسعة المساحة كالبحيرات العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية مثـــل كل من بحيرة سوبيريور وهيورن، وبحيرات هضبة البحيرات في وسط أفريقيا مثل بحيرة فكتوريا وبحيرة تنجانيقا، والأنهار العملاقة مثل نهر المسيسيبي والنيل والرافدين وهوانج هو. ولقد كانت هذه الظاهرات تبرز بشكل يدعو للانتباه في الأطالس القديمة على أساس أن المصـــادر المائيـــة كانت تعني الموت أو الحياة بالنسبة إلى المستعمرين والمسافرين والتنموين بالإضافة إلى أنـــه لم يكن مكتشفاً منها إلا القليل. ومن هنا كانت الأماكن البيضاء التي لم تتوافر عنها المعلومـــات اللازمة كثيرة. وهنا عمد رسامو الخرائط ومصمموها إلى شغل تلك الفراغات بالرســـومات

المختلفة أو عبر المبالغة في إبراز المعلومات المتوافرة لديهم والتي كان من أهمها المصادر المائية. ومن أمثلة هذه الأطالس أطلس (Collins Illustrated Atlas of the World) [4].

وتوجد أطالس تأخذ صيغة الأطالس العالمية بصورة جزئية حيث أنها تهتم بموضوع محدد يأتي الاهتمام بالماء في ثناياه. ومن الأمثلة على ذلك أطلس (The Mitchell Beazley Atlas of Earth Resources) [5].

الأطالس الإقليمية:

وتغلب على هذه الأطالس صفة تكريسها لتمثيل إقليم معين مثل الوطن العربي أو دولة عظمى مثل الاتحاد السوفيتي سابقاً، أو قارة من القارات. ويكون إبراز الموارد المائية في هذه الأطالس عن طريق تضمين أي منها خريطة أو أكثر مجتمعة أو منفردة. ونظراً لقلة ما يبرز في هذا الضرب من الأطالس من معلومات مائية تكون تلك المعلومات في غاية من القلة كماً ونوعاً وتبعاً لذلك فإنها تكون قليلة النفع لمن يريد التزود بمعلومات مائية كافية تساعده في البحث أو التخطيط أو غير ذلك. أضف إلى ذلك أن الظواهر المائية في الأطالس الإقليمية ما هي إلا غيض من فيض إذا ما قورنت بالمعلومات الأخرى التي يضمها أي من هذه الأطالس بين دفتيه. ومن الأمثلة المناسبة للأطالس الإقليمية:

- **أطلس العالم العربي**[6].
- (The United States and Canada, Oxford Regional Economic Atlas) [7]

الأطالس المدرسية:

تعمد الدول، ممثلة في وزارات معارفها أو الهيئات والجهات المسئولة عن تعليم الناشئة في البلاد إلى إذكاء الروح الوطنية بين طلاب المدارس عبر المراحل التعليمية المختلفة. وكذلك الحال فإن تلك الوزارات والهيئات والجهات ذات الاختصاص بأمور العملية التعليمية يعملون ما في وسعهم لكي يوفروا لتلاميذ المدارس وطلبة الجامعات ما يمكن توفيره من وسائل تعليمية تساعدهم على فهم واستيعاب عدد من مقرراتهم الدراسية. و"الأطلس المدرسي" من أهم تلك الوسائل التي تساعد الدارس على إذكاء الشعور بالانتماء لوطنه وتساعده في الوقت نفسه على توسيع مداركه واستيعابه لكثير من المعلومات اللازمة.

وبالطبع يكرس الأطلس المدرسي جزءاً لا بأس به مما يحتوي عليه من لوحات وإحصائيات وأشكال بيانية ورسومات وشروحات وصور فوتوغرافية للدولة التي يستخدمه تلاميذها

وطلبتها. وفي العادة يعطي الأطلس المدرسي اهتماماً واضحاً بالثروات الطبيعية بما في ذلك الموارد المائية، للدولة ذات الشأن.

ولكن على الرغم من ذلك إلا أن تلك المعلومات المائية تكون موجزة من جهة وعامة من جهة أخرى. ويرجع السبب في ذلك إلى محدودية الجزء المخصص للموارد المائية في مثل هذه الأطالس. أضف إلى ذلك أن الخرائط التي تأتي ضمن الأطالس المدرسية تكون من الخرائط ذات مقاييس الرسم الصغيرة والتي لا تتسع لإبراز معلومات كافية عن الظواهر التي تحتوي عليها الرقعة الجغرافية التي تمثلها الخريطة المعنية. لذا فإن خرائط الأطالس المدرسية التي تبرز المصادر المائية لا يمكن أن تجزي، بأي حال من الأحوال، عن الخرائط المشابهة التي تأتي بها الأطالس المائية لا كماً ولا نوعاً. وهناك أمثلة كثيرة على هذا النوع من الأطالس منها **أطلس المملكة العربية السعودية الجغرافي** (1419هـ-1999م) [8] (Junior Atlas for Hong Kong) [9].

الأطالس الوطنية:

وتعرف هذه الأطالس بأسماء مختلفة منها إضافة اسم الدولة صاحبة الشأن إلى التعبير "أطلس" كما هي الحال بالنسبة إلى: الأطلس الوطني للجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية، 1397هـ - 1977م.

ومن الأشياء التي تتميز بها هذه الأطالس كونها تدرس الظواهر الطبيعية والبشرية والنشاطات الاقتصادية والثروات الطبيعية، مثل التضاريس والمناخ والنقل والتجارة والمعادن والمرافق المختلفة والحدود والغطاء النباتي والثروات المائية وغيرها. والجدير بالذكر أن الدول التي تفتقر إلى المياه الصالحة للشرب والاستخدامات المترلية والنشاطات المختلفة مثل الزراعة والصناعة تهتم باحتواء الأطالس الوطنية على أكبر قدر ممكن من الخرائط والأشكال والجداول والصور الخاصة بالمياه بهدف إفادة المختصين والعاملين في قطاعات الدولة المختلفة. وللعلم فإن الفائدة التي يمكن أن يحصل عليها الباحث العادي تكون له في غاية من الأهمية وتخدم بحثه بصور مرضية ويمكنه الاعتماد عليها كمرجع رسمي موثوق به. ولكن الباحث المتعمق الذي يبحث عن كم كاف من المعلومات المائية الخاصة بتلك الدولة عليه أن يغوص في بطون مراجع أعم وأشمل في عالم المياه والأطالس والخرائط المائية على حد سواء. صحيح أن ما لا يدرك كله لا يترك جله، غير أنّ وجود الأطالس الوطنية على الرغم من فوائدها الجمة في شتى المجالات بما فيها المصادر المائية الوطنية إلا أن ما تأتي به من معلومات عن تلك المصادر لا تملأ الفراغات المعلوماتية المائية المطلوبة كما تفعل الأطالس المائية. ومن أهم وأحدث الأطالس الوطنية التي أعدت بالأمس

القريب **أطلس المملكة العربية السعودية** الذي أصدرته **وزارة التعليم العالي** بمناسبة مرور مائة عام على تأسيس المملكة العربية السعودية، 1419هـ-1999م[10].

بالإضافة إلى الأطالس الوطنية هناك أطالس تكرس اهتمامها لدراسة الثروات الطبيعية الأرضية في الدولة المعينة بما في ذلك الماء. وتعد هذه الأطالس بمثابة رديف لكل من الأطالس الوطنية والأطالس المائية. ومن أهم الأمثلة وأحدثها لهذا النوع من الأطالس ذاك الذي أصدرته وزارة الزراعة والمياه بالمملكة العربية السعودية تحت مسمى **الموارد الأرضية، 1995م**[11]. ولقد احتوى هذا الأطلس على عدد كاف من اللوحات والشروحات ذات العلاقة المباشرة وغير المباشرة بالزراعة والمياه التي يمكن الاستفادة منها من قبل الباحثين في مضمار إعداد الأطالس المائية. ويرى الباحث أن مثل هذه الأطالس قد تكون أكثر تفصيلاً للمواد المائية إذا ما قورنت بكل أنواع الأطالس الأخرى التي سبق الحديث عنها.

الأطالس الموضوعية:

يعالج هذا الصنف من الأطالس موضوعاً محدداً مثل المصادر المائية، والموارد الطبيعية، والثروات المعدنية، أو تجمعاً سكانياً مثل أطلس المدينة المنورة أو أطلس مدينة الرياض، ونظراً لأن الحديث عبر هذا البحث هو خاص باقتراح أطلس مائي لدول مجلس التعاون الخليجي فإن ما سيرد من نقاش سينصب على الأطالس المائية.

الأطالس المائية: هذه أطالس تعالج في متونها مواضيع أساسية كلها ذات علاقة وطيدة بالمياه الصالحة للشرب والاستخدامات المنزلية والري وسقيا الحيوانات والنشاطات الصناعية والإنسانية وغيرها. ويعمد القائمون على إعداد هذه الأطالس إلى تصنيف الموارد المائية من حيث توزيعها الجغرافي على مستوى الدولة المعينة وأعدادها ونوعياتها ومقدار ما تدر عليها من مياه على مدار السنة واحتياجاتها.

وتتعرض هذه الأطالس لدراسة كل ما له علاقة بالمياه من عناصر المناخ المختلفة مثل الحرارة والرياح والتساقط بأنواعه المختلفة والنشاطات الاقتصادية القائمة على المياه، ومشاريع التحلية والصرف الصحي.

ومن الأطالس المائية التي وقعت عليه يد الباحث **أطلس المياه** الذي أعدته وزارة الزراعة والمياه بالمملكة العربية السعودية والذي يمكن أن يتخذ أساساً أو ورقة عمل لإعداد أطلس مائي لدول مجلس التعاون الخليجي. وعلى الرغم من أنه تم إعداده في عام 1405هـ - 1984م إلا إن الاطلاع على ما تم إنجازه في السنوات الأخيرة من خرائط مائية على المستويات الوطنية لدول

مجلس التعاون والمستويات الإقليمية والعالمية. والكم الهائل من المعلومات والدراسات المائية على كل هذه المستويات، كفيلة بأن تأتي بمدد من المواد العلمية اللازمة لعمل الأطلس المائي المقترح. ومما يلاحظ أن الوزارات والهيئات الحكومية والخاصة ذات العلاقة بالمياه في دول مجلس التعاون والجمعيات العلمية المتخصصة مثل "جمعية علوم وتقنية المياه" لديها الكثير من المعلومات وفي مقدورها الحصول على معلومات مائية عزيزة وثرية وحديثة سوف تثري الأطلس المذكور بلا شك.

أما بالنسبة للمتخصصين من مواطني دول هذا المجلس فهم ولله الحمد كثر ونجدهم في مراكز علمية وميدانية ووظيفية متميزة على مستوى الجامعات والوزارات ودوائر حكومية شتى ومراكز تقنية وجمعيات. إن هذه المقومات وغيرها لو قدر لها أن تحضر وترصد وتصنف وتجيش وتزود بما تحتاج إليه من دعم مادي ومعنوي وأطلق لها العنان في الدراسة والبحث والإنتاج سوف لا يكون من الصعب عليها إنتاج هذا الأطلس.

بالإضافة إلى "أطلس المياه" السالف الذكر فقد تمكن الباحث من الحصول على بعض مسميات عينات من الأطالس المائية على كل من المستويات العالمية والوطنية والإقليمية وهي كما يلي:

- (The World Water and Climate Atlas) (12).
- (Ground Water Atlas of the United States) (13).
- (Water Resource Atlas of Missouri - Atlas Maps) (14).

أهمية إعداد أطلس مائي لدول مجلس التعاون:

تؤكد الدراسات والأبحاث المائية التي تجرى في دول مجلس التعاون قلة الموارد المائية لدى أهلها كماً ونوعاً. هذه الحقيقة تفرض على أهل هذه المنطقة النهوض بواجباتهم فرادى ومجتمعين والتعرف بطرق، ووسائل علمية، على الأرصدة المائية الخليجية وهل هي كافية لهم ولأجيالهم القادمة أم أن الأمر يحتاج إلى نظر؟... في كلتا الحالتين لا بد لنا من تعرف الأرصدة المائية الخليجية فإن كانت كافية فلا بد لنا من تنميتها من أجل مواكبة عجلة التطور التي عمت هذه البلاد، وإن لم تكن كافية فالواجب يحتم على الجميع أن يفكروا جدياً في البدائل. وللعلم فإن إحدى الوسائل الموضوعية التي تساعد على رصد الموارد المائية في دول مجلس التعاون الخليجي من حيث كمياتها ونوعياتها تكمن في إعداد أطلس مائي لها ويحاول صاحب هذا البحث لفت أنظار المنظمين لهذا المؤتمر المبارك والمشاركين فيه في الدوحة بدولة قطر ، إلى أهمية عمل مثل هذا الأطلس لكل الدول الأعضاء في مجلس التعاون الخليجي. ومن الأشياء التي تؤكد لنا أن

مثل هذا الأطلس يمكن عمله إذا ما عرفنا أن إحدى دول المجلس، وهي المملكة العربية السعودية ممثلة في وزارة الزراعة والمياه قد قامت بتجربة رائدة وأعدت عدداً من الأطالس خصص أحدها للموارد المائية من حيث توزيعها الجغرافي وأنواعها أطلق عليه اسم "أطلس المياه" كما سنرى فيما بعد. أضف إلى أن دول مجلس التعاون الخليجي بما بها من جامعات وهيئات حكومية وغير حكومية توجد بها أعداد من مختصين في مجالات عدة لها علاقة مباشرة بإعداد الأطالس بوجه عام والأطالس المائية بوجه خاص. ومن أهم تلك المجالات؛ علم الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية وعلم المساحة والاستشعار عن بعد والتصوير الجوي.

وعلى الرغم من أن الله سبحانه وتعالى قد منَّ علينا نحن وأهلنا وبني جلدتنا في دول مجلس التعاون بنعم لا تعد ولا تحصى إلا أننا نفتقر إلى المياه الصالحة للشرب والري. ومما يزيد من افتقار هذه الدول إلى سلعة الماء، التي قال فيها رب العزة *"وجعلنا من الماء كل شيء حي"*، محدوديتها وعدم تجددها إلا في حالات نادرة. أما وأن الحاجة ملحة للماء في هذه الديار كما نسمع كل يوم ونرى، فإنه لا بد من وقوف الجميع وقفة رجل واحد، ليضعوا أسساً موضوعية لاستراتيجية مائية شاملة تكون من أهم أهدافها التعرف على أنجع الوسائل، وأحدث التقنيات الكفيلة بالمحافظة على الثروات المائية الكامنة في دول مجلس التعاون وكيفية استثمارها، وتنميتها، والإضافة إليها من مصادر وطنية أو إقليمية مختلفة.

من أجل تحقيق هذه الأسس هناك متطلبات وواجبات لا بد أن تقوم بها دول مجلس التعاون مجتمعة، ومن أهمها، عمل أطلس مائي تفصيلي يتحرى من يسهم في إعداده الدقة في رفع المواقع الجغرافية للموارد المائية في هذه الدول وتوقيعها على خرائط وتصنيفها تمهيداً لدراسة كل منها على حدة. ولكي يكون الأطلس المقترح أكثر فائدة في المستقبل يمكن أن يضاف إليه جزء يحتوى على الأرصدة المائية المتوافرة لدى الدول التي يشترك معها الوطن العربي في حدود دولية مثل تركيا وإيران على أساس أن العالم قد أصبح بمثابة قرية واحدة وأن ما هو متعذر اليوم من التفاهم بشأن الاستفادة منها قد يصبح ممكناً غداً...

*** الأسس العلمية والعملية اللازمة لإعداد أطلس مائي:**

إن إعداد أطلس مائي ليس بالأمر السهل حيث أنه يحتاج إلى متطلبات شتى لكي يكون لهذا الأطلس وزنه في كل من الميدانين العلمي والعملي فلا بد أن يتم الإعداد لتنفيذه على أسس علمية مدروسة تنظر بعين الاعتبار إلى تحقيق ما يلي:

- حصر الكفاءات البشرية من أهل الاختصاص والخبرة في كل من مجال المياه والخرائط ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دول مجلس التعاون بوجه خاص والدول العربية والإسلامية وغيرها بوجه عام للاستفادة من خبراتهم وتجاربهم في هذا المجال وتكريسها لإعداد هذا الأطلس. إن حصر مثل هذه الكفاءات يوفر الكثير من الجهد والمال لدول مجلس التعاون. وهذا يعني أنه سيصبح من السهل على الدارسين والمخططين في المجالات المائية والخرائطية والأطلسية في هذه الدول الاتصال والاحتكاك والتشاور والتعاون مع أهل تلك الكفاءات.
- حصر الجمعيات والمؤسسات والمراكز والإدارات وغيرها من الهيئات الأخرى مثل، "جمعية علوم وتقنية المياه بالمنامة"، والمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، ومدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بالرياض، وإدارة الدراسات المائية (اكساد) بدمشق، بالإضافة إلى الجمعيات الجغرافية والوزارات المعنية ومصالح المياه والصرف الصحي، وإدارات الإحصاءات العامة بدول المجلس من أجل الاستفادة من آرائهم واقتراحاتهم وأعمالهم وخبراتهم العلمية والعملية في إعداد هذا الأطلس وإثراء ما يقع بين دفتيه من معلومات خاصة بالمياه.
- جمع أكبر قدر ممكن من المادة العلمية والخرائط والصور الجوية والخرائط الفضائية والجيولوجية والجغرافية ذات العلاقة بمصادر المياه في دول مجلس التعاون وتصنيفها وحفظها في صورة يسهل على طلاب العلم والمعرفة ورجال الدولة الرجوع إليها في يسر وسهولة.
- محاولة الحصول على ما يتوافر من معلومات خاصة بالمصادر المائية، بأنواعها المختلفة، في دول الشرق الأوسط، العربية منها وغير العربية، على أمل إمكانية التعاون المستقبلي بينها وبين دول مجلس التعاون الخليجي في مجال تطوير كميات المياه الصالحة للشرب والاستخدامات المترلية والري والسقيا.

*** الفوائد المادية والمعنوية للأطلس المائي الخليجي:**

تقاس الدول بإنجازاتها في كل الميادين الوطنية التي تعود بالنفع على البلاد والعباد بأكبر قدر ممكن من الفوائد المادية والمعنوية. إن مثل هذه الفوائد يمكن أن تنعكس على أفراد الشعب ورجال الدولة بصورة إيجابية. إن الراصد لهذه الإنجازات قد لا يرى كثيراً من الإيجابية في إنجاز بمفردة ولكنه عندما ينظر إلى أكبر عدد من تلك الإنجازات في آن واحد وكيف أنها تصب في

قناة واحدة تؤدي في نهاية المطاف إلى ازدهار ورقي الدولة ذات الشأن. ويعتقد صاحب هـذا البحث بأن إعداد أطلس مائي خليجي له فوائد جمة يمكن أن تعود بالنفع، بإذن الله، على دول مجلس التعاون منفردة ومجتمعة. ويمكن حصر أهم تلك الفوائد فيما يلي:

- توفير مرجع علمي تقوم على إعداده وتنفيذه كفاءات خليجية مؤهلة ومتخصصة يمكـن الاستفادة منه في تخطيط للحاضر والمستقبل في شتى المجالات والمحافل والميادين العمليـة على مستوى الدولة والأقاليم والعالم.
- إمكانية اعتبار أعضاء اللجنة التي ستقوم بإعداد هذا الأطلس نواة لفريق عمل خليجـي متخصص في مجال المياه والخرائط والاستشعار عن بعد تناط به أية أعمال مستقبلية في أي من دول مجلس التعاون، فرادى أو مجتمعين، في مجالات شتى لها علاقة مباشرة أو غـير مباشرة بميدان المياه.
- حصر الوسائل التي يمكن أن يتم عبرها ترشيد استهلاك الميـاه في الأغـراض المترليـة وعمليات الري والصناعة وكيفية الاستفادة من المصادر المائية المختلفة وإمكانية تطويرها والمحافظة عليها.
- اعتبار الأطلس نفسه بمثابة مرجع يستفيد منه الدارسون والمخططـون ورجـال الإدارة والمسؤولون عند قيامهم بأداء واجباتهم أو إعدادهم لمشاريع تنموية مستقبلية.
- إضافة قناة علمية جديدة تسهم في نشر الوعي المائي بين مواطني مجلس التعاون والمقيمين بها عن المصادر المحدودة التي لديهم وضرورة المحافظة عليها والتفكير جدياً في الوسـائل الكفيلة بزيادة ريع هذه المصادر من المياه.
- بث روح المواطنة والشعور بالرضا بين المواطنين من جراء اهتمام المؤسسات الرسمية أو غير رسمية بأهم الثروات الطبيعية متمثلة في الماء الذي هو روح الحياة وأساس التقدم والتطور وأس النجاح.

*** مصادر المياه في دول مجلس التعاون:**

ومما يلاحظ أن نصيب الفرد السنوي من الماء في دول مجلس التعاون الخليجي أقل بكثير مما هو عليه في دول عدة أخرى مثل الولايات المتحدة الأمريكية والهند وتركيا؛ إلا أن ما يسـترعي الانتباه هو أن كميات استهلاك الماء في دول مجلس التعاون العربية آخذة في الازدياد بسـبب تزايد السكان من جهة وزيادة نسبة التحضر من جهة أخرى (جدول رقم "1").

جدول رقم "1"

كميات استهلاك المياه في دول مجلس التعاون مليون م3 في السنة

الدولة	1985	1995	2000
دولة الإمارات	239	548	832
دولة البحرين	80	118	143
المملكة العربية السعودية	530	2000	3000
سلطنة عمان	85	150	200
دولة قطر	75	107	150
دولة الكويت	170	296	530
المجموع مليون م3	1179	3219	4855

المصدر: [16].

ويمكن تصنيف المصادر المائية في دول مجلس التعاون إلى ما يلي:

*** مياه الأمطار:**

من الأشياء التي تسترعي انتباه الباحثين والمختصين في مجال المياه إن "المنطقة العربية التي تعادل مساحتها حوالي عُشر مساحة اليابسة في العالم، ويمثل سكانها نحو خُمس سكان العالم، تحتوي على أقل من 1% من إجمالي الجريان السطحي في العالم، كما تتلقى سنوياً نحو 2% فقط من إجمالي أمطار اليابسة، علاوة على أن الموارد المائية السطحية في غالبية الدول العربية هي مياه مشتركة، وبخاصة مع دول من خارج المنطقة، مما يهدد أمن وسلامة هذه الموارد بالرغم من الاتفاقيات الدولية المبرمة بشأنها، كما يزيد من حدة المشكلة المائية في المنطقة العربية"[17].

وتسود في الرقعة الجغرافية التي تضم دول مجلس التعاون الخليجي ظواهر طبيعية متباينة منها سلاسل جبلية مثل جبال السروات والمرتفعات العمانية، وسهول ساحلية مثل سهول تهامة وتلك السهول المواجهة لبحر العرب، وهضاب واسعة من أهمها نجد، ومسطحات رملية واسعة وغيرها من الظواهر الطبيعية الأخرى. إن اتساع هذه الرقعة الجغرافية وتباين التضاريس يساعد على وجود الأصناف الرئيسية من الأمطار وهي:

1 – الأمطار الإعصارية Frontal Rain 2 – الأمطار التصاعدية Convectinonal Rain

3 – الأمطار التضاريسية Orographic Rain 4 – الأمطار الموسمية Monsoon Rain

وينجم عن سقوط الأمطار عادة جريان مياهها على الأرض على هيئة أودية وجداول وشعاب أو تجمع على هيئة غدران وبرك. ويستفاد من هذه المياه منذ سقوطها وحتى بعد تسربها إلى باطن الأرض.

وتقوم بعض دول مجلس التعاون ببناء سدود على الأودية الرئيسية في البلاد. وتوجد في دول مجلس التعاون أودية كثيرة تتباين في أطوالها واتساع أحواضها وكميات المياه التي تجري عبرها كل عام. وبعض هذه الأودية ذات تصريف داخلي مثل وادي الدواسر بالمملكة العربية السعودية بينما البعض الآخر تصل مياهه في حالة جريانه بتدفق متواصل إلى المسطحات المائية والخلجان والمضايق البحرية التي تطل عليها دول المجلس. وتقدر كمية مياه الأودية السعودية، على سبيل المثال التي تصل إلى البحر الأحمر بحوالي 1265 مليون م3 خلال السنة. وتمثل هذه الكمية حوالي 62٪ من إجمالي كمية مياه السيول في المملكة[18]. وتقدر كمية مياه الأودية في سلطنة عمان بحوالي 918مليون م3 في سنة 1990م[19]. ولا شك بأن المياه السطحية يمكن أن تعطي المزيد من الاهتمام من حيث رصد الأودية وتحديد أماكنها وكميات المياه المتدفقة عبرها ومحاولة تقليل عمليات التبخر التي تطال المسطحات المائية التي تحجزها السدود والعقوم على طولها.

*** المياه الجوفية:**

يرى بعض من ذوي الاختصاص في عالم المياه أنه "نظراً لمحدودية الموارد المائية في دول الخليج عامة وانعدام الهطول المطري في بعضها... لذا لا بد من الاعتماد على المياه الجوفية بشكل رئيسي إضافة إلى..." إعذاب مياه البحر [20].

المياه الجوفية صنفان هما:

- مياه جوفية سطحية: وتشمل مياه الآبار السطحية والينابيع والعيون والدحول والأفلاج وهي في العادة تتذبذب من حيث كمياتها زيادة أو نقصاً تبعاً لزيادة كميات التساقط السنوية أو نقصانها كل عام.
- مياه جوفية عميقة: توجد في دول مجلس التعاون مياه جوفية عميقة مستقرة في تكوينات رسوبية حاملة للمياه غالباً ما تكون محتواة في أحواض جيولوجية. ويزيد عدد هذه التكوينات الرسوبية في دول مجلس التعاون الخليجي على ثلاثين تكويناً متفاوتة في أعماقها ومتباينة من حيث كميات أرصدتها من المياه التي يطلق عليها اسم "المياه الأحفورية Fossil Water" (جدول رقم "2").

جدول رقم "2"

التكوينات الرسوبية الحاملة للمياه في دول مجلس التعاون

الطبقات الرئيسية الحاملة للمياه	الاحتياطي المؤكد (مليون م3)
الوسيع / البياض	89.000
الوجيد	69.000
أم رضمة	65.600
المنجور / ضرما	53.400
الساق	49.900
تبوك	5.600
الدمام / النوجين	5.000
المجموع	337.5000

المصدر: [21].

*** إعذاب مياه البحر*:**

نظراً لافتقار الدول الخليجية إلى الماء الصالح لاستخدامات الإنسان المختلفة وقيامه بالنشاطات الاقتصادية المعروفة، فإن الإنسان الخليجي أدار وجهه للمسطحات المائية المترامية الأطراف التي تواجه بلاده وتعاملت كل دولة من هذه الدول مع مياه البحر بطريقتها الخاصة حسب إمكانياتها. وكانت المملكة العربية السعودية الدولة التي حازت قصب السبق في هذا المضمار عندما أمر الملك عبد العزيز آل سعود بإنشاء أول محطة لإعذاب المياه في مدينة جدة على ساحل البحر الأحمر أطلق أهل جدة وغيرهم على هذه الظاهرة البشرية المتميزة آنذاك اسم الكنداسة. ثم واصلت المملكة مسيرتها في هذا المجال بحيث أصبح لديها 25 محطة إعذاب تجاوز إنتاجها مجتمعة 726 مليون متر مكعب من الماء سنة 1419هـ-1997م. أما في دولة الكويت فقد كان الماء العذب ينقل في بداية الأمر لها عبر السفن من شط العرب. ولقد وصلت كمية تلك المياه المنقولة على سبيل المثال عام 1948م إلى 364م3 في اليوم. ومما يذكر أن شركة الزيت الكويتية أنشأت محطة لإعذاب مياه البحر لتأمين ما يحتاج إليه منسوبها سنة 1946م. ثم تلا ذلك أن أقامت الحكومة الكويتية أول محطة إعذاب لمياه البحر خاصة بها في الشويخ وذلك سنة 1957م. ومع مرور الزمن وبزوغ فجر دول خليجية حديثة بعد حصولها على استقلالها

---

* أطلق بعض الباحثين على عملية نزع نسبة عالية من الأملاح الذائبة في مياه البحر، من أجل جعلها صالحة لاستخدامات المترلية وري النباتات وسقيا الحيوانات، التعبير "إعذاب مياه البحر" أو "تحلية مياه البحر". ويبدو أن التعبير الأول هو الأكثر دقة نظراً لأن "تحلية" تعني إضافة مادة حلوة المذاق للماء لتصيره حلواً، وهذا شيء مغاير لمضمون علمية "الإعذاب" ومفهومها.

شمرت كل من تلك الدول تباعاً عن سواعدها وأخذت بزمام عمليات إعذاب مياه البحـــــر. وعلى سبيل المثال فقد بلغ الإنتاج اليومي من حصيلة إعذاب مياه البحر في المملكـــة العربيـــة السعودية سنة 1992م 2.180.858 متراً مكعباً أي ما يعادل 14٪ من الإنتاج العـــالمي و52٪ من إنتاج دول مجلس التعاون الخليجي من تلك المياه. ويوضح الجدول رقم "3" النسبة المئويـــة لإنتاج كل من هذه الدول لهذا الصنف من المياه[22].

جدول رقم "3"

النسبة المئوية لإنتاج المياه التي اعذبت من مياه البحر

لكل من دول مجلس التعاون الخليجي

م	اسم الدولة	النسبة المئوية
1	المملكة العربية السعودية	٪52
2	الإمارات العربية المتحدة	٪22
3	دولة الكويت	٪15
4	دولة قطر	٪5
5	دولة البحرين	٪4
6	سلطنة عمان	٪2

المصدر: [23].

بالإضافة إلى ذلك فإن الجدول رقم "4" يوضح لنا مدى اعتماد دول مجلس التعاون الخليجي على المياه التي تنتجها محطات إعذاب مياه البحر. ويتباين ويختلف اعتماد هذه الدول على المياه المنتجة من محطات الإعذاب من دولة لأخرى طبقاً للموارد المائية المتاحة، فدول المجلس تنتج يومياً 8.3 مليون م3 وتبلغ حصتها من المجموع العالمي لمياه الإعذاب بـــ 62.4٪.

جدول رقم "4"

النسبة المئوية لاعتماد دول مجلس التعاون الخليجي

على محطات إعذاب مياه البحر

الدولة	نسبة الاعتماد على محطات التحلية
الإمارات العربية المتحدة	64.5٪ من احتياجاتها اليومية
دولة الكويت	63.24٪ من احتياجاتها اليومية
دولة قطر	49.5٪ من احتياجاتها اليومية
دولة البحرين	16.1٪ من احتياجاتها اليومية
المملكة العربية السعودية	11.1٪ من احتياجاتها اليومية
سلطنة عمان	10.2٪ من احتياجاتها اليومية

المصدر: [24].

ويوضح لنا الجدول رقم "5" نسبة ما تنتجه كل من دول مجلس التعاون الخليجي من المياه التي يتم إعذابها من مياه البحر إلى ما ينتج من هذه المياه في العالم.

جدول رقم "5"

المياه التي يتم إعذابها في كل من دول مجلس التعاون

الخليجي مقارنة بالإنتاج العالمي

الدولة / دول العالم	الكمية بـــ ألف م3/يوم	النسب المئوية من مجموع العالم %
المملكة العربية السعودية	3800.029	24.1
الإمارات العربية المتحدة	1655.157	10.6
دولة الكويت	1413.610	9
دولة قطر	398.189	2.7
دولة البحرين	297.841	2.5
سلطنة عمان	160.581	1.6
المجموع	7725.407	49.5
مجموع دول العالم الأخرى	15582.443	100.0

المصدر: [25].

*** معالجة مياه الصرف الصحي:**

لم يكن الإنسان فيما مضى يفكر مطلقاً في أن يأتي يوم تعالج فيه مياه الصرف الصحي طمعاً في الحصول على ماء نقي خالٍ من العناصر التي تؤثر بصورة سلبية مباشرة على صحته أو حياته. ولكن الحاجة أم الاختراع. بالإضافة إلى أن التزايد السكاني المتواصل وزيادة الطلب على الميله على المستوى العالمي جعل أهل المناطق الجافة الذين لديهم القدرات المادية يلجأون إلى معالجة مياه الصرف الصحي على الرغم من ارتفاع تكاليفها. وقد قامت بعض دول مجلس التعاون مثل الإمارات العربية المتحدة ودولة البحرين، والمملكة العربية السعودية بإنشاء محطات لمعالجة هذا النوع من المياه من أجل الاستفادة منها في ري الحدائق وبعض الأغراض الصناعية والزراعية وخاصة ري الأشجار دون الخضراوات لما في ذلك من أضرار صحية. ومن المتوقع أن يزيد الطلب على ماء الصرف الصحي المعالج ليس في دول مجلس التعاون الخليجي ولكن في جل دول الوطن العربي. ومما يؤكد هذه الحقيقة أن كمية مياه الصرف الصحي المعالجة خلال الخطة الخمسية الخامسة قد ارتفعت من 150مليون م3 في العام إلى 300 مليون م3 في المملكة العربية السعودية مثلاً [25].

محتويات الأطلس المائي الخليجي

*** خرائط جغرافية (طبيعية / سياسية):**

- خريطة العالم.
- الوطن العربي.
- شبه جزيرة العرب.
- مجلس التعاون الخليجي.
- خرائط طبوغرافية تفصيلية:
  - الإمارات العربية المتحدة.
  - دولة البحرين.
  - سلطنة عمان.
  - دولة قطر.
  - دولة الكويت.
  - المملكة العربية السعودية.

*** خرائط وأشكال:**

- الدورة المائية.

- التربة.
- عناصر المناخ:
  - التساقط.
  - الحرارة.
  - الرطوبة النسبية.
  - الضغط الجوي والرياح.
  - سطوع الشمس.

*** المصادر المائية:**

- التساقط والمياه الجارية:
  - الأمطار.
  - الأودية (تصريف قاري – تصريف بحري).
  - السدود.
- المياه الجوفية:
  - المياه الجوفية السطحية:
    - الآبار.
    - العيون.
    - الينابيع.
    - الأفلاج.
  - المياه الجوفية العميقة (الطبقات الحاوية للماء):
    - تكوين الوسيع – البياض.
    - تكوين الوجيد.
    - تكوين أم رضمة.
    - تكوين المنجور – ضرما.
    - تكوين الساق.
    - تكوين تبوك.
  - إعذاب مياه البحر:
    - محطات الإعذاب.

- أنابيب نقل المياه.

- معالجة مياه الصرف الصحي.

- طرق المحافظة على المصادر المائية وتطويرها وزيادة كمياتها:

  - الترشيد.
  - جدوى جلب مياه من دول الوفرة المائية المجاورة.
  - المحافظة على الأرصدة المائية من التلوث.

*** الخاتمة:**

يوضح هذا البحث أهمية إعداد أطلس مائي لدول مجلس التعاون الخليجي بصورة موضوعية. وجاء الباحث في بداية الأمر بأهداف ستة انصبت في مجملها على ثلاثة جوانب أولها يتعلق بالأطلس نفسه مثل التعريف بالأطالس بوجه عام، وإبراز أهمية إعداد هذا الأطلس، ورصد الأسس العلمية والعملية اللازمة لإعداده وفوائده. أما الجانب الثاني فقد اهتم بالمصادر المائية المتوافرة في دول مجلس التعاون الخليجي والتي تشكل القاعدة المعلوماتية الأساسية لإعداد الأطلس المذكور. ولقد اهتم الجانب الثاني باقتراح الموضوعات التي يمكن أن يتضمنها ذلك الأطلس والتي يمكن أن تؤخذ كورقة عمل في حالة إعداد أطلس مائي خليجي.

ومن أجل تحقيق هذه الأهداف فقد حاول الباحث الاستفادة من مصادر معلوماتية لها علاقة مباشرة أو غير مباشرة بإعداد الأطالس المائية من ناحية، والمصادر التي يمكن أن ينهل منها القائمون على إعداد هذا الأطلس ما يلزم لهم من معلومات في هذا السياق.

ولقد وضح الباحث كذلك أن إعداد هذا الأطلس سوف تكون له انعكاسات إيجابية وفوائد جمة يستفيد منها كثيرون من طلاب العلم والمعرفة والمخططون ورجال الدولة وسوف يكون تجربة رائدة على مستوى الإقليم يمكن أن تؤخذ كمثال يحتذي على مستويات مختلفة في ضوء الإمكانات المتوافرة لدى دول مجلس التعاون الخليجي.

والله من وراء القصد،،

أهم مراجع البحث

(1) Raisz, E. 1938, **General Cartography**, McGraw Hill Book Company, inc., New York & London.

(2) Lawrence, G. R. P. 1971, **Cartographic Methods**, Buttler & Tanner, London.

(3) Crone, G. R. 1978, **Maps and Their Makers**, Arcon Books, The ShoeString Press Inc., Connecticut.

(4) **Collins Illustrated Atlas of the World 1997**, Harper Collins Publishers, Second Edition, London.

(5) **The Mitchell Beazley Atlas of the Earth 1979**, Mitchell Beazley Publishers Limited, London.

(6) البستاني، ر. وزميله 1990م، **أطلس العالم العربي**، دار المستقبل العربي: القاهرة.

(7) **The United States and Canada, Oxford Regional Economic Atlas 1967**, The Church Army Press, Oxford.

(8) سلمى، ن. م وآخرون 1419هـ — 1999م، **أطلس المملكة العربية السعودية الجغرافي**، مكتبة لبنان، بيروت.

(9) **Junior Atlas for Hong Kong 1989**, Sheck Wah Tong Printing Press Ltd., Hong Kong

(10) المملكة العربية السعودية، 1419هـ — 1999م، **أطلس المملكة العربية السعودية**، وزارة التعليم العالي، الرياض.

(11) المملكة العربية السعودية 1415هـ — 1994م، **الموارد الأرضية**، وزارة الزراعة والمياه، الرياض.

(12) (**The World Water and Climate Atlas**, Ref: Http//www.worldbank.org/html /cgiar / press /watatlas.html.).

(13) (**Ground Water Atlas of the United States** National Summary, Ref: http://capp. water. Usgs. gov/gwa/cha/index.html.).

(14) (**Water Resource Atlas of Missouri** - Atlas Maps, Ref: http:// www.cares. missouri. edu/ cwic /mowater.html/).

(15) James, P. E. 1966, **A Geography of Man**, Blaisdell Publishing Company, Waltham, Massachusetts.

(16) المقرن ع. أ 2000م، "**مصادر المياه والتحديات المائية التي تواجهها دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية**"، ورقة مقدمة للندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها، وزارة الزراعة أبريل 2000م، الرياض.

(17) أبو زيد، م.، 1419هـ–1998م، **المياه مصدر للتوتر في القرن 21**، مركز الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة.

(18) سقا، ع. م 1418هـ – 1998م، **الجغرافيا الطبيعية للمملكة العربية السعودية**، مكتبة دار زهران، جدة.

(19) ESCWA. 1997, **Water Legislation in Selected Member Countries**.

(20) أشلق، د. م، 1998م، "**الموارد والاحتياجات المائية في الوطن العربي**"، مركز المعلومات القومي في الجمهورية العربية السورية، معلومات دولية، العدد 256، ص 6–41، دمشق.

(21) وزارة الإعلام 1419هـ–1998م، **تحلية مياه البحر في المملكة – المعجزة والمفخرة**، الرياض.

(22) المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، 1419هـ، **تحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية – نشأتها – تطورها – دورها في التنمية، الرياض.**

(23) Middle East Environment 1995, **Desalination Pegged as Worldwide Growth Industry**, Issue 8.

(24) حسانين، ع. ب 1999م "**نحو استراتيجية خليجية في القرن الحادي والعشرين**"، الأموال، السنة الثالثة، العدد 12 يوليو – سبتمبر.

(25) المملكة العربية السعودية، 1415–1420هـ – 1995–2000م، **خطة التنمية السادسة**، وزارة التخطيط، الرياض.

دراسة مورفومترية تطبيقية لأحواض روافد وادي بيش ووادي عتود (المملكة العربية السعودية)

د. محمد فضيل بوروبة

دراسة مورفومترية تطبيقية لأحواض روافد وادي بيش و وادي عتود (المملكة العربية السعودية)

د.محمد فضيل بورروبة

قسم الجغرافيا – كلية الآداب

جامعة الملك سعود

ملخص

ترتكز هذه الدراسة على التحليل الكمي المقارن للمتغيرات المورفومترية بأحواض وادي ناسيب الذي يصب بالضفة الجنوبية لوادي عتود الذي يقع بين دائرتي العـــرض 17°45 و 18° 00 وخطي الطول 42°30 و 42°45 وادي عركان و وادي ردوم اللذين يصبان بالضفة الشـمالية لوادي بيش بالإضافة إلى وادي يخرف الذي يصب بالضفة الشرقية لوادي بيش الذي يقع بـين دائرتي العرض 17°35 17°40 وخطي الطول 42°35 و 42°45.

وتتسم الأحواض المدروسة بتماثل تراكيبها وتكويناتها الجيولوجية لكونها تقع جميعـــها علـــى السفوح الغربية لمرتفعات عسير بجنوب غرب المملكة العربية السعودية غير أنها تختلف في مـــا بينها من حيث الخصائص التضاريسية. ولقد أدت التباينات التضاريسية إلى وجـــود تباينـــات مورفومترية واضحة بين أحواض وادي ناسيب ووادي ردوم ووادي عركان ووادي يخـــرف إنعكست بوضوح على تكرارية المجاري وعلى كثافة التصريف (المجاري) وعلى متوسط أطوال المجاري وعلى متوسط مساحة التصريف. ولقد تأثر الترتيب الهرمي للمجاري المائيـــة بكـــل حوض أيضا بالخصائص التضاريسية وبالتباينات المورفومترية التي أدت إلى وجود إختلافـــات على مستوى زمن التركيز(الإستجابة) للتكوينات الصخرية وتباينات مكانية علـــى مســـتوى مرحلة التعرية الحالية بكل حوض مائي.

وتساهم هذه الدراسة المورفومترية التطبيقية في :

1- تحليل عناصر الشبكة المائية تحليلا كميا يساعد على تحديد مدلولاتها الجيومورفولوجيـــة وعلى تحديد قدرة

التكشفات الصخرية بكل حوض على تحويل مياه الأمطار إلى موارد مائيـــة ســطحية (جريان سطحي وسيول) يمكن الإستفادة منها في شتى ميادين النشاط البشري أو تفادي مخاطرها أثناء فترات الفيضانات الخطيرة.

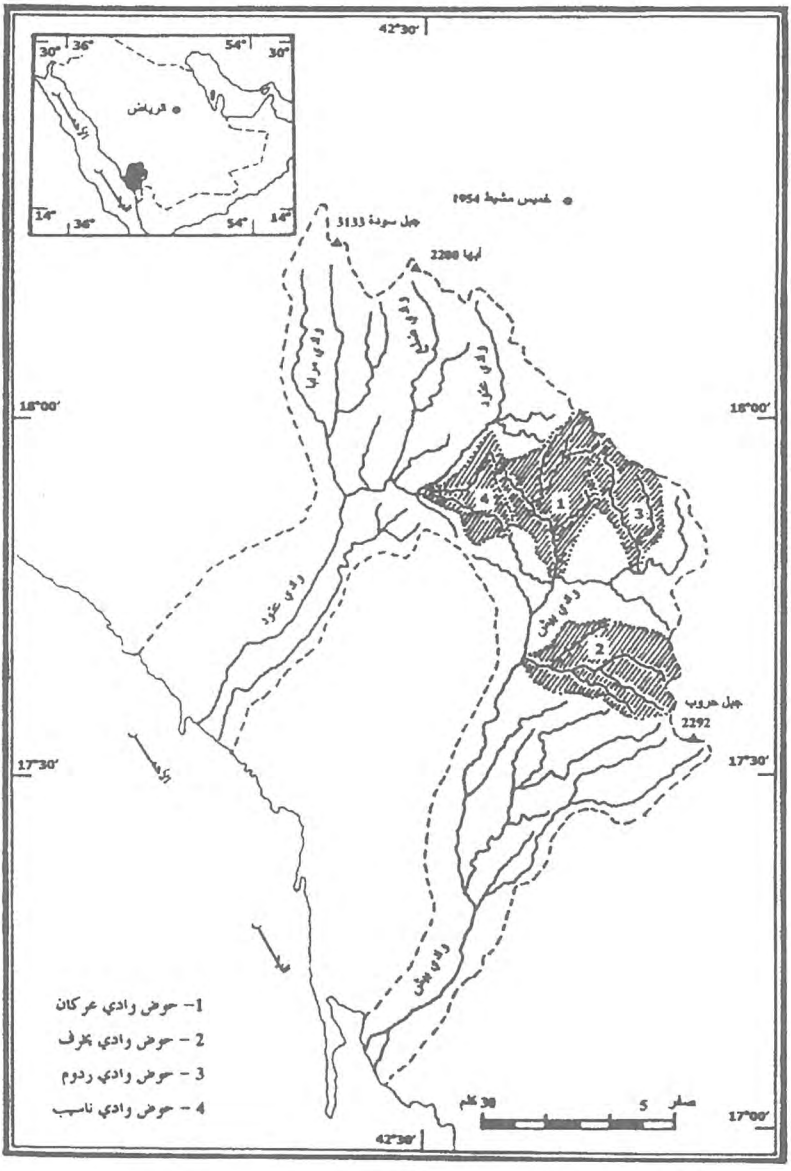
2- ترتيب و تصنيف الأحواض المدروسة تبعا لخصائصها المورفومترية الأكثر تأثـــيرا علـــى التغيرات الزمنية والمكانية للموارد المائية السطحية.

3- إبراز أهمية تأثيرات عدد المجاري من الرتبة الأولى التي تصب في مجاري غير موالية لهـــا في الترتيب الهرمي وتلك التي تجري على إرتفاعات تتراوح بين 535 م و 805 م في التطـــور المكاني والزماني للشبكة المائية للأحواض المدروسة.

4- تحديد أهمية التباينات المكانية للعلاقة الموجودة بين المتغيرات المورفومترية وزمن التركيز في تصنيف الأحواض المائية المدروسة حسب سرعة ظهور عمليات التعرية المرتبطـــة بزمـــن التركيز في كل حوض مائي.

مفاتيح كلمات :

حوض مائي ، مورفومترية ، وادي بيش ، وادي عتود ، المملكة العربية السعودية.



الشكل ـ 1 ـ الموقع الجغرافي للأحواض المدروسة

المصدر: خريطة جغرافية لمصير، لوحة رقم B - 217 -I، المساحة الجيولوجية الأمريكية و شركة الزيت العربية الأمريكية ، 1958 .

1- موضوع البحث

يتناول البحث التحليل المورفومتري المقارن لخصائص الأحواض المائية لمرتفعات عسير الغربية التي تعتبر أكثر مناطق المملكة العربية السعودية تهطالا نظرا لتميزها من ناحية التضاريس ومن ناحية الظروف المناخية مقارنة مع بقية مناطق المملكة العربية السعودية الأخرى (الجراش، 1982).

وقد تم إختيار أربعة أحواض مائية من مجموع الأحواض الممتدة على مرتفعات عسير الغربية (جدول -1- و شكل-1-) .

جدول -1- الخصائص التضاريسية للأحواض المدروسة

الخصائص التضاريسية	حوض وادي يخرف	حوض وادي عركان	حوض وادي ردوم	وض وادي ناسيب
الإرتفاع الأدنى (م)	271	359	519	517
الإرتفاع المتوسط (م)	1140	1481	1530	1180
الإرتفاع الوسيط (م)	800	1040	1155	1100
الإرتفاع الأقصى (م)	2004	2603	2513	1851
الإرتفاع عند 95 % من مساحة الحوض (م)	440	440	630	630
الإرتفاع عند 5 % من مساحة الحوض (م)	1600	1890	1950	1460
نسبة الإنحدار الطوبوغرافي (%)	7,3	9,5	10,5	11,4
نسبة التضرس (م/كم)	64,2	89,3	99,7	78,5
معامل التضرس النوعي (م/كم^2)	64,2	89,3	99,7	78,5

وتحاول هذه الدراسة تحديد أهم الخصائص الشكلية والمساحية الأكثر تأثيرا على نظام الجريان السطحي وعلى ديناميكية التعرية الحالية بالأحواض المدروسة من أجل الوصول إلى تصنيفها إعتمادا على قدرة تكشفاتها الصخرية في تحويل مياه الأمطار إلى موارد مائية سطحية (جريان سطحي وسيول). ويرتكز التحليل الكمي للخصائص المورفومترية على القياسات التي تمت على الخرائط الطوبوغرافية من مقياس 1/50000 وعلى التمثيل البياني لنتائج هذا التحليل.

وقد تساعد هذه الدراسة على ترتيب الأحواض المائية المدروسة من حيث :

1- درجة تقهقرها الطبيعي (البيئي) الذي يهدد الوسط الطبيعي لكل حوض بواسطة عمليات التعرية الحالية خاصة خلال الفترات المطيرة من السنة المتميزة بتردد السيول والفيضانات.

2- الخصائص الهيدرولوجية التي ترتبط إرتباطا كبيرا بقدرة التكشفات الصخرية لكل حوض على تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية.

3- حسن إختيار أنسب المواقع بأنسب الأحواض لإقامة مشاريع إستصلاح لتخزين المياه أو تحويلها من مكان لآخر للإستفادة منها في الإستهلاك اليومي و في النشاط الزراعي.

2- أسباب إختيار الموضوع

تتلخص أسباب إختيار الموضوع في ما يلي :

أ- أهمية الدراسة المورفومترية التطبيقية في الإستدلال على قدرة كل حوض في تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية.

ب- إمكانية الرط بين نتائج هذه النوع من الدراسات ونتائج الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية التطبيقية الهادفة إلى تحديد الموارد المائية السطحية بأحواض التصريف في المناطق التي تتساقط بها كميات معتبرة من الأمطار.

ج- عدم توفر دراسات مورفومترية تطبيقية مقارنة للأحواض الجبلية بمنطقة عسير.

د- إمكانية الربط بين نتائج هذه الدراسة ونتائج الدراسات المماثلة القائمة علىمعطيات الصور الجوية والمرئيات الفضائية التي توفر أدق التفاصيل لمجاري الشبكة المائية بكل حوض مدروس.

هـ- تعتبر هذه الدراسة جزء من قاعدة المعلومات الجغرافية للأحواض المائية الجبلية بمنطقة عسير. ويمكن تعميم هذا النوع من التحليل المورفومتري المقارن على بقية الأحواض المائية الجبلية لإعطاء صورة كاملة عن الخصائص المورفومترية بأحواض جنوب غرب المملكة العربية السعودية.

3- أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى :

1- تحديد و مقارنة الخصائص التضاريسية للشبكة المائية بالأحواض المدروسة.

2- تحديد و مقارنة الخصائص المساحية والشكلية للشبكة المائية بالأحواض المدروسة.

3- تحديد و مقارنة الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بالأحواض المدروسة.

4- تحديد و مقارنة العوامل المورفومترية ذات المدلولات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية بالأحواض المدروسة.

5- الإستدلال بالتباينات المورفومترية ذات المدلول الجيومورفولوجي من أجل :

أ- تحديد ومقارنة مرحلة التعرية الحالية بالأحواض المدروسة.

ب- تحديد ومقارنة قدرة التكشفات الصخرية على تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية .

4- منهجية البحث

يعتمد البحث على التحليل الكمي المقارن للمتغيرات المورفومترية ذات المدلولات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية إعتمادا على القياسات المباشرة من 4 لوحات طوبوغرافية بمقياس 1/50000 :

أ- لوحة جبل وعل ذات الترقيم 1 NE 38

ب- لوحة جبل حارث ذات الترقيم 2 NE 38

ج- لوحة الريث ذات الترقيم 3 NE 38

د- لوحة الفطيحة ذات الترقيم 4 NE 38

ولقد إستخدمنا في عمليات القياس المباشر عجلة القياس Curvimeter لحساب المتغيرات المورفومترية التالي :

أ- محيط الأحواض المائية المدروسة.

ب- أطوال المجاري المائية من مختلف الرتب بالأحواض المائية المدروسة.

كما وقد إعتمدنا في حساب المساحات من اللوحات الطوبوغرافية المذكورة على طريقة المربعات لتحديد :

أ- مساحة الأحواض المائية المدروسة.

ب- مساحة فئات الإرتفاع لتصميم المنحنى الهيبسومتري لكل حوض مائي.

ج- المساحة المحصورة بين خط كنتور معين وخط تقسيم المياه لحساب المساحة النسبية بكل حوض مائي مدروس.

كما وقد إعتمدنا في حساب متغيرات الخصائص المورفومترية على المعادلات الخاصة بذلك والتي أعطت مدلولات جيومورفولوجية بالعديد من الأحواض المائية التي تقع في نطاقات مناخية مختلفة بالمملكة العربية السعودية (الصالح ، 1999) و (الجعيدي ، 1997) و بالأردن

(سلامـــــة ، 1980) وبالجزائر (بوروبـــــة ، 1999) و بكنـــدا (Livernoche, 1974) و (Fauchon , 1974) و (Cartier et Leclerc , 1964). وقد أتبعنا أسلوب التمثيل البياني لتدعيـم التحليل الكمي المقارن للتباينات المورفومترية والتضاريسية. كما وقد طبقنا طريقة ســـترايلر Strahler لتحديد الترتيب الهرمي لمجاري الشبكـــة المائيـــة بكـــل حـــوض (Gregory and Walling,1973).

5- الخصائص التضاريسية للأحواض المدروسة

تمتد الأحواض المدروسة على جزء من السفوح الغربية لمرتفعات عسير التي يجري عليـها وادي بيش بين إرتفاعات تتراوح بين 2200 م في الشمال الشرقي و 9 م عند خط الساحل بـالجنوب الغربي و وادي عتود الذي يجري على إرتفاعات تتراوح بين 3133 م شمالا و 25 م عند خـــط الساحل جنوبا (جدول -2-).

جدول – 2 – الخصائص الشكلية و المساحية للأحواض المدروسة

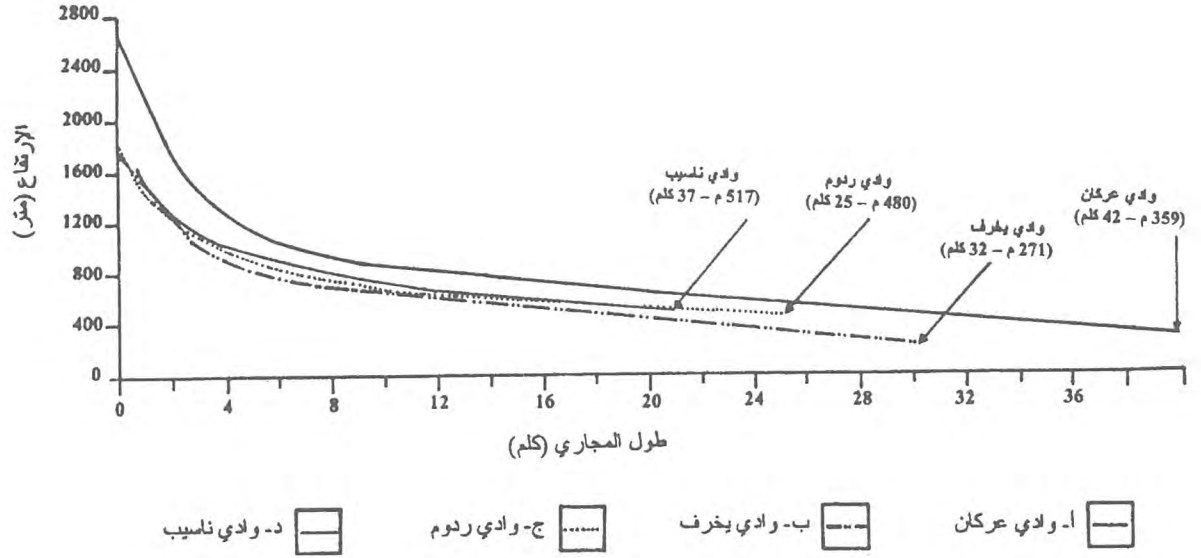
الخصائص الشكلية	حوض وادي يخرف	حوض وادي عركان	حوض وادي ردوم	حوض وادي ناسيب
مساحة الحوض (كلم2)	248	260	134	90
محيط الحوض (كلم)	80	84	60	53
طول المستطيل المماثل (كلم)	32	34	24	22
أقصى طول للحوض (كلم)	27	25	20	17
نسبة الإستطالة	0,66	0,73	0,65	0,63
معامل التكتل (الإندماج)	1,42	1,46	1,45	1,56
معامل الإستدارة	0,49	0,46	0,47	0,40
معامل الشكل	0,34	0,41	0,33	0,31
طول المجرى الرئيس (كلم)	32	42	25	37
معامل هيبسومتري (%)	71	67	82	68

وتعتبر الأحواض المدروسة من أهم أحواض الروافد المغذية لوادي بيش و وادي عتود وهـــي تجري على التكوينات الجيولوجية التي تتشكل أساسا من خليط من الصخور المتحولة وأهمـــها تكوين الشيست Shist و الصخور النارية وأهمها تكوين الأمفيبوليت Amphibolite و الصخور الرسوبية وأهمها تكوين الحجر الرملي Sand stone . وقد تشكلت هذه التكشفات الصخريـــة

من الإندفاعات البركانية التي شهدتها منطقة الدرع العربي منذ فترة ماقبل الكمبري Precambrian (الوليعي ، 1997).

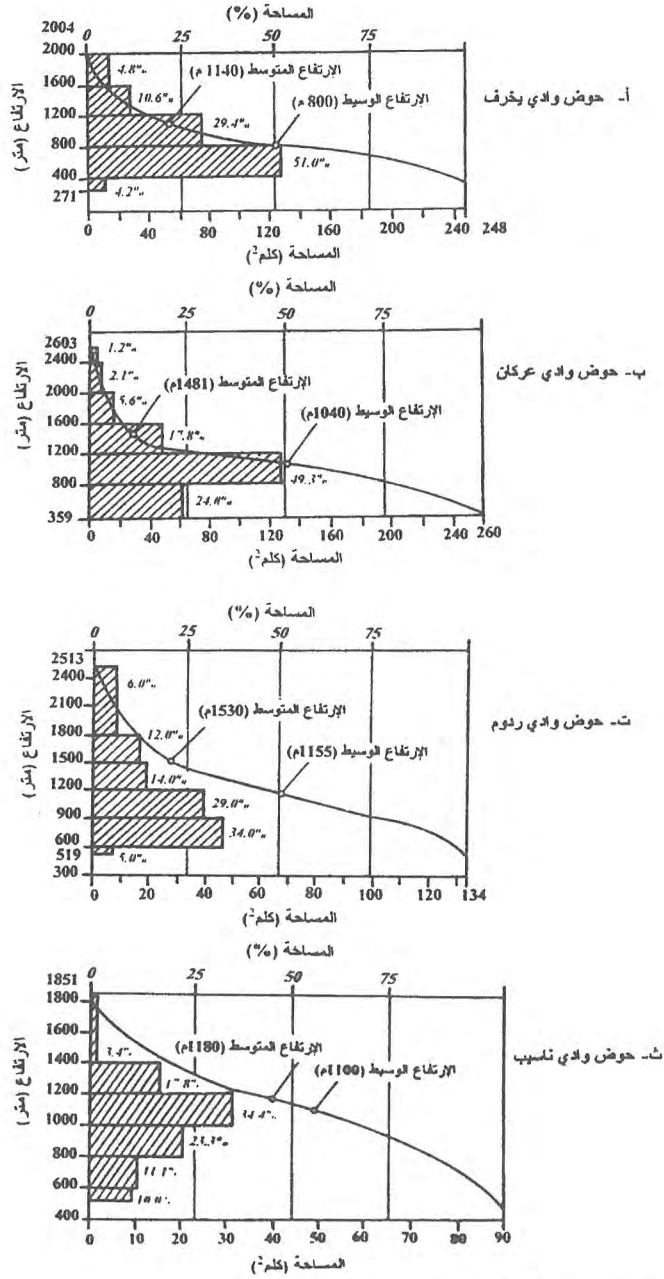
وتتباين الخصائص التضاريسية والشكلية لهذه التكوينات الجيولوجية بين كل من حوض وادي ردوم من جهة وأحواض كل من وادي عركان ووادي يخرف ووادي ناسيب من جهة ثانية (جدول 4 و5 وأشكال 2 و 3).

ويسود مرتفعات عسير الغربية مناخ مداري جبلي يتميز بتردد الموسميات الصيفية المرتبطة بفعاليات منخفض الهند بالإضافة إلى تردد الأمطار الربيعية الديناميكية المرتبطة بنظام البحر المتوسط (الشريف ، 1982). ويتسم نظام الأمطار بهذه المرتفعات بمعدلات شهرية تراوحت خلال الفترة الممتدة من 1 يناير 1970 إلى 31 ديسمبر 1997 م بين 8,6 مم (نوفمبر) و 69,5 مم (ابريل) بأبها وبين 9,5 مم (أكتوبر) و 46,6 مم (مارس) بخميس مشيط في حين تراوحت معدلات الحرارة الشهرية للفترة الممتدة من 1 يناير 1986 إلى 31 ديسمبر 1998م بين 13,0 م^0 (يناير) و 23,0 م^0 (يونيو – يوليو) بأبها وبين 13,9 م^0 (يناير) و 24,1 م^0 (يونيو) بخميس مشيط (أشكال 4 و 5 و وجدول 3).



الشكل ـ 2 ـ المقاطع الطولية لمجاري الأودية المدروسة

مصدر: إنجاز الباحث بالإعتماد على الخرائط الطوبوغرافية : 1/50000 ، لوحة جبل وعل ، NE 38-SW-b ، لوحة جبل حارث ، NE 38-SW-b2 ، لوحة الربث ، NE 38-SW-b3 ، لوحة الفطيحة ، NE 38-SW-b4.



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على خريطة الجيومورفولوجية 1/50000 . لوحة جبل وعل - NE38-SW-b1. لوحة جبل الخاوت NE38-SW-b2. لوحة الرمث NE38-SW-b3. لوحة الطحلة NE38-SW-b4.

الشكل - 3 - المنحنيات الهيبسومترية للاحواض المدروسة

5-نتائج الدراسة

تتلخص الخصائص المورفومترية للشبكة المائية بـــالأحواض المدروســة في الجدولــين 4 و 5 والأشكال 6 و 7 و 8 و 9 التي تمثل الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بكل حوض مـــائي حسب طريقة سترايلر Strahler St المعتمدة في هذا البحث. ومن معاينة الجدول والأشـــكال المذكورة يتضح ما يلي :

أ- تنتهي مجاري حوض وادي عركان إلى الرتبة السادسة عند الإرتفـــاع 545 م ومجـــاري أحوض وادي ردوم ووادي ناسيب ووادي يخرف إلى الرتبة الخامســة علــى التــوالي عنــد الإرتفاعين 805 م بالنسبة للحوض الأول و 535 م بالنسبة للحوضين الأخيرين.

ب- يتأثر الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بكل حوض مائي بصنفين من المجاري المائية :

الصنف (1) : عدد مجاري الرتبة الأولى التي لا تصب في بعضها البعض وهي تتوزع كالتالي :

- 132 مجرى بحوض وادي يخرف أي ما يعادل 42 % من مجموع مجاري هذا الحوض (جدول 6).
- 182 مجرى بحوض وادي عركان أي ما يعادل 36 % من مجموع مجاري هذا الحوض (جدول 7).
- 95 مجرى بحوض وادي ردوم أي ما يعادل 31 % من مجموع مجاري هــذا الحوض (جدول 8).
- 88 مجرى بحوض وادي ناسيب أي ما يعادل 39 % من مجموع مجاري هذا الحوض (جدول 9).

وعليه فبمجرد إقتران هذه المجاري ببعضها البعض يتغير الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائيـــة بكل حوض مائي ليصبح على النحو التالي :

جدول – 10 – الترتيب الهرمي لمجاري الأحواض المدروسة بعد إقتران جميع مجاري الرتبة الأولى مع بعضها

رتبة المجاري	حوض وادي يخرف	حوض وادي عركان	حوض وادي ردوم	حوض وادي ناسيب
الرتبة الأولى	242	374	225	170
الرتبة الثانية	121	187	112	85
الرتبة الثالثة	60	93	56	42
الرتبة الرابعة	30	46	28	21
الرتبة الخامسة	15	23	14	10
الرتبة السادسة	7	11	7	5
الرتبة السابعة	3	5	3	2
الرتبة الثامنة	1	2	1	1
الرتبة التاسعة		1		

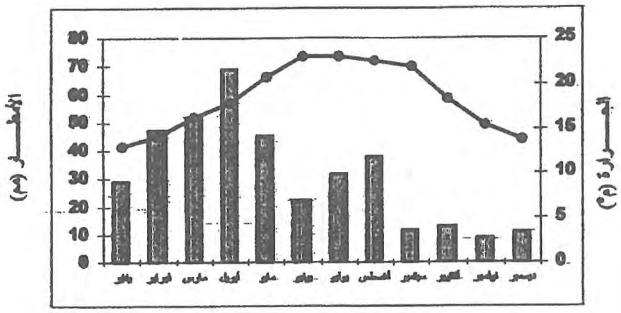
الصنف (2) : عدد المجاري من مختلف الرتب التي تقع أسفل الإرتفاع 545 م بحـــوض وادي عركان ويبلغ عددها 136 مجرى أي مايعادل 27 % من مجموع مجاري هذا الحوض و أســفل الإرتفاع 805 م بحوض وادي ردوم والتي يبلغ عددها 206 مجرى أي ما يعــادل 66 % مــن مجموع مجاري هذا الحوض و أسفل الإرتفاع 535 م بحوض وادي يخرف والتي يبلغ عددهـــا 145 مجرى أي مايعادل 46 % من مجموع مجاري هذا الحوض.

جدول – 3 – المعدلات الشهرية لأمطار الفترة يناير 1970 م – ديسمبر 1997 م ولحرارة الفترة يناير 1986 م – ديسمبر 1998 م

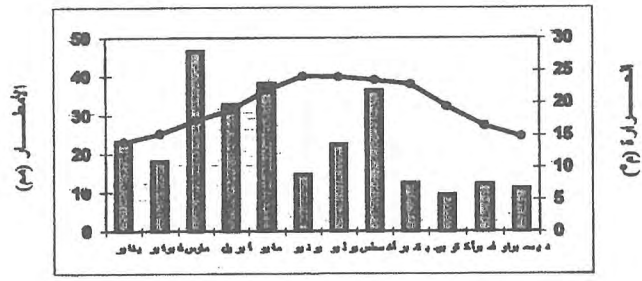
		يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
محطة أبها	حرارة دنيا (م°)	7,6	9,6	11,1	12,2	14,4	16,1	16,7	16,4	14,6	11,4	8,3	7,2
	حرارة قصوى (م°)	19,1	19,8	22,0	24,3	28,0	30,6	30,3	30,0	29,3	25,7	22,9	20,6
	معدل الحرارة (م°)	13,0	14,2	16,2	17,9	20,8	23,0	23,0	22,5	21,9	18,4	15,5	13,8
	معدل الأمطار (مم)	29,3	47,4	52,1	69,0	45,4	22,5	31,5	37,9	11,3	13,1	8,6	10,7
محطة خميس مشيط	حرارة دنيا (م°)	8,4	10,0	11,8	13,4	16,0	17,8	18,2	17,9	16,4	13,0	9,9	8,7
	حرارة قصوى (م°)	20,8	21,6	23,7	25,9	29,8	31,8	31,6	31,5	30,1	26,6	24,5	22,5
	معدل الحرارة (م°)	13,9	15,2	17,3	18,9	22,0	24,1	24,0	23,5	22,9	19,4	16,5	14,8
	معدل الأمطار (مم)	23,3	18,1	46,6	32,8	38,3	14,7	22,5	36,5	12,6	9,5	12,2	11,2

المصدر : قياسات الحرارة من مصلحة الإرصاد و حماية البيئة التابعة لوزارة الدفاع و الطيران وقياسات الأمطار من وزارة الزراعة والمياه.

الشكل – 4 – المعدلات الشهرية للحرارة والأمطار خلال الفترة الممتدة
من 1 يناير 1970 إلى 31 ديسمبر 1997 بمحطة أبها



الشكل – 5 – المعدلات الشهرية للحرارة والأمطار خلال الفترة الممتدة
من 1 يناير 1970 إلى 31 ديسمبر 1997 بمحطة خميس مشيط

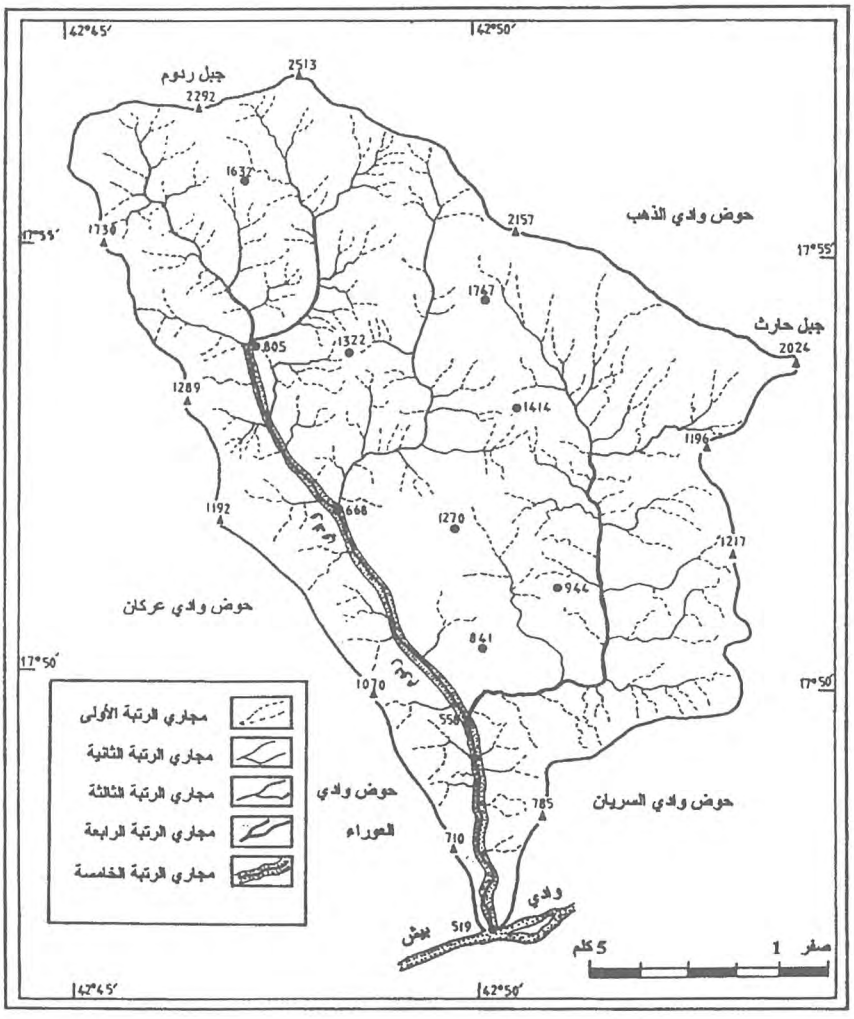


جدول- 4- الخصائص المورفومترية للشبكة المائية بالأحواض المدروسة

الخصائص المورفومترية	حوض وادي يخرف	حوض وادي عركان	حوض وادي ردوم	حوض وادي ناسيب
عدد المجاري المائية	317	500	310	224
مجموع أطوال المجاري المائية (كلم)	421	526	336	248
متوسط أطوال المجاري المائية (كلم)	1,32	1,05	1,08	1,10
مساحة التصريف الإجمالية (كلم^2)	248	260	134	90
متوسط مساحة التصريف (كلم^2/مجرى)	0,78	0,52	0,43	0,40
المساحة الدنيا للمجرى (كلم^2)	0,59	0,49	0,40	0,36
تكرارية المجاري (مجرى / كلم^2)	1,28	1,92	2,31	2,49
كثافة المجاري (كلم /كلم^2)	1,70	2,02	2,50	2,76
نسبة التشعب	4,04	3,41	3,89	2,07
نسبة أطوال المجاري	2,39	1,91	2,25	2,08
نسبة مساحة التصريف	4,83	4,30	5,18	4,47
معامل الفيضان	3,70	6,50	10,9	8,4

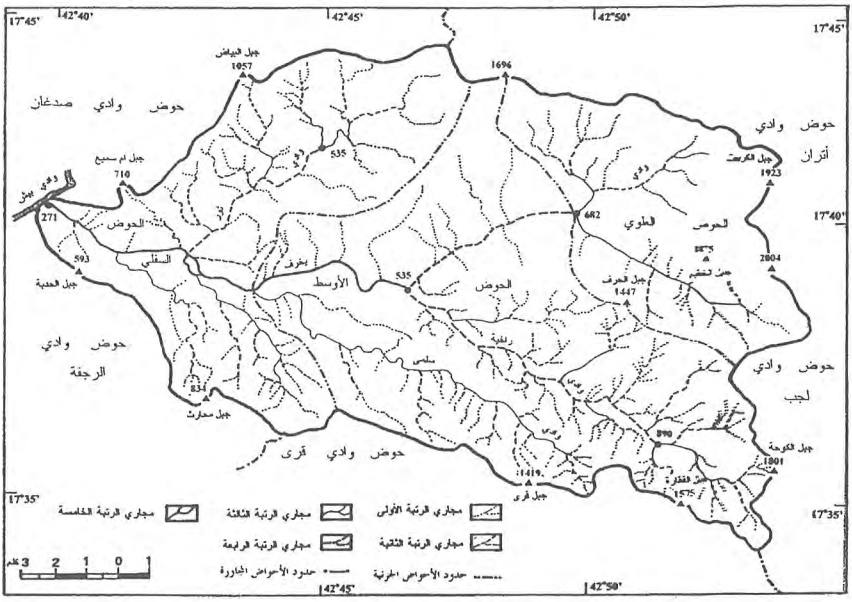
جدول– 5– الخصائص المورفومترية للشبكة المائية بالأحواض المدروسة

رتبة المجاري	حوض وادي يخرف		حوض وادي عركان		حوض وادي ردوم		حوض وادي ناسيب		
	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كلم)	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كلم)	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كلم)	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كلم)	
الرتبة الأولى	242	248	374	291	225	191	170	140	
الرتبة الثانية	55	84	96	126	65	65	41	43	
الرتبة الثالثة	16	37	20	60	15	44	10	38	
الرتبة الرابعة	3	37	7	19	4	20	2	17	
الرتبة الخامسة	1	15	2	16	1	16	1	10	
الرتبة السادسة	------	-------	1	14	-------	-------	-------	-------	
المجموع	317	421	500	526	310	336	224	248	



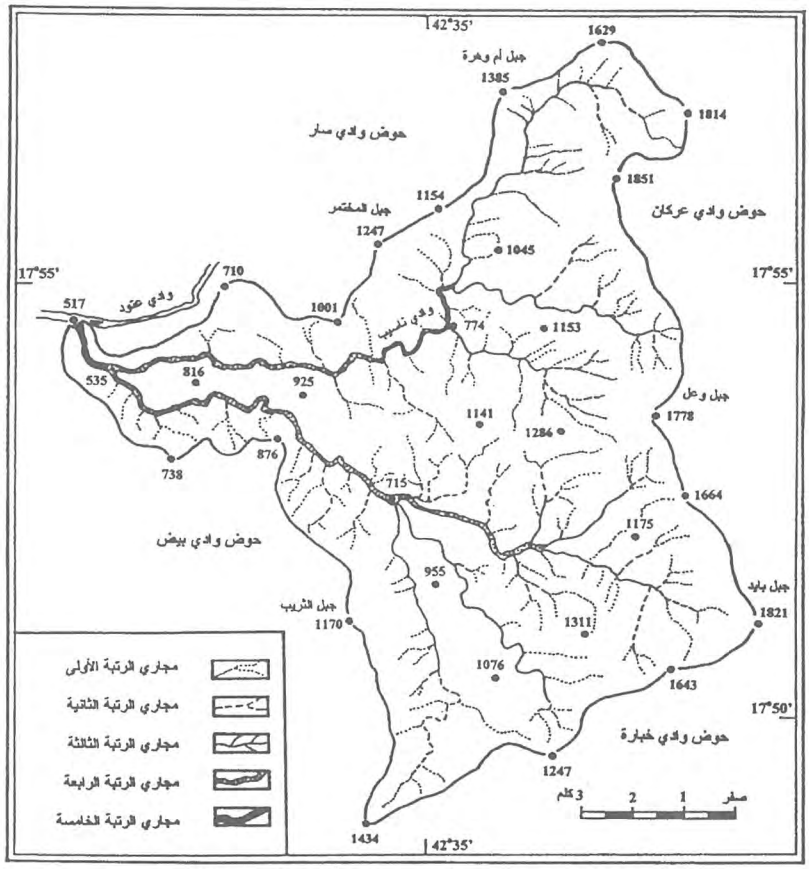
الشكل ـ 6 ـ الترتيب الهرمي للمجاري المائية لحوض وادي ردوم حسب طريقة ستراير Strahler

المصدر: عمل الباحث بالإعتماد على الخريطة الطوبوغرافية 1/50000 ، لوحة جبل حارث2b -1- NE 38-SW ، وزارة الشؤون البلدية والقروية – وكالة تخطيط المدن.



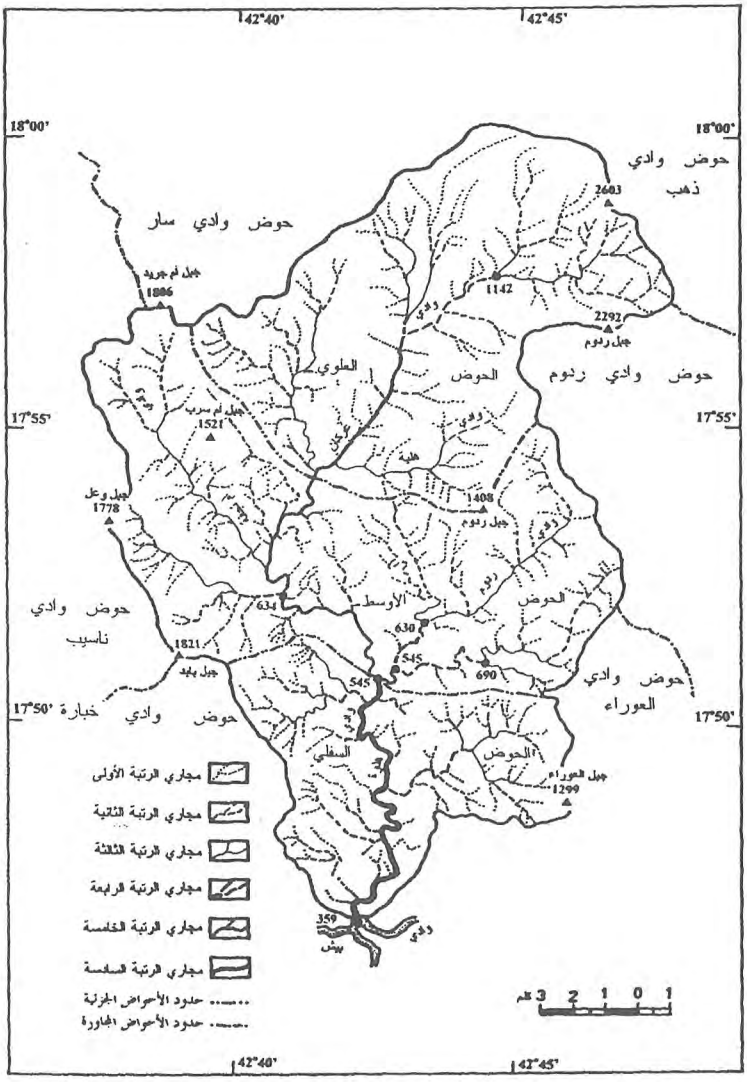
الشكل ـ 7 ـ الترتيب الهرمي للمجاري المائية لحوض وادي بخرف
حسب طريقة ستراهلر Strahler

المصدر: إنجاز الباحث بالاعتماد على الخرائط الطوبوغرافية : 1/50000 ، لوحة جبل وعل ، NE 38-SW-b1 ، لوحة حقل حارث ، NE 38-SW-b2 ، لوحة الريث ، NE 38-SW-b3 ، لوحة القطيعة ، NE 38-SW-b4.



الشكل ـ 8 ـ الترتيب الهرمي للمجاري المائية لحوض وادي ناسيب حسب طريقة سترايلر Strahler

المصدر: إنجاز الباحث بالإعتماد على الخرائط الطوبوغرافية : 1/50000 ، لوحة جبل وعل ، NE 38-SW-b1 ، لوحة جبل حاوث ، NE 38-SW-b2 ، لوحة الريث ، NE 38-SW-b3 ، لوحة القطيحة ، NE 38-SW-b4.



الشكل - 9 - الترتيب الهرمي للمجاري المائية لحوض وادي عركان حسب طريقة ستراهلر Strahler

المصدر: إنجاز الباحث بالإعتماد على الخرائط الطوبوغرافية : 1/50000 ، لوحة جبل وعل ، NE 38-SW-b1 ، لوحة جبل حلوث ، NE 38-SW-b2 ، لوحة الربث ، NE 38-SW-b3 ، لوحة الفطيحة ، NE 38-SW-b4.

16

جدول- 6- الخصائص المورفومترية للشبكة المائية بالحوض الهيدروغرافي لوادي يخرف

الرتبـــــــة	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كلم)	متوسط أطوال المجاري (كلم)	نسبة أطوال المجاري	مجموع مساحة التصريف(كلم^2)	متوسط مساحة التصريف(كلم^2)	المساحة الدنيا للتصريف(كلم^2)	نسبة المساحة	تكرارية المجاري	نسبة التشعب	كثافة التصريف (كلم/كلم^2)
الأولى	242	248	1,02	———	111	0,5	0,45	———	2,18	———	2,23
الثانية	55	84	1,53	1,50	116	2,10	1,38	4,20	0,47	4,40	0,72
الثالثة	16	37	2,31	1,51	117	7,31	3,16	3,45	0,14	3,44	0,32
الرابعة	3	37	12,33	5,33	158	52,70	4,27	5,40	0,02	5,33	0,23
الخامسة	1	15	15,0	1,22	248	248	16,53	6,28	0,004	3,00	0,06
المجموع	317	421	1,32	2,39	248	0,78	0,59	4,83	1,28	4,04	1,70

جدول– 7 – الخصائص المورفومترية للشبكة المائية بالحوض الهيدروغرافي لوادي عركان

الرتبـــة	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كلم)	متوسط أطوال المجاري (كلم)	نسبة أطوال المجاري	مجموع مساحة التصريف(كلم^2)	متوسط مساحة التصريف(كلم^2)	المساحة الدنيا للتصريف(كلم^2)	نسبة المساحة	تكرارية المجاري	نسبة التشعب	كثافة التصريف (كلم/كلم^2)
الأولى	374	291	0,78	———	116	0,31	0,40	———	3,22	———	2,50
الثانية	96	126	1,31	1,68	133	1,39	1,06	4,48	0,72	3,89	0,95
الثالثة	20	60	3,00	2,29	130	6,50	2,17	4,67	0,15	4,80	0,46
الرابعة	7	19	2,71	0,90	95	13,60	5,00	2,09	0,07	2,86	0,20
الخامسة	2	16	8,00	2,95	214	107,0	13,40	7,86	0,009	3,50	0,07
السادسة	1	14	14,00	1,75	260	260	18,60	2,43	0,003	2,00	0,05
المجموع	500	526	1,05	1,91	260	0,52	0,49	4,30	1,92	3,41	2,02

جدول- 8- الخصائص المورفومترية للشبكة المائية بالحوض الهيدروغرافي لوادي ردوم

الرتبة	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كلم)	متوسط أطوال المجاري (كلم)	نسبة أطوال المجاري	مجموع مساحة التصريف(كلم^2)	متوسط مساحة التصريف(كلم^2)	المساحة الدنيا للتصريف(كلم^2)	نسبة المساحة	تكرارية المجاري	نسبة التشعب	كثافة التصريف (كلم/كلم^2)
الأولى	225	191	0,85	———	44	0,20	0,23	———	5,11	———	4,34
الثانية	65	65	1,00	1,18	87	1,34	1,34	6,70	0,75	3,46	0,75
الثالثة	15	44	2,93	2,93	81	5,40	1,84	4,03	0,19	4,33	0,54
الرابعة	4	20	5,00	1,70	102	25,50	5,10	4,72	0,04	3,75	0,20
الخامسة	1	16	16,00	3,20	134	134	8,38	5,25	0,007	4,00	0,12
المجموع	310	336	1,08	2,25	134	0,43	0,40	5,18	2,31	3,89	2,50

جدول– 9– الخصائص المورفومترية للشبكة المائية بالحوض الهيدروغرافي لوادي ناسيب

الرتبة	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري (كلم)	متوسط أطوال المجاري (كلم)	نسبة أطوال المجاري	مجموع مساحة التصريف(كلم^2)	متوسط مساحة التصريف(كلم^2)	المساحة الدنيا للتصريف(كلم^2)	نسبة المساحة	تكرارية المجاري	نسبة التشعب	كثافة التصريف (كلم/كلم^2)
الأولى	170	140	0,82	———	56	0,33	0,40	———	3,03	———	2,50
الثانية	41	43	1,05	1,28	42	1,02	0,98	3,09	0,98	3,25	1,02
الثالثة	10	38	3,80	3,62	62	6,20	1,63	6,08	0,16	1,10	0,61
الرابعة	2	17	8,50	2,23	80	40,00	4,70	6,45	0,03	2,23	0,21
الخامسة	1	10	10,00	1,18	90	90	9,00	2,25	0,01	1,70	0,11
المجموع	224	248	1,10	2,08	90	0,40	0,36	4,47	2,49	2,07	2,76

وعليه يكون عدد المجاري من مختلف الرتب التي تدخل مباشرة في تحديد الترتيب الهرمي للأحواض المدروسة عبارة عن : **مجموع مجاري الحوض** – { (**عدد مجاري الصنف** (1) + **عدد المجاري الصنف** (2)} **[1]** (جدول –11–)

جدول – 11 – الترتيب الهرمي لمجاري الأحواض المدروسة بعد إقتران جميع مجاري الرتبة الأولى مع بعضها

الحوض المائي	مجاري الصنف (1)	%	مجاري الصنف (2)	%	باقي المجاري	%
حوض وادي يخرف	132	42	145	46	40	12
حوض وادي عركان	182	36	136	27	182	37
حوض وادي ردوم	95	31	206	66	9	3
حوض وادي ناسيب	88	39	0	0	136	61

ج- مقياس الخريطة الطوبوغرافية المستعمل 1/50000 في قياس المتغيرات المورفومترية وهو مقياس لايعطي كل تفاصيل مجاري الشبكة المائية بكل حوض مثل ما تظهرها المرئيات الفضائية والصور الجوية. وعليه فإن هذه التباينات قد تتزايد عند إستخدام الخرائط ذات المقاييس الكبيرة من فئة 1/25000 أو 1/10000 والصور الجوية أو المرئيات الفضائية.

د- يتناسب معامل الفيضان المحسوب بواسطة المعادلة التالية :

معامل الفيضان للحوض المائي = كثافة التصريف (المجاري) × تكرارية مجاري الرتبة الأولى [2]

مع تكرارية المجاري المحسوبة بواسطة المعادلة التالية :

تكرارية المجاري للحوض المائي = عدد المجاري / مساحة الحوض المائي [3]

وكثافة التصريف (المجاري) المحسوبة بواسطة المعادلة التالية :

كثافة التصريف للحوض المائي = مجموع أطوال المجاري / مساحة الحوض المائي [4]

ويتأثر بتباينات مجاري الرتبة الأولى. وعليه يكون ترتيب الأحواض المدروسة حسب علاقة معامل الفيضان بتكرارية المجاري وكثافة التصريف (المجاري) كالتالي : (جدول – 12 –)

جدول – 12 – العلاقة بين معامل الفيضان وتكرارية المجاري وكثافة التصريف (المجاري) بالأحواض المدروسة

الحوض المائي	كثافة التصريف (كلم / كلم^2)	تكرارية المجاري (مجرى / كلم^2)	معامل الفيضان
حوض وادي يخرف	2,76	2,49	8,36
حوض وادي عركان	2,50	2,31	10,9
حوض وادي ردوم	2,02	1,92	6,50
حوض وادي ناسيب	1,70	1,28	3,70

هـ- تتناسب التباينات المكانية للمجاري المؤثرة في الترتيب الهرمي للأحواض المدروسة مع التباينات المكانية للمعامل الهيبسومتري المحسوب بواسطة المعادلة التالية :

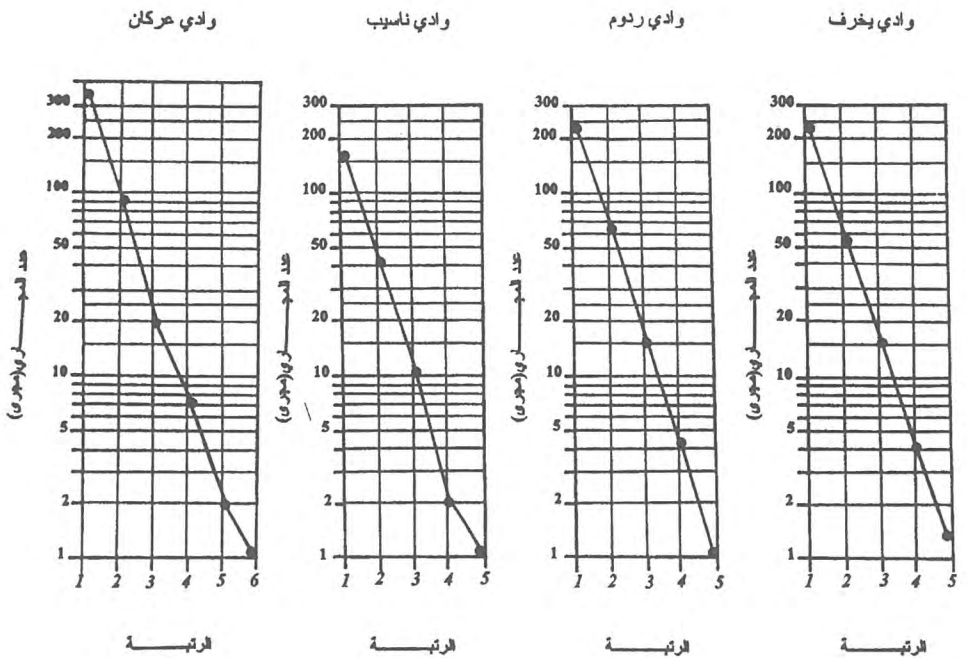
المعامل الهيبسومتري = الإرتفاع النسبي / المساحة النسبية [5] (سلامة ، 1980)

ويعبر هذا المعامل عن كمية المواد الصخرية التي تم نزعها بواسطة مختلف مجاري الشبكة والتي تم نقلها بواسطة روافد كل حوض، أي وكأن عمليات التعرية بالأحواض المدروسة ترتبط إرتباطا مباشرا بمجموع هذه المجاري دون غيرها من المجاري الأخرى كما يوضحه ترتيب الأحواض بالجدول - 13 - .

و- تبدو العلاقة بين رتب المجاري وأعدادها متماثلة بالأحواض المدروسة (شكل- 10-).

ك- لا يتناسب متوسط طول المجاري مع الرتبة الرابعة بحوض وادي عركان ومع الرتبة الثانية بحوض وادي ناسيب ووادي ردوم ومع الرتبة الثالثة بحوض وادي يخرف بحيث يبلغ متوسط طول المجاري المناسب لعلاقة خطية عادية 5

كلم بدلا عن 2,7 كلم بحوض وادي عركان و 1,7 كلم بدلا عن 1,0 كلم بحوض وادي ناسيب و 1,5 كلم



الشكل -10- العلاقة بين الرتبة و عدد المجاري

المصدر: إنجاز الباحث بالإعتماد على الخرائط الطوبوغرافية : 1/50000 ، لوحة جبل وعل ، NE 38-SW-b1 ، لوحة جبل حارث ، NE 38-SW-b2 ، لوحة الريث ، NE 38-SW-b3 ، لوحة الفطيحة ، NE 38-SW-b4.

جدول – 13 – العلاقة بين المعامل الهيبسومتري وعدد المجاري التي لها علاقة بالترتيب الهرمي للحوض

الحوض المائي	المعامل الهيبسومتري	% لعدد المجاري	% للمواد الصخرية المنقولة
حوض وادي عركان	67	37	33
حوض وادي ناسيب	68	61	32
حوض وادي يخرف	71	12	29
حوض وادي ردوم	82	3	18

بدلا عن 1,0 كلم بحوض وادي ردوم و 3,8 كلم بدلا عن 2,3 كلم بحوض وادي يخرف (شكل – 11–) .

ل– لا يتناسب متوسط مساحة التصريف مع الرتبة الرابعة بحوض وادي عركان بحيث يبلغ متوسط مساحة التصريف المناسب لعلاقة خطية عادية 23 كلم^2 / مجرى بدلا عن 13,6 كلم^2 / مجرى في حين تبدو هذه العلاقة متماثلة في بقية الأحواض الأخرى (شكل – 12–).

م– تبلغ مساحة التصريف المتبقية بكل حوض مائي والقابلة لإمتداد مجاري مائية من الرتبة الأولى كالتالي :

المساحة المتبقية = مساحة الحوض – (متوسط المساحة الدنيا الضرورية لكل مجرى × عدد المجاري) [6]

وهي تساوي ما يلي :

– 81 كلم^2 أي ما يعادل 25 % من مساحة حوض وادي يخرف.

– 9 كلم^2 أي ما يعادل 10 % من مساحة حوض وادي ناسيب.

– 10 كلم^2 أي ما يعادل 7 % من مساحة حوض وادي ردوم.

– 15 كلم^2 أي ما يعادل 6 % من مساحة حوض وادي عركان.

ن– يبلغ زمن التركيز المحسوب بواسطة معادلة Giandotti (Jaton , 1980):

$$\text{زمن التركيز للحوض المائي (دقائق)} = \frac{5\{4\,(\text{مساحة الحوض المائي})^{0,5} + 1,5\,\text{طول المجرى الرئيس}\}}{(\text{الإرتفاع المتوسط للحوض المائي})^{0,5}} \quad [7]$$

– 3–4 ساعات بحوض وادي يخرف.

– 4–5 ساعات بحوض وادي عركان.

– 3–4 ساعات بحوض وادي ناسيب.

– 2–3 ساعات بحوض وادي ردوم.

ويتناسب زمن التركيز عكسيا مع معامل الفيضان أي وكأن سرعة تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية تتأثر تأثرا عكسيا بإرتفاع كثافة التصريف وبزيادة تكرارية المجاري.

الخلاصة والتوصيات

لقد أظهرت هذه الدراسة بعضا من الخصائص المورفومترية ذات المدلول الجيومورفولوجي و الهيدرولوجي على مستوى كل حوض. وقد أعطت نتائج هذه الدراسة إمكانية تصنيف الأحواض المدروسة تبعا :

1- للخصائص المورفومترية لمجاري الشبكة المائية.

2- للترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية.

3- للمعامل الهيبسومتري.

4- نسبة وعدد الروافد التي تتحكم في الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية.

5- الإختلاف الموجود على مستوى علاقات رتب المجاري بالمتغيرات المورفومترية للشبكة المائية.

6- نسبة المساحة المتبقية القابلة لإمتداد مجاري مائية جديدة من الرتبة الأولى.

7- زمن التركيز (الإستجابة) للحوض المائي.

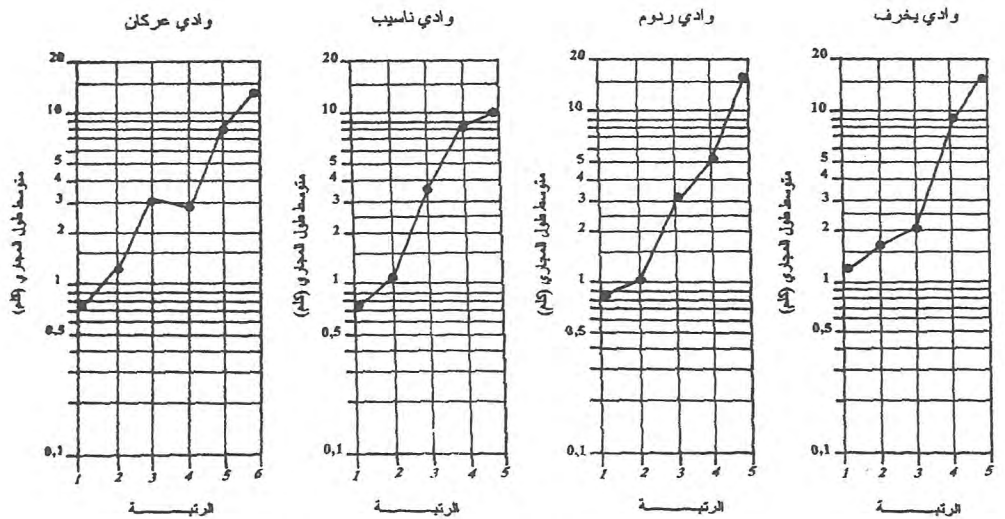
ولعل أن تعدد هذه الخيارات يعطي إمكانية كبيرة لأصحاب القرار لإتخاذ أنسب القرارات المناسبة لكل خيار من هذه الخيارات أو إختيار بدائل لخيارات أخرى لم تعط جدواها المناسبة لطبيعة وخصائص كل حوض مائي وفقا لأهداف المشاريع التنموية الساعية لتوفير أكبر قدر ممكن من الموارد المائية السطحية. وفي هذا الصدد يقدم هذا البحث جملة من التوصيات :

1- إجراء دراسات مماثلة بإستخدام المرئيات الفضائية والصور الجوية التي تعطي تفاصيلا أكثر دقة عن عن خصائص المجاري المائية بكل حوض.

2- تعميم مثل هذه الدراسات على أحواض روافد وادي بيش ووادي عتود للوصول إلى تصنيف دقيق وشامل لمجموع أحواض الروافد المغذية لهما.

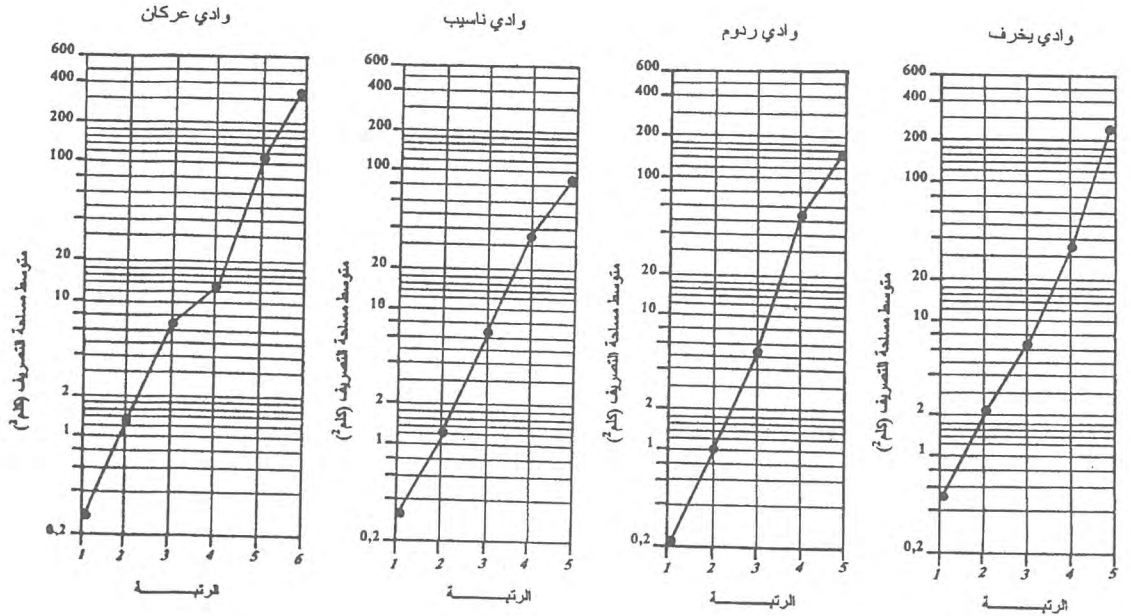
3- بناء قاعدة معلومات جغرافية لأحواض الروافد بمناطق جنوب غرب المملكة العربية السعودية للإستفادة منها في إتخاذ أي قرار يتعلق بالمشاريع التنموية في المناطق الجبلية بأقل جهد وبأقل تكلفة.

5- إجراء دراسات جيومورفولوجية كمية لأشكال التعرية الحالية ولتأثيراتها في تحديد الخصائص المورفومترية والشكلية والمساحية على مستوى أحواض الروافد.



الشكل -11- العلاقة بين الرتبة و متوسط طول المجاري

المصدر: إنجاز الباحث بالإعتماد على الخرائط الطوبوغرافية : 1/50000 ، لوحة جبل وعل ، NE 38-SW-b1 ، لوحة جبل حارث ، NE 38-SW-b2 ، لوحة الريث ، NE 38-SW-b3 ، لوحة الفطيحة ، NE 38-SW-b4.



الشكل -12- العلاقة بين الرتبة و متوسط مساحة التصريف

المصدر: إنجاز الباحث بالإعتماد على الخرائط الطوبوغرافية : 1/50000 ، لوحة جبل وعل ، NE 38-SW-b1 ، لوحة جبل حارث ، NE 38-SW-b2 ، لوحة الربث ، NE 38-SW-b3 ، لوحة الفطيحة ، NE 38-SW-b4.

المراجع

1- الوثائق الخرائطية

1- خريطة جبل وعل الطوبوغرافية 1/50000 ، لوحة NE 38 - SW - b1 ، الطبعة الأولى ، وزارة الشؤون البلدية والقروية ، وكالة تخطيط المدن ، 1978.

2- خريطة جبل حارث الطوبوغرافية 1/50000 ، لوحة NE 38 - SW - b2 ، الطبعة الأولى ، وزارة الشؤون البلدية والقروية ، وكالة تخطيط المدن ، 1978.

3- خريطة الريث الطوبوغرافية 1/50000 ، لوحة NE 38 - SW - b3 ، الطبعة الأولى ، وزارة الشؤون البلدية والقروية ، وكالة تخطيط المدن ، 1978.

4- خريطة الفطيحة الطوبوغرافية 1/50000 ، لوحة NE 38 - SW - b4 ، الطبعة الأولى ، وزارة الشؤون البلدية والقروية ، وكالة تخطيط المدن ، 1978.

5- خريطة جغرافية للوحة عسير بالمملكة العربية السعودية ، خريطة رقم I - 217 -B ، المساحة الجيولوجية الأميريكية وشركة الزيت العربية الأميريكية ، 1958م / 1377هـ.

6- الخريطة الجيولوجية لشبه جزيرة العربية 1/2000000 ، لوحة رقم B–I - 270 ، وزارة البترول والثروة المعدنية ، 1963.

2- المراجع العربية

1- سلامة ،ح ،ر ، 1980 ، التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن، دراسات : العلوم الإنسانية، مجلد 7، عدد1، ص97–132.

2- صادق الشريف، ع، ر، 1982، جغرافية المملكة العربية السعودية، الجزء الأول، الطبعة الثانية، دار المريخ، الرياض.

3- الجراش، م، ع، 1982، العلاقة بين الأمطار والسيول في جنوبي غرب المملكة العربية السعودية : دراسة تطبيقية على حوض وادي بيشة ووادي بيش، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، المجلد الثاني، ص 175.

4- الجعيدي، ف، ح، 1997، دور مرئيات الإستشعار من بعد في إعداد الخريطة الجيومورفولوجية لحوض وادي الحرملية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، 133 ص.

5- الصالح، م، ع، 1999، إستخدام صور الماسح الموضوعي المحسنة والخرائط الطوبوغرافية للتحليل المورفومتري لوادي عنان ووادي مزيرعة بوسط المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك سعود، الآداب(2)، المجلد الحادي عشر ، 1420هـ، ص

6- بوروبة،م، ف، 1999، المدلول الجيومورفولوجي للمتغيرات المورفومترية بالحوض الهيدروغرافي لوادي الكبير الرمال (التل الشرقي-الجزائر)، سلسلة رسائل جغرافية، العدد 229، الجمعية الجغرافية الكويتية،صفر 1420هـ/يونيو1999م.

7- الوليعي، ع، 1997 ، جيولوجية وجيومورفولوجية المملكة العربية السعودية (أشكال سطح الأرض).

3- المراجع الأجنبية:

1- **Cartier.L et Leclerc.A ,1964** , Rivieres Eaton: caracteristiques topographiques du bassin-versant , Ministere des richesses naturelles, H.P.5, 32 pages.

2- **Gregory.K.J and Walling.D.E ,1973,** Drainage basin: Form and processus, A geomorphology approach, Edward Arnold, London.

3- **Fauchon.A , 1974 ,** Analyse morphometrique de la partie ouest du bassin de la riviere des Etchemins (Quebec), memoire de recherche (non publie), departement de geographie , universite de Laval, 71 pages.

4- **Jaton.J.F , 1980 ,** Hydrologie de surface , Premiere partie : Ecoulement de surface et debits des crues, Institut du genie rural, Ecole polytechnique de Lausanne, 129 pages.

5- **Livernoche.C, 1974,** Geomorphologie du bassin versant de la partie Yamachiche et etude quantitative du reseau hydrographique , these de maitrise (non publiee), Departement de geographie , universite de Montreal.

هيدرومناخية الأمطار في جبال السروات

بالمملكة العربية السعودية

د. جهاد محمد قربة

هيدرومناخية الأمطار في جبال السروات بالمملكة العربية السعودية

د. جهاد محمد قربة

قسم الجغرافيا – جامعة الملك سعود

ملخص

لتحديد أهمية التغذية المطرية لأحواض الأراضي الجبلية بمنطقة السروات في جنوب غرب المملكة العربية السعودية ، فإن هذا البحث يعتمد على البيانات اليومية للأمطار وتحليلها بشكل يعكس أهميتها الهيدرولوجية كونها لا تنحصر في فترة واحدة من السنة كما هو الحال بالنسبة لمختلف أجزاء الجزيرة العربية بل على فترتين: إحداهما صيفية موسمية ، والثانية ربيعية ديناميكية .

تمثل محطة أبها الأراضي الجبلية بالسروات نظرا لموقعها وإرتفاعها المميزين، وتحصل هذه المحطة على بيانات يومية جوية تمتد من يناير1986 الى ديسمبر1998، كما وتسمح بشكل جيد بعكس أهمية الحوادث المطرية لتشخيص الوضعيات الجوية وآلياتها المولدة للأمطار على جنوب غرب المملكة العربية السعودية . ولا شك بأن طبيعة هذه الآليات وأنماط تكرار حدوثها من عام لآخر سيمكن أصحاب القرار بإعتماد المشاريع الكفيلة بإستثمار أودية جبال السروات بشكل أكثر فاعلية بواسطة اعتماد مشاريع لبناء السدود السطحية التي ستوفر المياه للإحتياجات السكانية – الإقتصادية الإقليمية وبالتالي تطوير إستغلال أهم الموارد المائية المتاحة في الأراضي الجبلية .

الكلمات الأساسية: أمطار ، جبال السروات ، وضعيات جوية ، جريان جوي .

أولا: المقدمة

تعد منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية من أهم المناطق الجبلية تعرضا للأمطار ، وهي في نفس الوقت أكثر المناطق غرابة من النواحي المناخية ، وأكثر الأراضي أصالة في نماذج طقسها التي تساهم بتتابعها وترددها في تشكيل مجموعة الخصائص المميزة جغرافيا لإقليم عسير .

البحث في هيدرومناخية الأمطار يقتضي العمل على محورين رئيسيين من أجل التوصل لحل شامل وموجز للمسألة المطرية وأهميتها الهيدرولوجية للمنطقة :

1- بيان الخصائص المطرية للأراضي المرتفعة بعسير وأنظمة تغير الكميات المطرية لفترة زمنية مقبولة يتوفر لها قياسات يومية .

2- تحليل الوضعيات الجوية المولدة للأمطار الهامة على هذه المنطقة حسب فترات هطولها الرئيسة "لعام متوسط" وبيان كيفية تعامل مختلف الوحدات الجوية من مرتفعات ومنخفضات جوية مع بعضها البعض، الكفيل بتوليد آليات مطرية على جبال هذه المنطقة.

يقبل كافة المتخصصون في "المناخ الديناميكي" بأن منطقة عسير أو المناطق الجنوبية للبحر الأحمر ليست مناطق مولدة للإضطرابات الجوية ، أي بأنه لا توجد في هذه المنطقة خلايا تلاقي Convergence تسمح بولادة جبهات ديناميكية مهطلة الأمطار على هذه المنطقة.

إن مراجعة وتحليل الخرائط السطحية لتوزيعات الضغط الجوي على سطح الأرض تسمح من جهة أخرى بقبول هذه الحقيقة العلمية وبلورتها بشكل جيد ، الأمر الذي يجبر التوجه للبحث عن آليات جغرافية صرفة أو جغرافية ديناميكية مختلطة لتفسير الهطول المطري وكيفية تبلور عمل هذه الآليات على سماء جبال عسير(*) .

(*) تتوفر لدي مصلحة مصلحة الأرصاد وحماية البيئة بجده – خرائط توزيعات الضغط الجوي على سطح الأرض محفوظة على شكل "ميكروفيلم" يستطيع الباحثون إستخامها، كما تتوفر خرائط سطحية عالمية منشورة يمكن الإستفادة منها بسهولة مثل:
Bulletin Quottienne D etudes

ثانيـــا: البيانات المستخدمة:

يتوفر في منطقة عسير عدد لا بأس به من محطات الرصد المطري التابعة لوزارة الزراعة والـــتي تدعى بالمحطات الزراعية التي تتميز بياناتها بالعديد من الثغرات وفترات غياب للقياسات يجعـل من إستخدام هذه البيانات أمرا عسيرا من الناحية العلمية، أضف الى هذا الصعوبات المتعلقـــة بشروط عملية القياس داخل المحطة نفسها. ويبدو واضحا في نفس الوقت بأن المواقع الجبليـــة لمحطات عسير وتبعثر هذه المحطات في أودية المنطقة بين إرتفاعات تتراوح مـــن 500 الى 3200م يدخل صعوبة خاصة فيما يتعلق بمراقبة ومتابعة هذه المحطات من قبل المسؤلين بالرغم في كونها محطات مطرية ، وهذا فـــي الواقع من أهم المحددات التي جعلت هذا البحث يعتمد على محطة واحدة ، هي من محطات الدرجة الأولى SYNOPTIC STATION وتتبع لهيئة الأرصاد وحماية البيئة وهي معتمدة دوليا من منظمة الأرصاد الجوية العالميـــة ويعمـــل بداخلـــها مهندســـون متخصصون في علوم الأرصاد. يتعلق الأمر بمحطة أبها التي تقع على إرتفاع 2093م والتي تعتبر ممثلا جيدا لأجواء المناطق الجبلية المرتفعة بعسير وتسمح بالوصول لأهداف هذا البحث .

في هذه الأثناء فإن النظر في المعدلات الشهرية لأمطار بعض من هذه المحطات الـــتي يتجـــاوز إرتفاعها 2000م والمحسوبة لفترة زمنية طويلة نسبيا 1969-1996م يسمح بإعطاء فكرة أوليـــة مقبولة علميا عن أمطار الأراضي المرتفعة لعسير ويمكن القاري من التحكم الأولي بكميـــات الأمطار التي تتلقاها هذه الأراضي خاصة وأن حساب المعدلات الخاصة بهذه المحطات يسمـــح بطمس "العيوب" والتغيرات التي تعاني منها البيانات اليومية ويجعل هامش الخطأ مقبولا نوعـــا ما لكميات الأمطار الإعتيادية التي يمكن أن تقاس على هذه الأراضي الجبلية المرتفعة .

الجدول رقم (1) يوضح الصورة المطرية الشهرية لأمطار منطقة عسير للأراضي الـــتي يزيـــد إرتفاعها عن 2000م فقط ، ذلك أن حساب المعدلات المطرية الشهرية لمختلف محطات المنطقة والتي يزيد إرتفاعها عن 500م يعتبر عملية طويلة وصعبة أخذا بعين الإعتبار العدد المـــرتفع لمحطات عسير الذي يقارب الـــ40 محطة للقياسات المطرية ، الشكل رقم (1) يوضح موقـــع منطقة الدراسة وتوزيع محطات الرصد المطري الزراعية وموقع محطة أبها المعتمدة .

ثالثا: الأهمية العلمية للبحث من خلال جغرافية منطقة عسير الجبلية:

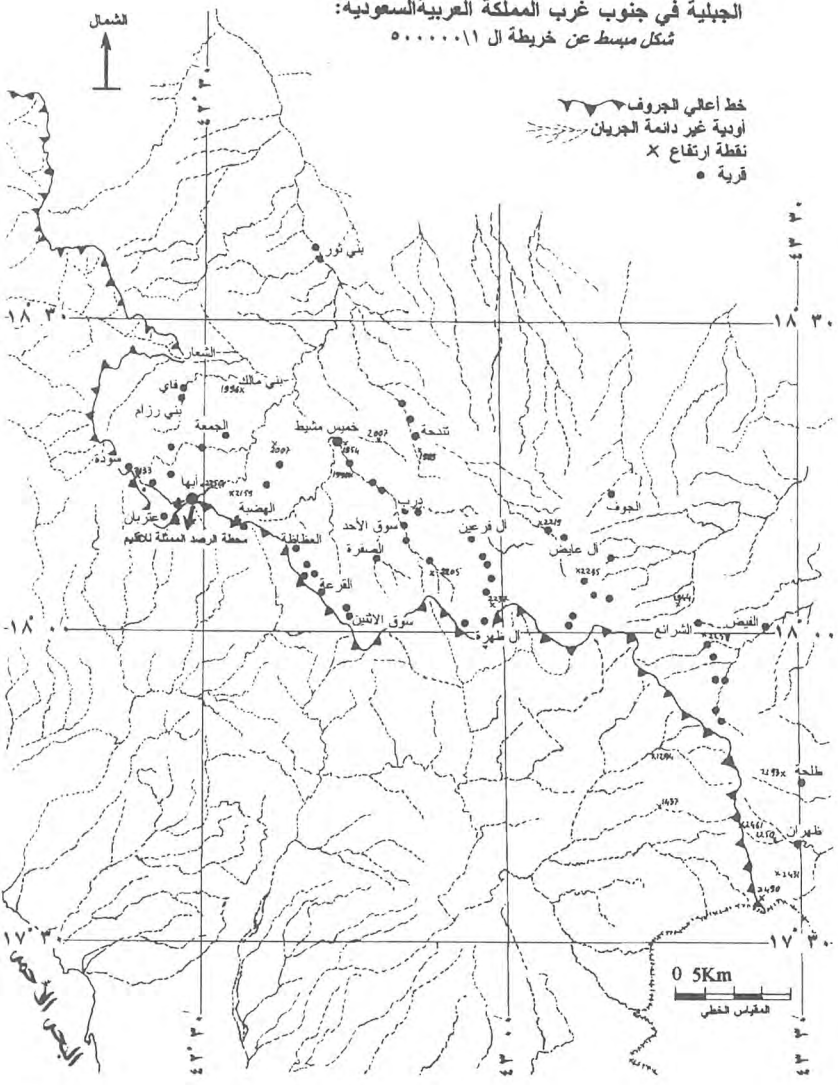
يعتبر إقليم عسير في المملكة العربية السعودية متضمنا على الأراضي الأكثر جبلية وعلى التضاريس الأكثر إرتفاعا على الإطلاق كما ويخترق جبال هذه المنطقة أودية شهيرة مثل: وادي تندحة ، وادي عتود ، وادي بيشه ، وادي هشبل ، وادي أبها ، وادي عثران، ووادي ضبا . يقع إقليم عسير الجبلي الذي تمثله محطة أبها بين خطي الطول 25 41 درجة و 37 44 درجة شرقا وخطي العرض 25 17 درجة و 57 20 درجة شمالا ، ويمتد لمسافة 400 كم بين شماله وجنوبه ويحده المناطق الإدارية التالية: مكة والباحة في الشمال والشمال الغربي ومنطقة الرياض في الشرق أما منطقة نجران فتحده في الجنوب الشرقي وسهول جازان في الجنوب الغربي (أنظر الشكل رقم 1) .

ولا تتجاوز مساحة الأراضي الجبلية لعسير 2000كم^2 وتشغل معظم أراضيه جبال السروات ، ويتوفر على عدد من القمم التي تقارب بإرتفاعها 3000م مثل قمة السودة وقمة جبل سوقة 3133م غرب أبها .

وتؤثر هذه الجغرافية المميزة لهذه المنطقة الجبلية المدارية على كافة الخصائص المناخية لتحول إقليم عسير إلى إقليم مناخي متفرد ، خاصة فيما يتعلق بالأراضي المرتفعة التي يزيد إرتفاعها عن 2000م . لا تتدهور كثيرا الخصائص المناخية مع زيادة الإرتفاع في هذه الأراضي عدا فيما يتعلق بالأمطار "ومظاهر التكاثف" أو تردد حوادث الضباب ذلك لأن الأراضي التي تتعرض لمثل هذه الظواهر والتي يتراوح إرتفاعها بين 2000-3000م هي أراضي تقع ضمن إرتفاعات مستويات التكاثف لجنوب البحر الأحمر .

إن تماسك الشروط المناخية وتماثلها بالنسبة للأراضي الجبلية المرتفعة لإقليم عسير هو من القواعد الجغرافية التي تساعد على إعتماد هذه الأراضي الجبلية المميزة جغرافيا كوحدة إقليمية متفردة تعبر عنها وتمثلها محطة أبها المناخية الشاملة. لا تعتبر البيانات المنشورة عن مختلف المحطات المطرية ذات أهمية خاصة لهذا البحث لأن أهدافه لا تسعى لدراسة التوزيعات المطرية على تلك الأراضي الجبلية وعلاقة هذا التوزيع بكميات الجريان السطحي في الأودية الرئيسة بالمنطقة ، ذلك أن هذا الموضوع هو من المواضيع التي يعمل عليها الباحث حاليا وسيتم نشر نتائجها مستقبلا .

شكل رقم ١ :الموقع الجغرافي لأراضي السروات الجبلية في جنوب غرب المملكة العربيةالسعودية:
شكل مبسط عن خريطة ال ١\٥٠٠٠٠٠



إسـم المحطة	الأرتفاع م	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل السنوي
أبها	٢٢٠٠	٢٩ر٣	٤٧ر٤	٥٢ر١	٦٩ر٠	٤٥ر٤	٢٢ر٥	٣١ر٥	٣٩ر٩	١١ر٣	١٣ر١	٨ر٦	١٠ر٧	٣٧٨ر٧
آل عامر	٢٢٥٠	٢٧ر٥	٣٥ر٤	٤٩ر٥	٦٧ر٥	٥٩ر٢	٢٠ر٦	٢٤ر٣	٥٢ر٣	١٥ر١	٢٠ر٧	١٩ر٧	١٦ر٤	٤٠٨ر١
بالسمر	٢٢٥٠	٤٥ر٢	٣٢ر٦	٦٤ر٠	١٣٥ر٠	٦٥ر٥	١٨ر٥	١٠ر٦	٢٠ر٩	٥ر٦	٢٧ر٩	٣٦ر٩	٣٨ر٩	٥٠١ر٦
ناجر	٢٣٠٠	١٥ر١	٢٥ر١	٤٠ر٨	٥٧ر٧	٣١ر٠	١٤ر٤	٢٦ر٤	١٧ر٥	٥ر٩	٣٥ر٠	٢٠ر٠	١٥ر٨	٣٠٤ر٧
تمنيه	٢٣٠٠	٣٨ر٨	٤٥ر٤	٨١ر٩	٨٨ر٠	٦٥ر٠	١٩ر١	٣٣ر٦	٦٠ر١	١٥ر٧	٣٥ر٠	٢٣ر٠	٢٩ر١	٥٣٤ر٨
تنومة	٢١٠٠	٥٣ر٧	٤٩ر٣	٦٣ر٧	١١٠ر٧	٥٧ر٥	١٦ر٠	٩ر٦	٢٧ر١	١٣ر٦	٢١ر٩	٢٢ر٢	٤٦ر٨	٤٩٢ر١
الجوف	٢٠٦٠	١٢ر١	١٧ر٢	٢٦ر٧	٣٤ر٢	٣١ر٠	٢٠ر٤	٢٥ر٢	٣٤ر٠	٠ر٠	١٥ر٣	١٠ر٨	٤٢ر٠	٢٦٨ر٨
الحرجة	٢٣٥٠	٢٤ر٥	٣٢ر١	٥٧ر٦	٦٠ر١	٥٢ر١	٦٥ر٧	٢٣ر٤	٣٠ر٠	٠ر٠	٦٥ر٠	٢٢ر٦	٣٠ر٠	٤٦٣ر١
الحني	٢٠٨٠	١ر٧	٧ر٤	٢١ر٧	٢٣ر٠	٣٠ر٢	١٠ر٣	١٢ر٠	١٣ر٣	٥ر٧	١٤ر٨	٦ر٧	٧ر٤	١٥٩ر٤
خميس مشيط	٢٠٩٥	٢٣ر٣	١٨ر١	٤٦ر٦	٣٢ر٨	٣٨ر٣	١٤ر٧	٢٢ر٥	٣٦ر٥	١٢ر٦	٩ر٥	١٢ر٢	١١ر٢	٢٧٨ر٣
الزهراء	٢٤٠٠	٢٨ر٠	٢٦ر٢	٣٨ر٤	٧٥ر١	٧٩ر٣	١٨ر٢	١٤ر٥	١٩ر٥	١٦ر٥	٤٣ر٨	٣٩ر١	٣٢ر٨	٤٣٠ر٥
سراة عبيدة	٢٤٠٠	١٥ر٥	٢٧ر١	٣٦ر٦	٢٥ر٠	٢٦ر٤	٧ر١	١٣ر١	٨ر٢	١٠ر٥	٧ر٥	٥ر٩	١ر٦	١٨٩ر٥
سد لحصان	٢١٠٠	٢٢ر٧	٣٢ر٠	٥٩ر١	٤٦ر٩	٣٠ر٧	٩ر٩	٢٢ر٤	٣١ر٥	١٩ر٨	١٢ر٣	٨ر٢	٩ر٧	٢٩٨ر١
السودة	٢٨٢٠	٣٣ر٩	٤٥ر٩	٥١ر٩	٧٢ر٢	٧٠ر٤	٢٥ر٤	٣٩ر٢	٧٣ر٠	٢٥ر٦	٢٢ر٤	٢٤ر٣	٢٩ر١	٥١٣ر٢
صبح بالحمر	٢٢٠٠	١٩ر٦	٢٢ر٥	٤٢ر٦	٩١ر٣	٣٤ر٤	٥ر٧	١٣ر٩	٢٦ر٧	٧ر٩	١٩ر٨	٢٠ر٨	٣١ر٣	٣٣٦ر٥
ظهران الجنوب	٢٠٢٠	١٨ر٣	١٧ر٢	٤٥ر٨	٥٣ر٤	٣٦ر٢	١٩ر٢	١٥ر٩	٢٦ر٦	١ر١	٢٤ر٩	١٥ر٥	١٧ر١	٢٩١ر٢
عبالة	٢٤٨٠	٢٤ر٥	١٣ر٤	٥٥ر٢	٦٩ر٤	٤٤ر٤	٨ر٠	٢٠ر١	١٧ر٦	٣ر٩	١٢ر٨	١٤ر٢	١٩ر٣	٣٠٢ر٧
علكم	٢٢٠٠	١٨ر٩	٢٩ر٠	٣٨ر٩	٧٦ر٠	٧٤ر٣	٢٨ر٨	٣٣ر٨	٧٠ر٧	٣٤ر٧	١٩ر٥	١٥ر٣	٧ر٤	٤٤٧ر٣
المأونن	٢١٥٠	٦ر٨	١٢ر٣	٤٨ر٩	٥٢ر٥	٤٢ر٩	١٥ر٦	٢٢ر٦	٢٩ر٦	٥ر٧	٣٦ر٧	١٥ر٦	١٥ر١	٣٥٧ر٢
النماص	٢٦٠٠	٤٨ر٨	٤١ر٠	٦٢ر٩	٩٢ر٨	٥٤ر٨	٢١ر١	٢١ر٩	٢٤ر٤	٢ر١	٢١ر٢	٣٣ر٦	٥٠ر٦	٤٧٤ر٩

الجدول رقم (١):المعدلات المطرية لمحطات منطقة عسير التي يزيد إرتفاعها عن ٢٠٠٠م للفترة من ١٩٦٩-١٩٩٦م

الجدول من إعداد الباحث

مصادر البيانات: وزارة الزراعة والمياة

هيئة الإرصاد وحماية البيئة لمحطتي أبها وخميس مشيط

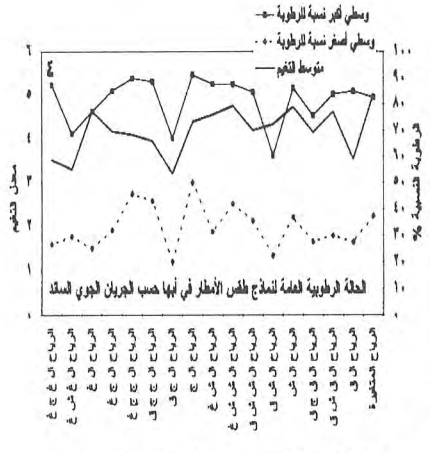
والأمر العلمي الخاص بجوهر هذا البحث يتعلق كما سبق ذكره أنه من خـــلال الخصـــائص المطرية سنتعرف على أنظمة التغير المطري خلال العام ومن ثم تحديد الوضعيات الجوية المولـدة لهذه الأمطار حسب فترات هطولها الرئيسة . لا شك بأن الأهمية العلمية الكامنـــة في تحديـــد "المناخية الديناميكية" للأمطار أي الوضعيات الجوية المولدة لأمطار هامة هي التي تمحور هـــذا البحث لسد بعض من الفراغ الحاصل في هذا الميدان .

رابعا: الطريقة المتبعة ونتائج البحث:

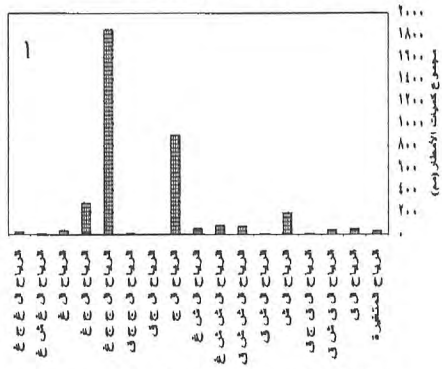
1- الخصائص الجغرافية البيانية العامة للأمطار:

بإستخدام البيانات اليومية لمحطة أبها الجوية وللفترة من 1986-1998م فقـــد تم عـــزل الأيـــام المطرية* في الخطوة الأولى وتم بالنسبة لكل يوم في هذه الأيام تـــحديد نوعية الجريان الجـــوي المتحقق السائد وتم تمثيل ذلك في الشكل رقـــم (2-1) حيث يلاحظ بـــأن نمـــاذج طقـــس الجريان الجنوبي الجنوبي الغربي أولا ثم الجنوبي ثانيا ثم الجنوبي الغربي أخـــيرا هـــي المولـــدة للأمطار على أبها. يبين الشكل رقم(2-2) من ناحية أخرى المجموع الكلي للحوادث المطريـة حسب مختلـــف نماذج الجريان الجوي السائد ومتوسط الكميات المطرية المسجلة حيث يتـأكد بأن نماذج الجريان السائد للرياح الجنوبية الجنوبية الغـــربية هي الأكثر ترددا والأكثر توليـــدا للأمطار بل وبأن الأمطار المولدة بموجب هذا النمط من الجريان الجـــوي تمتاز بغزارة متوسطة جيده تتراوح ما بين 10-15ملم عند استتباب هذا الجريان على الأراضي الجبليـــة للجنـــوب بشكل جيد. يعكس الشكل (2-3) الخصائص الرطوبية الحرارية لنماذج طقس الأمطار في أبها حسب الجريان السائد حيث يلاحظ الغياب الصريح للإختلافات الحرارية الكبيرة بين نمـــاذج الطقس المطرية لمختلف أنواع الجريان الجوي السائد المولد لها وذلك ناتج عن طغيان الخاصيـــة الجبلية أي دور الإرتفاع عن سطح البحـــر والإنخفـــاض العـــام لـــــدرجات الحـــرارة .ان الإختلافـــات في حالة الرطوبة يعكسها الشكل رقم (2-4) الذي يوضح بأن مختلف نمـــاذج الجريان الشرقي تتوافق مع إنخفاض عام في درجات الرطوبة النسبية العظمى والدنيا ، وكذلـك في درجات التغيم . أما نماذج الجريان الجنوبي الجنوبي الغربي، والجنـــوبي، والجنـــوبي الغـــربي المولدة عادة لأمطار هامة نسبيا فإنها تترافق مع إرتفاع في معدلات الرطوبة والتغيم وهذا ما

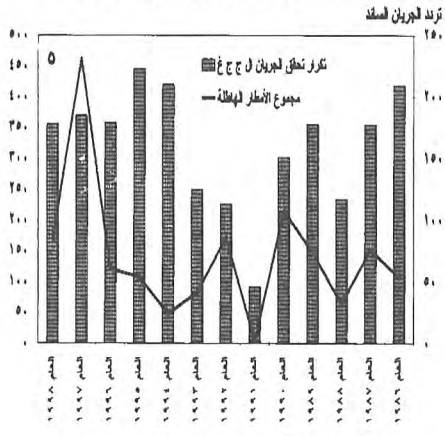
* اليوم المطري: هو اليوم الذي تسجل به كمية تساوي أو تزيد عن الآثار المطرية ، أي أن اليوم الذي يتلق آثارا مطريـــة TRACES يعتبر يوما مطريا .



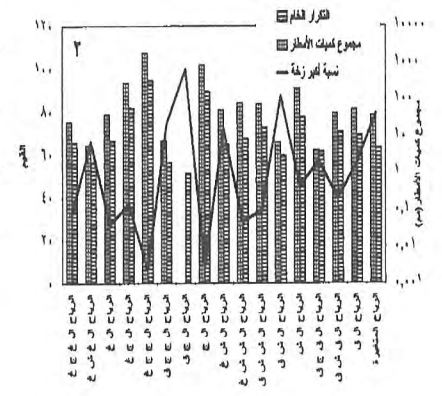
الهطول المطري في أبها حسب نماذج الجريان الجوي للفترة ١٩٨٦-١٩٩٨



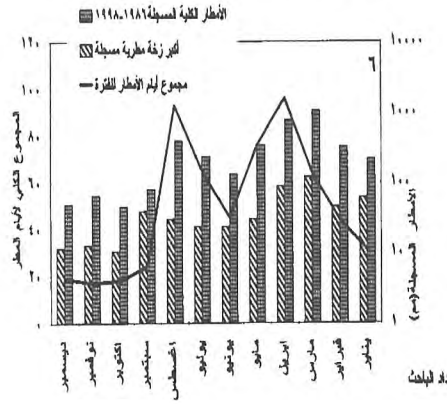
التغيرات السنوية لتردد نماذج طقس الجريان الجنوبي الجنوبي الغربي في أبها



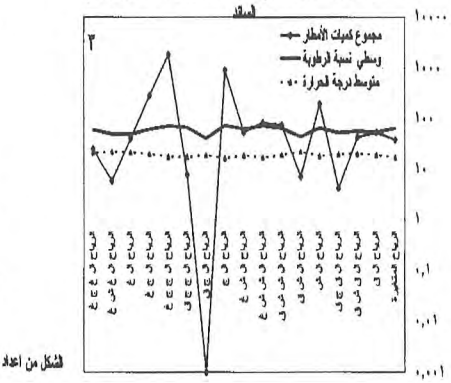
تكرار الحوادث المطرية والأهمية النسبية لأكبر هطول يومي في أبها للفترة ١٩٨٦-١٩٩٨



التغيرات الشهرية للأمطار وتردد حوادثها للفترة ١٩٨٦-١٩٩٨



الخصائص الحرارية-الرطوبية لنماذج طقس الأمطار في أبها حسب الجريان الجوي



المشكل من اعداد الباحث

يؤكد من الآن هذه الخاصية الهيدرومناخية الهامة لنماذج جريان المركبة الجنوبية العامة في كونها مولدة للأمطار وحاملة للرطوبة والتغيم على الأراضي الجبلية لأبها .

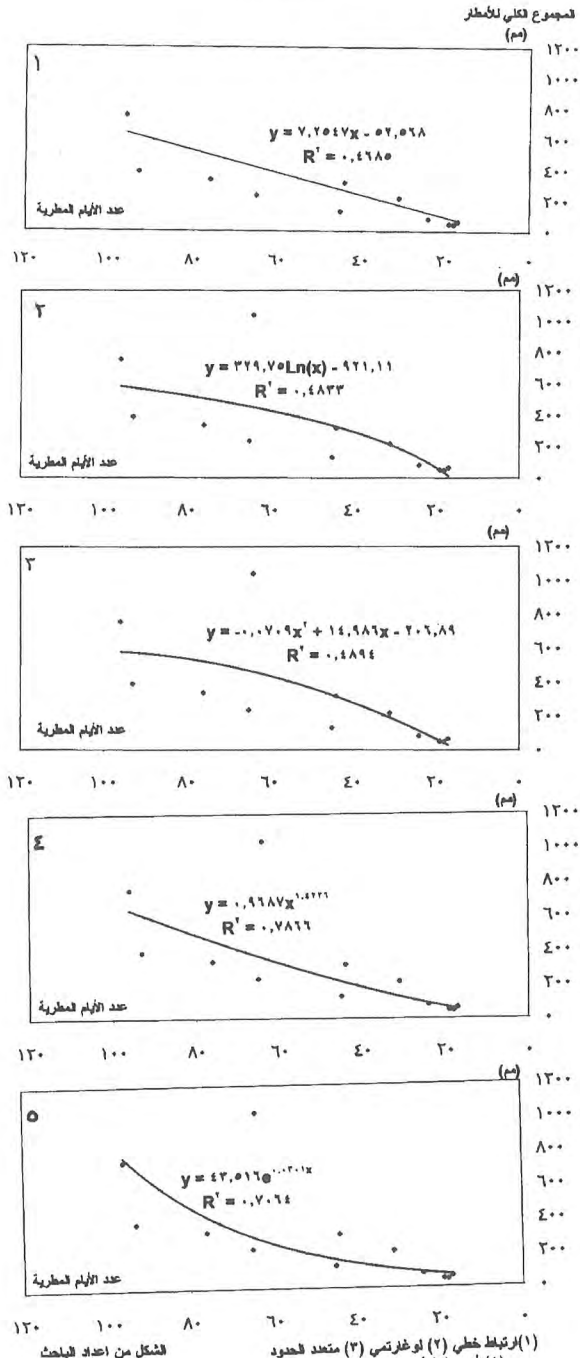
ويقدم الجريان الهوائي السائد الجنوبي الجنوبي الغربي فوق أبها تغيرات سنوية هامة من حيث التكرار وكميات الأمطار المتصاحبة معها. يبين الشكل رقم (2-5) هذه الفروق ويدل على أن تردد هذا النوع من الجريان قد قارب الـ50 مرة لعام 1991م وقارب الـ250 مرة لعام 1995م . أما كميات الأمطار المتصاحبة معها فقد تراوحت بين الصفر و450 ملم في عام 1997م وهذا ما يؤكد بأن بعض السنوات قد لا تحقق هذه النماذج من الجريان الجوي وبالتالى لا تسجل هطولا مطريا. ويحدث الشحيح في الأمطار عندمالا تتوفر أو تتحقق الشروط الأخرى الضرورية لهطول الأمطار: مثل عدم الإستقرار ، عدم تطور "الآليات الأدياباتية" ، عدم توفر الرطوبة ..الخ".

من خلال الشكل (2-6) تنعكس التغيرات الشهرية أو النظام المطري في أبها الممثلة للأراضي الجبلية ويبدو هذا النظام واضحا في كونه نظاما مركبا في قمتين إحداهما ربيعية مع قمة في شهر أبريل والأخرى صيفية مع قمة في شهر أغسطس حسب ما يدل عليه منحنى المجموع الكلي لأيام المطر للفترة المعتمدة . كما تبدو بشكل واضح الخصائص الجغرافية لهذا "النظام المطري" من حيث أهمية "التركيز المطري" الذي تعكسه الأهمية الكمية لأكبر زخة مسجلة بالنسبة لمجموع الأمطار والتركز الفصلي الناتج عن أهمية الزخات الربيعية في المنطقة. يقتضي الأمر التوجه لدراسة هذه العلاقات الهامة بين الخصائص المطرية المعبر عنها بالتركيز قبل الإنتقال للتفسير.

2- العلاقات الإرتباطية بين الخصائص المطرية:

تقوم الدراسات التحليلية التي تدلل على أهمية أحد العناصر بالنسبة لعنصر آخر محدد له على إعتماد العلاقات الإرتباطية REGRESSION التي يمكن أن تفسر التغيرات ونوعيتها بداله متغير مستقل INDEPENDENT. ويسعى الشكل رقم(3) لاعتماد عدد أيام الأمطار في أبها كمتغير مستقل بهدف التعرف على تغيرات كمية الأمطار في المنطقة بدلالته وتحديد نوعية الإرتباط وأهميته. ونستنتج من هذا الشكل أن قيمة (R^2) هي أعلى ما تكون عليه في حالة الارتباط الأسي بين عدد الأيام المطيرة وكميات الهطول المطري لتصل الى 0,7866 أي أن حوالي 79%من الأمطار ترتبط بتغيراتها بعدد الأيام المطرية وهذا يؤكد امكانية استخدام هذه العلاقة

شكل رقم (٣):الارتباط الانحداري بين المجاميع
الشهرية للأمطاروعدد أيامها في أبها للفترة
١٩٩٨-١٩٨٦



(١)ارتباط خطي (٢) لوغارتمي (٣) متعدد الحدود
(٤) أسي (٥) أسي لوغارتمي طبيعي

الشكل من اعداد الباحث

الانحدارية لتوقع الكميات المطرية التي يمكن أن تتحقق على سماء السروات في عسيرأي اعتمادا على نسبة تركيز الأمطار في الزمن (عدد الأيام المطيرة). ويقوم الشكل رقم (4) بدوره على بيان العلاقات الإرتباطية بين الشدة المطرية أو غزارة المطر في اليوم الواحد والأمطار الكلية، وهذا ما يبدو واضحا في حالة الارتباط المتعدد الحدود حيث (R^2) تساوي 0ر81 والارتباط الأسي حيث (R^2) تعادل 0ر7067 ولهذا دلالة علمية واضحة على أهمية التركيز المطري في المنطقة حيث تستطيع الأمطار الوسطية اليومية أن تفسر 80% من الأمطار الكلية وهو أمرا مألوفا في "المناخ المطري للأراضي الجبلية المدارية" . وتتأكد في الجزئيات 2،1 من الشكل(2) أهمية الجريان الجنوبي الغربي في توليده للأمطار على جبال السروات بشكل عام وذلك لأن المعالجة البيانية للقياسات الحقيقية للفترة المدروسة تعكس الصورة الحقيقة المناخية لأبها دون أية تشويه أو تدهور. إن دراسة الارتباط بين الأمطار الكلية في المنطقة وشدة تكرار نماذج طقس الجنوب الجنوب الغربي كمتغير مستقل يبينها الشكل رقم (5) نستوضح من خلال هذا الشكل أنه في حالة الارتباط الأسي فإن قيمة (R^2) تعادل 0ر567 ، أي أن نماذج الجريان السائد الجنوبي الجنوبي الغربي في أبها تفسر لوحدها ما يقارب 60% من الأمطار الكلية في السروات وهذا ما يجعل البحث في تحديد بنية الجريان الجنوبي الجنوبي الغربي وتغيراته السنوية وتوزيعات الضغط المولدة له على سطح الأرض من الأمور الحيوية التي تؤدي الى تحقيق الهدف الثاني لهذا البحث.

خامسا: الوضعيات الجوية المولدة للجريان الجنوبي الغربي العام على سروات عسير:

لا شك بأن تحديد مختلف الوضعيات الجوية الجنوبية المولدة للأمطار على الأجزاء الجنوبية الغربية لأراضي المملكة العربية السعودية بصورة عامة وتحديدا على السروات بصورة خاصة يعتبر عملا علميا قائما بحد ذاته وأن مقام هذا البحث في واقع الأمر لا يسمح بمثل ضخامة هذا العمل. لذلك سيتم الأكتفاء بتقديم بنية الوضعيات الايزوبارية على سطح الأرض وأنواع مراكز الضغط التي بتعاملها المشترك تؤدي إلى تحريك جريان جوي مؤدي لهطول أمطار على المنطقة. وقام هذا العمل على إستخدام وثائق أرصادية جوية يومية* سمح تحليل عدد من الوضعيات الجوية لفصلي الربيع والصيف بالوصول إلى النتائج التالية:

● لقد تم استخدام الخرائط السطحية الصادرة عن مركز المعلومات والوثائق العلمية وكذلك البيانات اليومية المتزامنة معها والمأخوذة من التقارير الشهرية المناخية لمحطة أبها وهذه الخرائط هي:

-CFO- MEPA . METRO VER. 3
- EUROPEAN METEOROLOGICAL BULLETIN

(أ) **الأسباب الديناميكية لنشؤ الجريان الجنوبي الغربي العام:**

يتعلق الأمر بالعمل المشترك بين ثلاثة منخفضات جوية رئيسية هي: منخفض السودان، منخفض المتوسط الشرقي ومنخفض الهند الموسمي . وتختلف طبيعة العمل المشترك بين هذه المنخفضات الثلاثة بين الربيع والصيف وهما الفصلان اللذين يكثر بهما تطور وتردد نماذج الجريان الجنوبي الغربي العام شكل (2،5-6) . تخضع التغيرات السنوية في تردد نماذج هذا النوع من الجريان الهام والمولد عادة للأمطار لأسباب وعوامل كثيرة يصعب تحديدها أو السيطرة عليها ، ولا شك بأنه لطبيعة السنوات آثرا في ذلك كما لا يجب إهمال الأسباب الفلكية المحددة لتغيرات الجريان الجوي في نصف الكرة الشمالي بشكل عام .

1- في فصل الربيع: يتحقق التعامل بين منخفض المتوسط الشرقي "منخفض حركي" ومنخفض السودان "منخفض حراري".

2- في فصل الصيف: يتحقق التعامل بين منخفض الهند الموسمي المتمركز على أواسط الجزيرة العربية بواسطة إحدى خلاياه الغربية ومنخفض السودان وهما منخفضان حراريان .

سيبقى التعامل القائم بين المنخفضات لأي فصل من الفصول تعاملا عقيما لولا وجود "حاجز السروات" الذي يقوم بإستهطال التيارات الهوائية المحملة بالرطوبة عليه باعتباره حاجزا متعامدا مع هذا النوع من الجريان الجنوبي الغربي أو لكون مسار خط جروف السروات يؤدي في كثير من الأحيان إلى نشؤ التعامد مع الرياح الجنوبية بمختلف مركباتها وبالتالي استهطال الرطوبة المحمولة بها بشكل جيد، خاصة عند استتباب الأنظمة العميقة التي تسمح بتبلور جيد للتعامل ونشؤ هذا الجريان المطير .

ويمكن القول في الواقع بأنه لولا حاجز السروات الذي يتعامد مع معظم حالات الجريان الجوي الجنوبي الغربي لكانت الأمطار المسجلة فوق الأراضي الجبلية المرتفعة للسروات ولجبال عسير أقل أهمية بكثير مما هي عليه الآن . إن أهمية العامل التضاريسي ودوره في استهطال مختلف أنواع الجريان حقيقة تدل عليها الأمطار المسجلة فيما لو قورنت بالأمطار المسجلة على الأراضي السهلية لسهول البحر الأحمر أو لمحطات تقع داخل نفس العروض المدارية لجنوب الجزيرة . ويستطيع أي باحث التأكد من أهمية جبال السروات ودورها الجغرافي في الهطول

المطري ليس فقط بالنسبة للأمطار الموسمية الصيفية وإنما كذلك للأمطار الربيعية التي ترتبط بالنظام الإضطرابي المتوسطي .

(1) الأمطار الربيعية لجبال السروات:

يستدل من الشكل رقم (6) على مختلف المنخفضات والمرتفعات الجوية القادرة على تكوين مختلف أنواع الوضعيات الجوية على السروات، إما منفردة كعمل المرتفع السيبيري أو متضافرة مع بعضها البعض الآخر في تعامل مشترك بين منخفضين أو بين منخفض ومرتفع جوي ، كما هو الحال أحيانا عند حدوث إنسياحات باردة مدعومة بإرتفاع في الضغط الجوي على سطح الأرض .

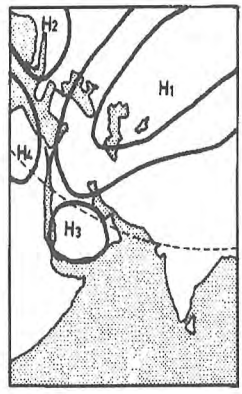
ونستدل من أسس المناخ الديناميكي بأن تكون تيار جنوبي عام يستطيع التعامد مع جبال السروات يتطلب قوة استدعائية قادرة على تحريضه. تتشكل هذه القوة من منخفض المتوسط الشرقي حين تكونة حيث يولد بتعامله المشترك مع منخفض السودان تيارا جنوبيا غربيا عاما محملا بالرطوبة الذي "بتصاعده المجبر" على سفوح السروات يسقط أمطارا هامة . تعتبر الأمطار الربيعية المتولدة أساسا عن العمل المشترك بين منخفض المتوسط الشرقي ومنخفض السودان أحد نتائج سيطرة وتطور الفعاليات الأضطرابية من خلية المتوسط الشرقي التي تنحصر في الآتي:

- أمطار اضطرابية على بلاد الشام – هامة على الأجزاء الجبلية الغربية .
- أمطار على الأجزاء الشمالية للجزيرة العربية .
- أمطار على جبال السروات وعسير بشكل عام .
- رياح رملية على الوسط القاري للجزيرة العربية .

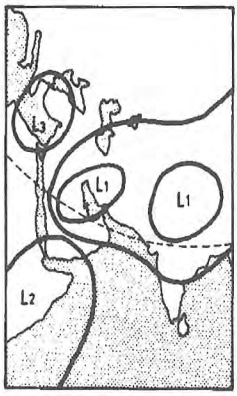
(2) الأمطار الموسمية الصيفية لجبال السروات:

إن كانت الأمطار الربيعية تمثل إحدى المركبات الهامة للتهطال في السروات فإن الموسميات الصيفية بأمطارها المتركزة عادة خلال شهري يوليو وأغسطس لا تقل أهمية عنها . ويتعلق الأمر هنا بالنشاط الإستدعائي الذي يقوم به المنخفض العربي الذي يتشكل من إحدى خلايا منخفض الهند الموسمي المتوضعة على وسط الجزيرة العربية . هذا المنخفض الحراري الذي ينشط بزيادة التسخن التدريجي مع اقتراب قلب الصيف في يوليو وأغسطس، يبدأ بتحريض

شكل رقم (٦)

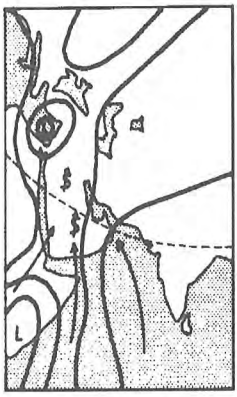


شكل رقم ٦-١ :المرتفعات الجوية المؤثرة على أجواء المنروات
المرتفع السيبيري H1
المرتفع الأوروبي H2
المرتفع العربي H3
المرتفع الأسوري H4

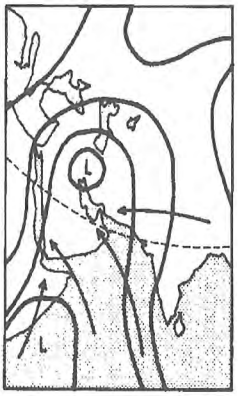


شكل رقم ٦-٢ :المنخفضات الجوية المؤثرة على أجواء المنروات
منخفض الهند الموسمي L1
منخفض السودان L2
منخفض حوض المتوسط الشرقي L3

الشكل من اعداد الباحث



شكل رقم ٦-٣ :الشكل العام لتوزيعات الضغط الجوي على سطح الأرض المعبر عن التعامل المشترك بين منخفض المتوسط الشرقي ومنخفض السودان .استنباب نموذج الجريان الجنوبي الغربي على أجواء عصير_أمطار ربيعية ديناميكية مبكرة.



شكل رقم ٦-٤ :تطور الوضعية الجوية الخاصة بتفاعل منخفضي المتوسط الشرقي والسودان-توضع منخفض المتوسط الشرقي شمال الخليج العربي وتبلور لوضعية الجريان الجنوبي المطير على الهوامش الجبلية للجزيرة العربية.

شكل رقم (٧)

شكل رقم ٧-١ :نموذج للتفاعل المشترك بين منخفض الهند الموسمي المسيطر بخليتة الغربية على وسط الجزيرة العربية-*استتباب الجريان الجنوبي الغربي العام لنظام الأمطار الموسمية الصيفية.*

شكل ٧-٢ :نموذج آخر لنظام الموسميات الصيفية على المروات حيث يلاحظ تبلور واضح للمنخفض العربي وتفردة بتوليد الجريان الموسمي على الأطراف الجنوبية للجزيرة العربية وتحديدا" على مروات عصير.

الشكل من اعداد الباحث

منخفض السودان الذي يصبح هو بدوره في حالة استعداد لتلبية النشاط الاستدعائي الـــذي يمارسه المنخفض الحراري المتمركز على وسط الجزيرة العربية .

نستطيع أن نعدد نتائج العمل المشترك بين المنخفض العربي ومنخفض السودان كما يلي:

1- أمطـــار هامة وغزيرة على الأراضي الجبلية المرتفعة للأجزاء الجنوبية الغربية للمملكـــة وفوق جبال اليمن .
2- أمطار هامة وغزيرة على منطقة صلا له في عمان .
3- أمطار على جبال الحجر وعلى الأطراف الجنوبية الشرقية للجزيرة العربية .
4- رياح رملية غبارية على الداخل القاري .

يشـــترط لتحقق هطول الأمطارعلى المناطق والأراضي الجبلية المرتفعة تحقق مختلف الآليـــات الآديابانية في ظل عمليات التصاعد المجبر مع توفر تغذية دائمة في الرطوبة الأمر الذي توفـــره المسطحات المائية في جنوب الجزيرة العربية بشكل جيد ، وهذا الشئ هـــو الـــذي أكسـب موسميات عسير وظفار هذه الشهرة الواسعة انظر الشـــكل (7) . وتتوفـــر كذلـــك بعـــض الوضعيات التي تسمح بهطول أمطار على الأراضي المرتفعـــة لجبال عسير ولكنها أقل أهميـة في تحققها خلال العام. لم يكن الهدف الخاص بهذا البحث في عمل دراسة حركية يتم بها شـــرح مختلف الوضعيات المطيره رغم أهمية ذلك، وهذا الموضوع سيشكل بالنسبة لنا أفقـــا جديـــدا للبحث مستقبلا لتقديم أعمال تعتمد على دوافع ذات أهمية خاصة ومميزة .

سادسا: التوصيات

نتوصل من خلال البحث لتقديم توصيتين هامتين قد تساعدان على انجاز بحوث علمية جـــادة وتطوير ميادين البحث الديناميكي للمناخ. ذلك أن تقدم هذه البحوث يسمح بالسيطرة على مختلف المشاكل البيئية التي تعاني منها الأقاليم العربية مثل: المشاكل المرتبطة بالجفاف، مشـاكل التصحر ، تدهور الغطاء الحيوي والتربة، عدم توفر المصادر المائية، وعدم التمكن من تطويـــر مصادر جديدة .

كل هذه المشاكل البيئية تتطلب تشكيل قاعدة لإنطلاق أبحاث جديده لتطوير إدارة ناجحـــة للأراضي العربية تعتمد على ما يلي:

الإهتمام بإنشاء وتطوير مراكز ومحطات للقياسات بمختلف أنواعها مع تطوير ومراقبة المحطات الحالية كما يلي:-

(أ) العمل على إنشاء عدد أكبر من محطات الإرصاد الجوية داخل مثل هذه الأراضي الغنية والمتنوعة جغرافيا .

(ب) تطوير المحطات المطرية الزراعية الحالية والتشدد في مراقبتها حتى تصبح بياناتها قابلة للإستغلال العلمي الصحيح.

(ج) إنشاء وتطوير محطات للقياسات المائية خاصة على المجاري المائية التي قد تحدث جريانا موسميا محتملا في العام مع الأخذ بعين الإعتبار الخصائص المطرية الحالية للمنطقة .

(8) دعم عمليات مراقبة الأراضي وخاصة أراضي المحميات الوطنية في جنوب غرب البلاد لحمايتها من السيول الجارفة الناتجة عن امطار السروات التي وجدنا تركزها الشديد وغزاراتها اليومية العالية .

(9) تسمح نتائج هذا البحث لأصحاب القرار اعتماد اجراء الدراسات الهيدرو-جيولوجية المناخية المعمقة لمنطقة أعالي الجروف حيث تجري الأودية بموازاة خط القمم للسفوح الرئيسة لجروف تهامة عسير وتصرف كميات مائية هامة أثناء المواسم المطرية خلال العام وذلك لسرعة تحول الأمطار الى تصريف هام يمكن الاستفادة منه بواسطة مختلف الطرق المتاحة للاستثمار الهيدرولوجي (مثال وادي أبها....).

والله الموفق ،

المراجع العربية

1. السيد،عبد الملك قسم: (1995م)، احتمالات هطول المطار ودرجة الاعتماد عليها في المملكة العربية السعودية،بحوث جغرافية،الجمعية الجغرافية السعودية،العدد 21،الرياض.
2. الطاهر،عبد الله أحمد سعد:(1996م)، العواصف الرملية والغبارية وأثرها في ترب الحقول الزراعية في واحة الاحساء في المملكة العربية السعودية ، بحوث جغرافية،الجمعية الجغرافية السعودية،العدد 24،الرياض.
3. قربة جهاد محمد: (1403هـ)، العمل المشترك ونتائجة لمنخفض المتوسط الشرقي ومنخفض السودان على جنوب غرب المملكة العربية السعودية، اصدارات المؤتمر السادس للنواحي البيولوجية ،كلية العلوم ،جامعة الملك سعود، الرياض.
4. قربة جهاد محمد: (1981م)، نشؤ الرياح الرملية ومناطق تأثيرها الأكثر ترددا" في المملكة العربية السعودية، اصدارات المؤتمر الخامس للنواحي البيولوجية ،كلية العلوم ،جامعة الملك سعود، الرياض.
5. قربة جهاد محمد: (1995م)،النماذج الحرارية للشهور في رأس الخيمة،شؤون اجتماعية،العدد 47،السنة 12،دبي ،دولة الامارات العربية المتحدة.
6. قربة جهاد محمد:(2000م)،الخصائص المناخية لنماذج طقس الجفاف في المملكة العربية السعودية،رسائل جغرافية، الجمعية الجغرافية الكويتية،العدد 239،الكويت.
7. الكعبي موزة ناصر:(1994)،مناخ شبة الجزيرة العربية-دراسة في الجغرافية الطبيعية،رسالة ماجستير،جامعة عين شمس، القاهرة.
8. الكليب، عبد الملك علي : (1981م)، مناخ الكويت، إدارة الإرصاد الجوية، الكويت.

المراجع الأجنبية

1. Claudeville x. (1977) : Le cycle hydrologique, variabilite spatiale et processus d`interactions. Memoire de maitrise, Universite de bordeaux, France.

2. Claudeville x. (1992) : Mouvements d`eau dans les sols et sous-sols selon les grands types de terrains,et possibilite de controler les rapports aux nappes, These doctorat d`etat,Universite de bordeaux, France.

3. Filiz S. (1973) : Etude du ruissellement et de l`infiltration sur le B.V. de L`orgeval a l`aide de L`O-18 ,These de troisieme cycle,Universite de Paris.

4. Galea G. (1972) : Modele deterministes des relations pluie-debit sur le B.V.de L`orgeual, These de troisieme cycle,Universite de Montprllier.

5. Joly D.(1980) : Etude integree des climats a grande echelle: Exemple pris au Spitisperg. Bull.Assoc. Geogr. ., paris,

6. Kerbe J. (1987) : Climat, hydrologie, et amenagement hydro-agricoles de Syrie.P.U.B.,2tomes,1228p.Bordeaux.
7. Kerbe J. (1987) : L`analyse spectrale des precipitations mensuelle arabie,Tra.Lab.,Geogr,Phys.,Appl.,Bordeaux,
8. Kerbe J.1987)) : Les caracteristiques dynamique du climat de l`Arabie,Rev.,Geogr.,de l`Est,

9. Kerbe J.1989)) : L`image climatique des mois et saisons de l`Arabie, La Meteorologie,26,Paris,
10. Lebart L. (1995) : Statistique exploratoire multidimensionnelle, edition Dunod,Paris.

11. Manzagol C. (1973) : Forces et faiblaisses de l`analyse quantitative, Annales de Geogr., paris,

استخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار في تحسين المراعي الطبيعية

د. امحمد عبدالله الرزاقي، م. مفتاح علي الرابطي، م. حسين سعيد طالب، م. سليمان مهدي بالخير

استخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار في تحسين المراعى الطبيعية

د. امحمد عبد الله الرزاقى [1] ، م. مفتاح على الرابطى [2]، م . حسين سعيد طالب [3] ،
م. سليمان المهدى بالخير [4]

الملخص

إن المناطق الجافة والشبه الجافة التي تشكل معظم مساحة الجماهيرية يمكن الاستفادة منها بتنفيذ تقنيات حصاد مياه الأمطار وبالتالي زيادة الإنتاج النباتي والحيواني بهذه المناطق. وفى هذا الإطار قام مركز البحوث الزراعية بالجماهيرية بالتعاون مع المركز الدولي للبحوث الزراعية بالمناطق الجافة ببعث مشروع حصاد مياه الأمطار والذي يهدف إلى دراسة الأنظمة التقليدية القديمة المستخدمة في حصاد مياه الأمطار وتقييمها فنيا واقتصاديا ثم إجراء البحوث والدراسات للاستفادة القصوى من مياه الأمطار وذلك بتطوير هذه التقنيات وإدخال تقنيات جديدة.

وفى هذا الإطار وكمرحلة أولى قام الفريق المشكل لهذا الغرض بإجراء مسح ميداني وحصر شامل للطرق القديمة والحديثة المستخدمة في حصاد مياه الأمطار الموجودة بالمنطقة الغربية من الجماهيرية وتصنيفها حسب مساحة التجميع وحسب حجم المياه المجمعة وكذلك حسب طريقة التخزين سواء في التربة أو في خزانات أرضية أو خلف سدود. وبعد إتمام هذه المرحلة قام أعضاء الفريق بتنفيذ بعض التجارب الحقلية على بعض التقنيات المستخدمة في حصاد مياه الأمطار مثل الأحواض المعينية والحواجز الكنتورية واستخدامها في تنمية المراعى الطبيعية بمنطقة القضامة والشرائح الكنتورية في تنمية محصول الشعير بمنطقة يفرن وبالرغم من عدم الحصول على نتائج ملموسة في الموسم 99/98 من التجارب المنفذة وذلك بسبب قلة الأمطار من حيث الكمية والكثافة إلا أن تنفيذ التجارب ومتابعتها بأسلوب علمي أعطى لأعضاء الفريق خبرة جيدة في تنفيذ مثل هذه التجارب والاستفادة من التطبيق العملي لها. وبما أن النتائج المعتمدة من مثل هذه التجارب تعتمد على أكثر من موسم فان تنفيذ هذه التجارب يمثل أساس للمواسم القادمة.

---

1. عضو هيئة تدريس بكلية الزراعة / جامعة الفاتح ومنسق فريق مشروع حصاد المياه بمركز البحوث الزراعية
2 ، 3 ، 4. باحثين بمركز البحوث الزراعية وأعضاء فريق مشروع حصاد المياه

مقدمة

في المناطق الجافة والشبه الجافة حيث قلة الأمطار وتذبذبها حاول الإنسان منذ القدم الاستفادة من مياه الأمطار بأقصى ما لديه من علم وتقنية وذلك بحجز اكبر كمية منها سواء بطريقة التخزين المباشر في أحواض أو خزانات أرضية أو تخزينها داخل التربة نفسها وذلك عن طريق الحواجز الترابية والخطوط الكنتورية. ومن أهم الأسباب التي دعته إلى ذلك هو أن مياه الأمطار كانت هي المصدر الوحيد لاستخداماته سواء في الشرب أم الزراعة أم سقى الحيوانات. ولكن مع التطور التقني التي شهده العالم وخاصة في القرن العشرين واستكشاف الإنسان للمياه الجوفية واستخراجها واستخدامها كمصدر بديل لمياه الأمطار، أهملت تقنيات حصاد مياه الأمطار و لم تحضى بالأهمية التي كانت تحضى بها من قبل. ولكن في أواخر هذا القرن وكنتيجة لزيادة عدد السكان واتساع الرقعة الزراعية وارتفاع مستوى معيشة الفرد أدى إلى زيادة استهلاك المياه ونضوب المياه الجوفية وتلوثها. وفى بلد مثل الجماهيرية الليبية التي تفتقر إلى الأنهار المستديمة ومعظم أراضيها تقع ضمن الأقاليم الجافة وشبه الجافة ، فان المصدر الوحيد الذى يمكن استثماره هو مياه الأمطار. ولقد حاولت الجماهيرية مؤخرا تطوير أساليب وتقنيات حصاد مياه الأمطار والتوسع في انتشارها. ومن أهم هذه التقنيات الخزانات الأرضية والسدود والحواجز الكنتورية. وفى هذا الإطار أيضا قام مركز البحوث الزراعية بالجماهيرية بالتعاون مع المركز الدولي للبحوث الزراعية بالمناطق الجافة (ايكاردا) ببعث مشروع حصاد مياه الأمطار. وكمرحلة أولى قام الفريق الذي تم تشكيله لهذا الغرض بإجراء مسح ميداني للتقنيات المستخدمة في حصاد مياه الأمطار القديمة منها والحديثة بمنطقة الجبل الغربي وتم توثيقها وتقييمها. ويقوم الفريق الآن بإجراء بعض التجارب الحقلية على بعض التقنيات الجديدة واختيار المناسب منها ومن تم نقلها إلى السكان وذلك بمنطقتي القضافة ويفرن.

أهداف المشروع

للمشروع أهداف بعيدة المدى وتتلخص في زيادة الإنتاج الزراعي بالمناطق الجافة وشبه الجافة وذلك عن طريق الاستفادة المثلى من مياه الأمطار بهذه المناطق ويتم ذلك بتنفيذ التقنيات المناسبة لحصاد مياه الأمطار والاستفادة منها في زيادة المنتوج الزراعي وتنمية المراعى. أما على المدى القصير فتتمثل في إجراء التجارب على بعض التقنيات المستخدمة في حصاد مياه الأمطار واختيار المناسب منها للمناطق التي تنفذ بها هذه التجارب ومن تم نقلها إلى سكان هذه المناطق.

1 – المسح الميداني

أجرى فريق حصاد المياه مسح ميداني للتقنيات المستخدمة لحصاد المياه لمنطقة تقع على امتداد جبال نفوسة بطول حوالي 240 كم ابتداء من الحدود التونسية غربا وحتى منطقة العربان شرقا ومن السفح الشمالي للجبل الغربي شمالا وحتى عمق 60 كم جنوبا. وتتميز دورة هطول الأمطار بهذه المنطقة بعدم الاستقرار بين سنة وأخرى . وفصل الشتاء هو الفصل الذي تكثر فيه الأمطار إذ تبلغ نسبة الهطول 42 % من مجموع تساقط الأمطار السنوي. وامطار الخريف تبلغ نسبتها 28 % حيث تتجاوز قليلا أمطار الربيع التي تصل نسبتها إلى 20 % أما الأمطار صيفا فهي معدومة. وتهطل الأمطار على شكل وابل غزير وعلى فترات متقطعة خاصة في فصلي الخريف والربيع.

ويمكن وصف مناخ منطقة الدراسة عموما بأنه جاف في الشمال والوسط وشديد الجفاف في الجنوب والغرب ويؤثر المناخ تأثيرا كبيرا على الحياة الزراعية والغطاء النباتي بالمنطقة. وتوجد بمنطقة الدراسة عدة عشائر نباتية مثل الحلفاء Stipa tenacissima والشيح Artemisia herbalba والرمث Hammada scoparium والطلح Acacia tortilis والرتم Retama raetam .

قام أعضاء فريق المشروع بعدة زيارات ميدانية لمنطقة الدراسة تم خلالها حصر وتوثيق التقنيات المستخدمة في حصاد مياه الأمطار بهذه المنطقة والتي ما تزال معظمها تستخدم في المناشط الاقتصادية والاجتماعية حتى الآن. وتختلف هذه التقنيات من حيث طريقة الإنشاء ومن حيث الغرض التي أنشئت من اجله كما أنها تطورت بتطور الإنسان العلمي والتقني على مر العصور الماضية. وتم تصنيف هذه التقنيات حسب مساحة تجميع مياه الأمطار التي تسبب الجريان فقسمت إلى تقنيات أقيمت على مساحات تجميع كبيرة وتقنيات أقيمت على مساحات تجميع صغيرة. ولقد تم توثيق نتائج هذه الدراسة في تقرير مفصل قدم لمركز البحوث الزراعية [1].

هذا وقد خلص الفريق من خلال هذه الدراسة الى النتائج الآتية:

1 – تتغير أنظمة حصاد المياه المستخدمة تبعا لمعدلات الأمطار السنوية وطبيعة الأرض والنشاط السكاني السائد بالمنطقة على النحو الآتي :

أ – في سفوح الجبل حيث الوديان عميقة وضيقة القاع وكذلك شديدة الانحدار , يقوم الفلاحون ببناء السدود الترابية المدعومة بالحجارة وذلك لكي تترسب التربة المنقولة

بالمياه في القاع لتكوين تربة جيدة حيت يتم زراعتها بأشجار الزيتون والتين ويطلق عليها محليا القرداية.

ب - في المناطق المتوسطة الانحدار يقوم الفلاح بإقامة سدود ترابية أقل ارتفاعا من الأولى وغالبا لا تدعم بالحجارة وفى أغلب الأحيان ما تكون المساحة القابلة للزراعة في هذه الحالة اكبر وتسمى بالجسور.

ج في المناطق البعيدة عن سفح الجبل إذ الانحدارات اقل يقوم الفلاح باستعمال طريقة الأحواض في الزراعة ويستخدم هذه الأحواض في زراعة الأشجار ويتم توجيه المياه إلى هذه الأحواض عن طريق عمل حواجز ترابية صغيرة.

د - في اسفل الجبل حيث تتسع الوديان يقوم الفلاح ببناء سدود ترابية على طول الوادي تفصل بينها مسافات لحجز مياه الجريان السطحي. وفى كل سد يقوم الفلاح ببناء منفس من الحجارة وباتجاه معاكس للمنفس الذي قبله لكي يتم انتشار الماء في كل المساحة المحصورة بين هذه السدود الترابية ويعد هذا نوع من أنواع تقنيات نشر المياه.

2 - نوعية التربة والسعة التخزينية لها وكذلك الصرف الطبيعي بها مهم جدا في مجال حصاد المياه ففي سهل جفارة مثلا وبالرغم من وجود المنحدرات الطبيعية وكذلك معدلات أمطار مقاربة لمعدلات الأمطار بمنطقة الدراسة إلا أنه لا يوجد أي نوع من تقنيات حصاد المياه وذلك لنوعية التربة (تربة رملية) مما لا يسمح بحدوث جريان سطحي.

3 - لا تمثل الخزانات الأرضية أهمية كبيرة بالنسبة لزراعة الأشجار والمحاصيل الموسمية ولكنها ذات أهمية كبيرة في المراعى إذ تستخدم في سقى الحيوانات وكذلك شرب الإنسان.

4 - بالنسبة لمشاريع حصاد المياه الكبيرة والتى أنشئت من قبل الدولة لم تؤد الغرض المقامة من اجله نتيجة لسوء الإدارة وعدم الصيانة الدورية والحماية فمثلا الأحواض الهلالية التي أقيمت بالمناطق الرعوية واستخدمت في تنمية الشجيرات الرعوية مثل الرتم Retama raetam أعطت نتائج جيدة في بدايتها ولكن نتيجة للرعى الجائر وعدم الصيانة لم تستمر. كما أعطت الحواجز الكنتورية نتائج جيدة في بعض المناطق حيث التربة العميقة والتنفيذ الجيد ولكن لوحظ في مناطق أخرى وجود أخطاء في التنفيذ إذ لم تتبع الخطوط الكنتورية في تنفيذ الحواجز وكذلك أثناء تنفيذ الحاجز تم كشط الطبقة السطحية وترك المنطقة المجاورة للحاجز وهى المنطقة التي تتجمع فيها المياه بدون تربة جيدة.

5 – اقتصاديا ونظرا لان المساحات التي يتم استغلالها حاليا في حصاد المياه تعد حيازات قزمية فلا يمكن أن تكون المورد الأساس للأسرة ولكنها تفي ببعض احتياجاتها من المحاصيل الزراعية.

2 – دراسة حول استخدام تقنيات حصاد المياه في زراعة نباتات القطف الرعوية:

تم إجراء هذه الدراسة بتنفيذ تجربة حقلية بمشروع مراعى غريان بمنطقة القضامة على بعد حوالي 40 كم من مدينة غريان وترتفع حوالي 750 متر عن سطح البحر شكل (1) ومن الأسس التي تم على ضوئها اختيار هذا الموقع :

1 – المعدل السنوي لسقوط الأمطار بالمنطقة هو 144 ملم وتتوزع بين شهري أكتوبر وأبريل وهذا يقع ضمن الحد المسموح به في تنفيذ تقنيات حصاد المياه.

2 – وجود الموقع بمنطقة مخصصة كمراعى مما يساهم بنجاح التجربة في تنمية هذه المنطقة وخاصة أن النباتات التي استخدمت في التجربة هى نباتات مراعى.

3 – قرب الموقع من إدارة مشروع المراعى مما يوفر الحماية اللازمة حيث لوحظ من تجارب الماضي أن من أهم المشاكل التي تعرضت لها التقنيات المنفذة في السابق هى الرعى الجائر.

1.2 اختيار التقنيات

نظرا لصغر مساحة موقع التجربة فقد تم اعتماد نوعين من التقنيات المستخدمة في حصاد مياه الأمطار هما الخطوط الكنتورية (Contour Lines) والأشكال المعينية (Negarim) [2] بثلاث معاملات لكل منها وتم اختيار نبات القطف الأسترالي (Australian Atriplix) كنبات رعوي لما عرف عنه بمقاومته للجفاف ونجاح زراعته إلى حد كبير بمنطقة التجربة.

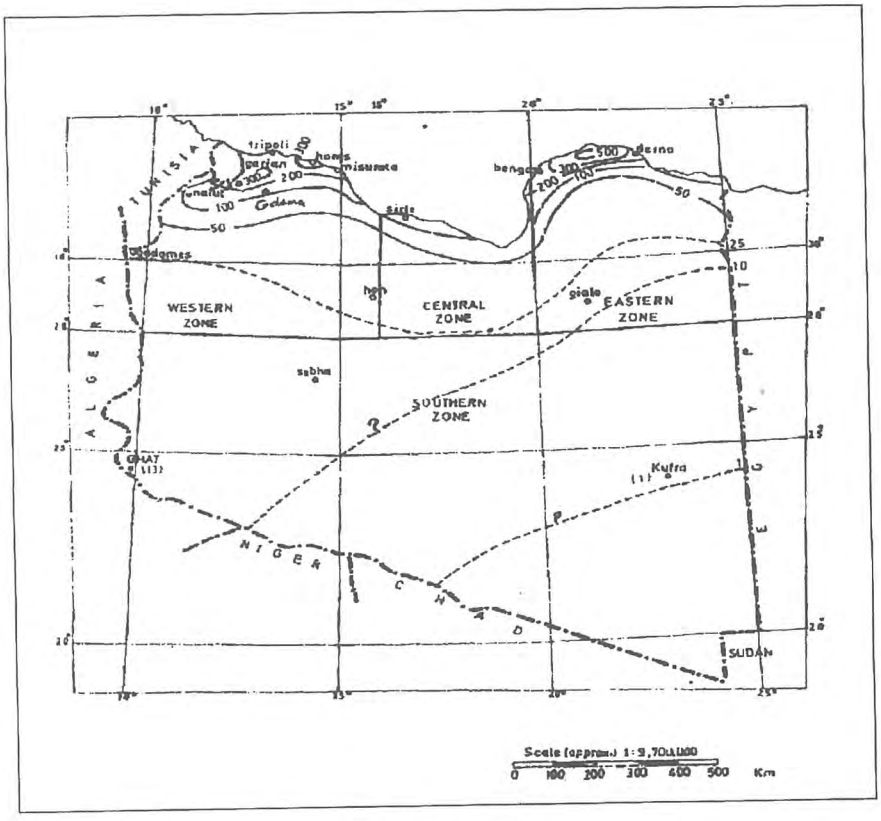
2.2 تصميم التجربة

بعد اعتماد التقنيات المزمع تنفيذها والنبات الذي ستتم زراعته بالموقع تم حساب الاحتياجات المائية لهذا النبات. وقد تم الاعتماد على بعض الدراسات السابقة التي قامت بها الدولة من خلال المكتب الاستشاري للمرافق لمنطقة القضامة في تقدير كمية البخر والنتح الكلى لبعض المحاصيل ومنها حساب الاحتياجات المائية لها [3]. واستفاد أعضاء الفريق من هذه الدراسات في تقدير كمية البخر والنتح لنبات القطف ومن تم

قدرت الاحتياجات المائية له فكانت 1221 مم / سنة. وبالنسبة للمعامل المحصولى له فقد تم اعتماد المعامل المحصولى للزيتون كمرجع إذ أن معظم الدراسات تعتبر نبات القطف اكثر تحملا للعطش من الزيتون. وتم حساب مساحة التجميع اللازمة لتوفير الاحتياجات المائية للنبات طبقا للمعادلة الآتية:

$$\text{مساحة التجميع} = \text{مساحة الجذور} \times \frac{\text{الاحتياجات المائية (مم/سنة)} - \text{معدل الأمطار (مم/موسم)}}{\text{معدل الأمطار (مم/موسم)} \times \text{معامل الجريان السطحي}}$$

باعتبار أن متوسط قطر شجرة القطف 1 متر فبذلك تكون مساحة انتشار الجذور الفعالة = 0.785 م^2 .



شكل رقم (1) موقع التجربة

وحيث أنه لا توجد دراسات سابقـــة لتقدير معامل الجريان السطحي بموقع التجربة فقـد تم الاعتماد على طريقتي (Rational Method & Cook) [4] في تقدير هذا المعامل وذلك بنـــاء على الانحدار ونوع التربة والغطـــاء النباتي واعتمدت القيمة 50 % كقيمة تقديريـــة لهـــذا المعامل . وبما أن الاحتياجات المائية لنبات القطف 1221 مم / سنة فتكون مساحة التجميـــع اللازمة للشجرة الواحدة طبقا للمعادلة السابقة :

$$\text{مساحة التجميع} = 0.785\ م^2 \times \frac{1221\ مم - 144\ مم}{144\ مم \times 0.5} = 11.736\ م^2$$

مساحة التجميع + مساحة الجذور = 11.736 + 0.785 = 12.521 $م^2$

نسبة مساحة التجميح إلى مساحة الزراعة = 11.736 : 0.785 = 15 : 1

3.2 اختيـــار المعاملات

تم اعتماد ثلاث معاملات بحيث تزيد مساحة التجميع بكل معاملة بمعدل 25% عن ســـابقتها مكررة ثلاث مرات كما هو موضح بالجدول الآتـــي:

مساحة الزراعة $م^2$ / شجرة	مســـاحة التجميع $م^2$ / شجرة	المســـاحة الكليـــة $م^2$ / شجرة	نسبة مساحة الزراعة إلى مساحة التجميع
0.785	9.30	10.20	1 : 12
0.785	11.70	12.50	1 : 15
0.785	14.70	15.50	1 : 18.73

4.2 الخطوط الكنتورية (Contour Lines) :

استنادا إلى خبرة إدارة مشروع المراعى بالمنطقة حول زراعة أشجار القطف فقـــد تم اعتمـــاد مسافة 1.5 متر بين الأشجار وبواقع 20 شجرة لكل معاملة وبالتالي تكون المســـــافات بـــين الخطوط الكنتورية كما هو موضح بالجدول الآتـــي :

المعاملة	المساحة الكليـــة م^2	المســـافة بين الخطوط م
1 : 12	10.20	6.8
1 : 15	12.50	8.37
1 : 18.73	15.50	10.34

الأحواض المعينيـــة (Negarim) :

تم تصميم الأحواض المعينية بواقع شجرة لكل حوض على أن يكون عدد الأحواض 8 في كـل معاملة والجدول الآتـــي يوضح أبعاد الأحواض لكل معاملة:

المعاملة	المساحة الكليـــة م^2	أبعاد الحوض بالمتر
1 : 12	10.20	3.20 x 3.20
1 : 15	12.50	3.55 x 3.55
1 : 18.73	15.50	3.95 x 3.95

6.2 التنفيذ

بعـــد عمليتي التصميم والتخطيط قام أعضاء الفريق بتنفيـــذ التجربة بالموقع ونظـــرا لصغـــر مساحة الموقع وعدم انتظامه وعدم انتظام ميله ووجود بعض المناطق ذات التربة الضحلـــــة تم التصرف بتوزيع الخطوط الكنتورية بواقع خطين متوازيين لكل معاملة بطول 15 متر لكـــــل خط كما هو موضح بالشكل (2) .

7.2 الزراعة

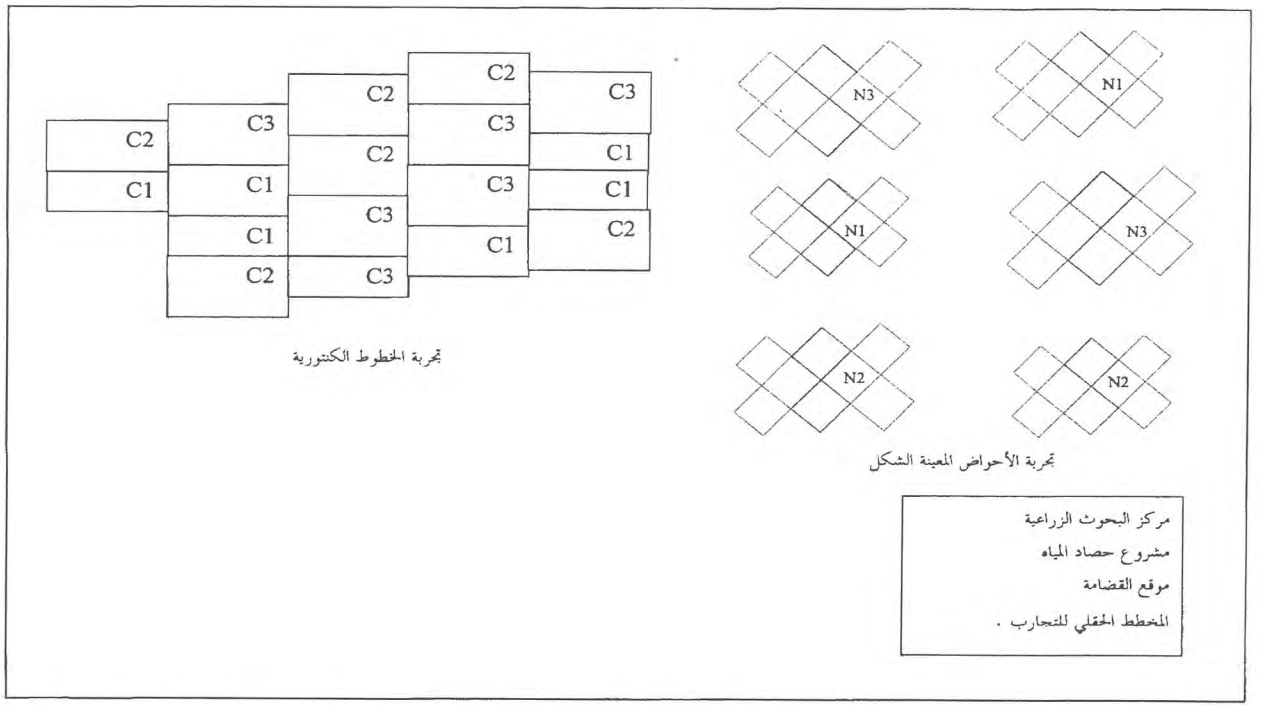
تمـــت الزراعة بتاريخ 8 / 3 / 1998 بشتلات عمرها سنة من القطف الأسترالي تم الحصـــول عليها من المشتل الخاص بمشروع مراعى غريان وتمت إضافة 20 لتر ماء لكل شـــجرة بنفـــس اليوم.

نتائج التجربة

من خلال تتبعنا للتجربة لوحظ تعرض شجيرات القطف لآفة القوارض (فأر المر يونس Marions Mouse) (4). وعلى الرغم من أن معظم نشاط هذا الفأر يكون تحت سطح التربة إلا انه في بعض الظروف وخاصة في أول عمره وخلال انتقاله إلى مناطق جديدة فان حوالي 25 % من حاجاته الغذائية اليومية تكون من المادة الخضراء إذ يهاجم جذور الشجيرات مسببا ضعف عام للشجيرة وأحيانا يؤدى إلى موتها. وهذه الظاهرة لوحظت جيدا في موقع التجربة حيت لوحظ تدنى نسبة نمو بعض الشجيرات الحية والى تقزم نمو البعض الآخر وعدم حصوله على الفرصة اللازمة للنمو. وقد لوحظ من الزيارات الميدانية لموقع التجربة أن هذا الفأر يقوم بالفتك بشجيرات القطف بالتدريج فيقوم بحفر حفرة بجوار الشجيرة ثم يقوم بقص الأغصان والأوراق وسحبها إلى الحفرة ومن تم تخزينها بداخلها. ومما ساعد على انتشار هذا النوع من الفئران بموقع التجربة هو تعرض موقع التجربة لعمليات حرث واستصلاح سابقة مما ساعد هذه الفئران في وجود بيئة ملائمة للحفر. كما أدى عدم وجود أي شتول أخرى بمنطقة التجربة إلى تعرض شجيرات القطف بموقع التجربة إلى ضغط اكثر من قبل هذه الفئران.

وهذه المشكلة ليست بجديدة على مشاريع المراعى بليبيا إذ تعرضت هذه المشاريع في أواسط الثمانينات لهذه المشكلة ففي مشروع مراعى جنوب مدينة زليطن (50000 هكتار) تم رصد 1.5 % من إجمالي تكاليف المشروع لمكافحة الفئران وذلك لإنقاذ الشجيرات. أما بمشروع سهل الجفارة (100000 هكتار) بلغت تكلفة مكافحة الفئران في الهكتار 8 % من الإنتاجية. أما في الوقت الحاضر فان تكاليف المكافحة للهكتار قد تتضاعف نظرا لارتفاع سعر العمالة وثمن المبيدات.

وقد تمت إعادة التجربة في الموسم (99/98) حيث تم صيانة الأعمال الترابية بالموقع وكذلك تمت إعادة غرس شجيرات القطف خلال الفترة من 2 الى 16 يناير 1999 واعطائها رية بعد الزراعة مباشرة وثانية مع بداية شهر مارس، أشكال (4,3) وتم أخذ جميع الاحتياطات لعدم تعرض الشجيرات لآفة القوارض كما حدث في الموسم السابق وذلك بمحاربتها أول بأول عن طريق استعمال المبيدات واستعمل مبيد (Phostotoxin) وقد ثبتت فعاليته إذ لم نشاهد أي من القوارض كما أن معدل نمو الشجيرات جيد جدا مقارنة بمعدل نمو الشجيرات التي زرعت خارج حدود التقنية المستخدمة أشكال (5 , 6).



تجربة الخطوط الكنتورية

تجربة الأحواض المعينة الشكل

شكل (2) توزيع الخطوط الكنتورية والاحواض المعينية بموقع التجربة

الخلاصة والتوصيات

من خلال الدراسات التي أقيمت ضمن المشروع يمكن التوصية بما يلي:

1 - تعتبر تقنيات حصاد مياه الأمطار باختلاف أنواعها أنظمة لها فعاليتها في مقاومة انجراف التربة والتحكم في مياه الجريان السطحي والاستفادة منها في الأغراض الزراعية وتحسين إنتاجية المحاصيل البعلية كما هو الحال في المناطق الغربية.

2 - المشاريع الزراعية العامة المنفذة والمعتمدة على أنظمة حصاد مياه الأمطار تعتبر مشاريع ريادية ودراستها وتقييمها ستساعد في تطوير هذه الأنظمة وتفادى ما اعترضها من مشاكل في تخطيط وتنفيذ مشاريع مشابه داخل الجماهيرية أو خارجها.

3 - بالرغم من عدم الحصول على نتائج ملموسة من التجارب المنفذة في الموسم 99/98 وذلك بسبب قلة الأمطار من حيث الكمية والكثافة إلا أن تنفيذ التجارب ومتابعتها بأسلوب علمي أعطى لأعضاء الفريق خبرة جيدة في تنفيذ مثل هذه التجارب والاستفادة من التطبيق الفعلي لها. وبما أن النتائج المعتمدة من مثل هذه التجارب تعتمد على اكثر من موسم وبالتالي سوف تمثل أساس للمواسم القادمة.

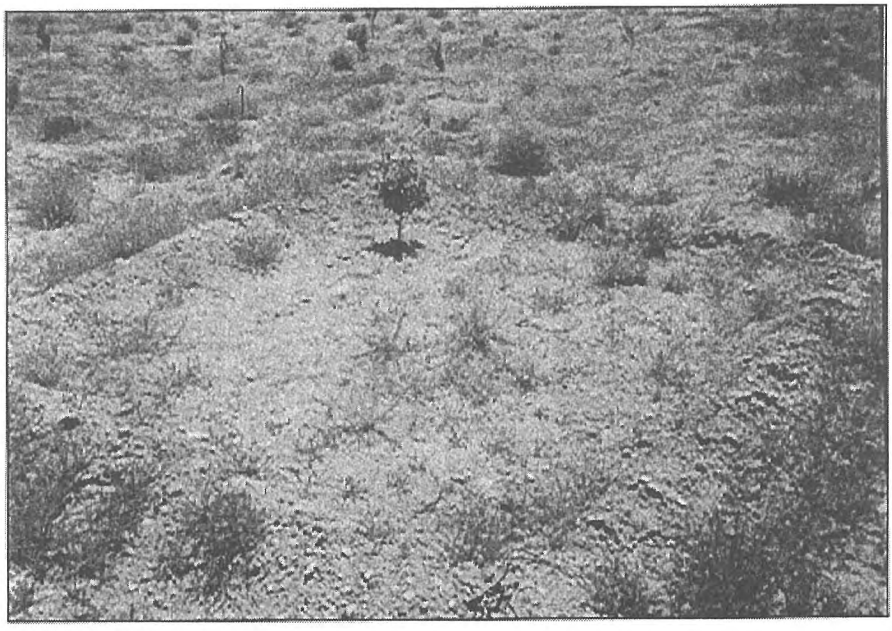
4 - تشجيع البحوث والدراسات على أنظمة الحواجز والأكتاف الكنتورية وكذلك الأحواض الهلالية واستخدامها في زراعة الشجيرات الرعوية وذلك لوجود مساحات شاسعة في المنطقة الجنوبية للجبل الغربي يمكن تنفيذ هذه التقنيات فيها والحصول على نتائج جيدة وخاصة في مجال المراعى حيث أن بعض شجيرات المراعى مثل القطف Atriplx halimus والسنط الحقيقي والمسلح (ألا كاسيا) يمكن أن تقاوم سنوات الجفاف كذلك طبيعة هذه المنطقة والمتمثلة في الهضاب والمرتفعات القليلة الانحدار إذ يمكن تنفيذ الحواجز الكنتورية بها بسهولة.

5 - في المناطق الشديدة الانحدار وفى اسفل الجبل يمكن تطبيق أنظمة السدود التعويقية والتحويلية والجسور ويمكن دعمها بالمياه الجوفية في حالة توفرها وخاصة في اسفل الجبل وذلك أثناء السنوات الشديدة الجفاف.

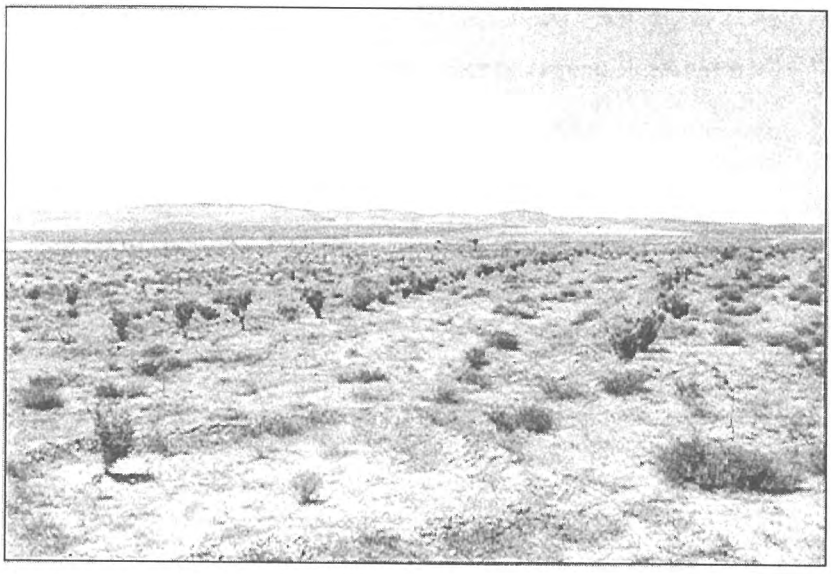
6 - في مناطق غريان وضاهر يفرن والقلعة والزنتان يمكن تشجيع إقامة الأحواض الهلالية والتي يجرى استخدامها منذ الآلاف السنين (ولكن بطريقة غير مدروسة) وكذلك تشجيع استخدام الأكتاف الكنتورية.

7 - في منطقة نالوت حيث كميات الأمطار غالبا ما تكون اقل من 100 مم / السنة فلا يوجد بديل عن نظام الطوابى بقاع الوديان حيث معظم الأرض صخرية في سفوح الجبال المحيطة بهذه الوديان ولا توجد مساحات صالحة للزراعة إلا قيعان هذه الوديان حيث يتم فيها بناء التربة الجيدة نتيجة لترسيب الترب المنقولة بمياه الفيضانات. وتوجد مساحات كبيرة يمكن استغلالها بهذه الطريقة ولكن تحتاج إلى تشجيع من الدولة وإجراء البحوث والدراسات لتطوير الطرق المستخدمة.

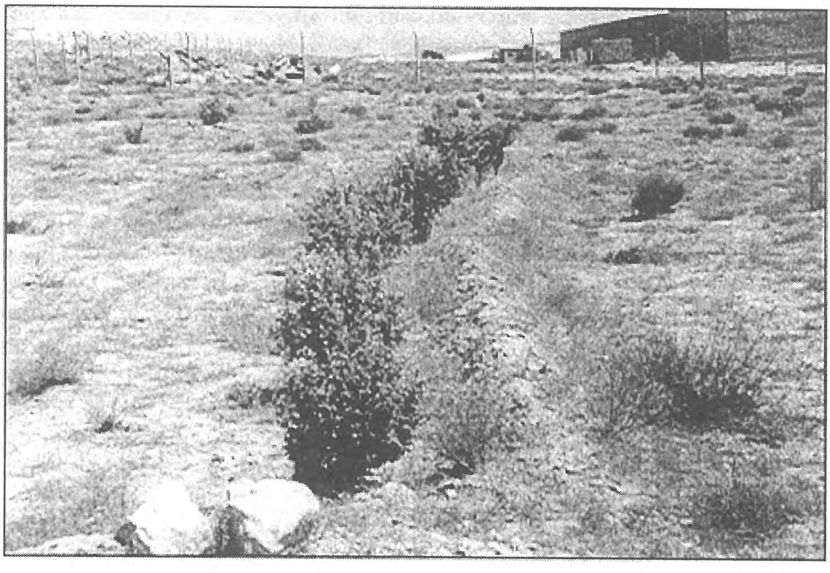
شكل رقم (3) إعادة صيانة تقنيات تجربة الخطوط الكنتورية والأشكال المعنية .



شكل رقم (4) إعادة زراعة تجربة الخطوط الكنتورية والأحواض المعنية .



شكل (5) منظر عام لنمو شجيرات القطف المغروسة باستخدام تقنية الأحواض المعينية



شكل (6) منظر عام لنمو شجيرات القطف المغروسة باستخدام تقنية الخطوط الكنتورية

[1] الرزاقى،ا.، الرابطى،م.، طالب،ح.، الهمالى،ص.، بالخير،س.، حراقة،س.، تقرير عن أنظمة حصاد المياه بمنطقة جبل نفوسة . تقرير مقدم لمركز البحوث الزراعية – ليبيا ، 1997.

[2] Food and Agriculture Organization of the United Nations, Water Harvesting, AGL/MISC/17/91

[3] Rakoczi, Archer and Jansen, Final report on Garian Pasture Project, 1985.

[4] Schwab & Others, Elementary soil & Water Engineering, Wiley 1971.

[5] الرزاقى، ا.، الرابطى، م.، طالب، ح.، بالخير، س.، تقرير عن نشاط فريق مشروع المياه خلال الموسم 98/97 مقدم لمركز البحوث الزراعية – ليبيا ، مايو 1998.

[6] الرزاقى، ا.، الرابطى، م.، طالب،ح.، بالخير، س.، تقرير عن نشاط فريق مشروع الميـــاه خلال الموسم 99/98 مقدم لمركز البحوث الزراعية – ليبيا ، سبتمبر 1999.

مراجع إضافية لها علاقة بموضوع الورقة

[1] Alghariani, S. Contour ridge terracing water harvesting systems in northwestern Libya. The Amamra Project as case study. Paper presented at the international Center for Agricultural Research in the Dry Areas workshop held in Amman, Jordan, in August 1997.

[2] FAO, 1994.Water harvesting for improved agricultural production, water report 3. Proceeding of the FAO Expert Consultation, Cairo, Egypt, November 1993. Rome, Italy: FAO.

[3] Frasier, G.W. 1994. Water harvesting/runoff farming systems for agricultural production. In: Water harvesting for improved agricultural production. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Cairo, Egypt, Nov 1993. Rome. Italy: FAO.

[4] Frasier, G.W. and L.E. Myers. 1993 Handbook of water harvesting. Agricultural Handbook No. 600. USA: United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service.

[5] Oweis, T., Hachum, A., Kijne, J. Water Harvesting and Supplemental Irrigation for Improved Water use Efficiency in Dry Areas, International Water Management Institute, 1999.

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

[7] Oweis, T., and D. Prinze. 1994. Identifacation of potential water harvesting areas and methods for the arid regions of West Asia and North Africa: A proposal for a regional research project. In: Water harvesting for improved agricultural production. Proceeding of the FAO Experts Consultation. Cairo, Egypt, Nov. 1993. Rome. Italy: FAO.

[8] Siegert. K. 1994. Introduction to water harvesting some basic principles for planning. Design and monitoring. In: water harvesting for improved agricultural production. Proceeding of the FAO Expert Consultation, Cairo, Egypt, Nov. 1993, Rome, Italy: FAO.

الأساليب المتبعة لحماية المصادر المائية في سلطنة عمان

إعداد: م. سعاد بنت جعفر عبدالخالق

الاساليب المتبعة لحماية المصادر المائية في سلطنة عمان

اعداد : م/ سعاد بنت جعفر عبدالخالق وزارة موارد المياه

ملخص :

تعد المياه سلعة استراتيجية على مستوى العالم حيث انها تشكل الركيزة الاساسية للتنمية الشاملة وسلطنة عمان باعتبارها احدى دول العالم التي تتصف بنقص في مواردها المائية نتيجة لوقوعها ضمن مناطق الحزام الجاف وشبه الجاف . ومن هذا المنطلق وضعت سياسة خاصة من قبل حكومتها الرشيدة وذلك للتعامل مع المياه باعتبارها سلعة نادرة ، كما وضعت استراتيجية مائية لاستثمار مصادرها.

كما قامت الحكومة بسن القوانين والتشريعات المائية التي تحد من استنزاف هذه الثروة كاقامة مناطق الحماية للخزانات الجوفية و اخرى للافلاج وقامت بتقييم وتنمية الموارد المائية وادارتها واقتراح السياسات العامة والتخطيط البعيد المدى الذي يتفق مع خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية في البلاد . وتتناول الورقة المصادر المائية في سلطنة عمان وتقسيماتها التقليدية وغير تقليدية فالتقليدية تشمل الآبار والافلاج والمياه الجوفية والآبار والعيون وهذه تشكل النسبة العظمى لسد الاحتياجات التنموية في الزراعة وقطاع الشرب حيث تعتمد المصادر التقليدية على الأمطار في توفرها وهذا يعني إنها مرهونة بهذا العامل ووفرته وهذا مدلا نستطيع التحكم فيه . ولكن من الممكن بلا شك التحكم في استهلاك ما هو متاح باتباع طرق ترشيدية تمكننا من عدم الإسراف ليس فقط تجنباً لنضوب هذه الموارد ولكن استعدادا لأي حالات جفاف محتملة .

أما المصادر الغير تقليدية فيقصد بها محطات مياه البحر ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي حيث تلعب الأولى دورا متزايدا في سد المتطلبات المائية خاصة في قطاع الشرب بينما محطات معالجة مياه الصرف الصحي أنشئت لكي تسد العجز الحاصل في توفير المياه لقطاع التشجير والحدائق العامة نظرا لعدم إمكانية الاعتماد على المياه الجوفية في هذا القطاع الذي يحتاج إلى وفرة مائية مستمرة .

استشعار لمدى اهمية الحفاظ على الموارد البيئية من حيث الكم والنوع فان هذه الورقة تهـــدف إلى توضيح مختلف الجوانب العلمية والعملية للأنظمة المتبعة في سلطنة عمان لتزويد المستهلكين بالماء وبيان إشراك المجتمع في اتباع الطرق الترشيدية في استهلاك المياه .

وتحقيقا لهذه الأهداف فقد تناول البحث الأمور التالية :

أ- الموارد المائية فى سلطنة عمان

ب- الجهود المبذولة لحماية المياه الجوفية .

ج- التثقيف واشراك أفراد المجتمع للإسهام في مجال رفع الوعي المائي بينهم .

المقدمة :

لا تخفى أهمية المياه أثرها كعنصر حيوي وأساسي في استمرارية الحياة ومواصلة مسيرة التنميـــة اللازمة لاقامة حضارة إنسانية ، ويعتبر الماء منذ الأزل من الركائز الأساسية التي تعتمد عليـــها الحياة .ونظرا لأهمية الماء و المحافظة عليه فقد نهى الرسول عليه الصلاة والسلام عن الإسراف في الماء حتى في الوضوء . "فعن عبد الله بن عمر (رضى الله عنهما) ان النبي (صلى عليـــه والـــه وسلم) قد مر بسعد وهو يتوضأ ، فقال له ما هذا السرف يا سعد؟ فقال سعد : فهل في المـــاء سرف ؟ قال : نعم ولو كنت على نهر جار "

ومن المعروف أن المناخ الجاف والصحراوي يسود معظم أراضي الوطن العربي ومـــن بينـــها سلطنة عمان . ولقد نجم عن ذلك عجز الموارد المائية العربية بوجه عام والعمانية بوجه خـــلص عن تلبية متطلبات تنمية الاحتياجات الأساسية لمواجهة التنمية في كل منهما .

وقد اجمع الاقتصاديون والمهندسون على ان الموارد المائية تعجز عن توفير الاحتياجات المائيـــة المستقبلية في ظل المعدلات المتزايدة للنمو السكاني والمعدلات المتواضعة لتنمية الموارد المائية ممـا يتحتم علينا التفكير كثيرا في إيجاد التوازن اللازم بين الاحتياجات المائية الفعلية والموارد المائيـــة المتاحة .

تقع سلطنة عمان ضمن حزام المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتصف بارتفاع في درجة الحرارة صيفاً وقلة مصادرها المائية ، والسلطنة كغيرها من الدول النامية التي تواجه ازديادا في الطلب على المياه مما اثر على المصادر المائية في معظم مناطقها ، ومن هذا المنطلق أولت السلطنة منذ بداية نهضتها المباركة الموارد المائية جل اهتمامها واعتبرت المياه ثروة وطنية يجب المحافظة عليها. وحرصت الدولة ، في الوقت نفسه ، على سن القوانين والأنظمة التي تحكم استخدام المياه وتنظم استعمالها وذلك عن طريق ترشيد وحسن إدارة واستخدام الموارد المتاحة حالياً للحصول على اكبر فائدة ممكنة منها ولقد كرست الحكومة العمانية جهودا جبارة من شأنها حماية الموارد المائية المتاحة وزيادتها بالبحث عن موارد مائية جديدة تقليدية و غير تقليدية للوفاء بمتطلبات قطاعات التنمية الاقتصادية والاجتماعية المختلفة التي تشهدها البلاد ، أضف الى ذلك فان المحافظة على هذه الموارد والحرص على تنميتها ضمان لعطائها واستمراريتها .

الموارد المائية في سلطنة عمان :-

تتمثل الموارد المائية بالسلطنة في موردين مهمين هما :-

أولا : موارد المياه التقليدية :

وتتمثل موارد المياه التقليدية في الآتي :

1- الأمطار :

تعد الأمطار المصدر الرئيسي للمياه الطبيعية المتاحة للتنمية في السلطنة نظراً لأنها مصدر مياه الافلاج والينابيع ومياه الآبار السطحية والعميقة . ويبلغ متوسط سقوط الأمطار في السلطنة 100ملم في العام يفقد منها حوالي 80% منها يضيع بالتبخر ونسبة 5% تذهب إلى البحر وحوالي 15% تتسرب في طبقات الأرض ويستفاد منها للتغذية الجوفية. ويتأثر المناخ في شبه الجزيرة العربية شتاءاً بالدورات ما وراء المدارية التي يتسبب في هطول الأمطار في الأجزاء الشرقية من عمان وخصوصاً في الجبل الأخضر . اما في الصيف فتؤدي الأنظمة الموسمية المدارية التي تنشأ في بحر العرب الى سقوط أمطار الخريف الغزيرة على مناطق متفرقة في السلطنة وبدرجة ملحوظة على محافظة ظفار بأقصى جنوب السلطنة .

2- الافلاج :

وجدت الافلاج في سلطنة عمان منذ أمد بعيد وهناك من الافلاج تم بناؤها قبل ظهور الإسلام . هذا وقد اعتمد النظام القديم في طرق حفر الافلاج وبنائها والتي وصلت الى عشرات الامتار للوصول الى المياه الجوفية في باطن الأرض واخراجها الى سطح الأرض عن طريق القنوات . وقد كان العمل في الأفلاج يتم يدويا وبالطرق البدائية ، وربما استغرق العمل في إنشاء الفلج عشرات السنين . يبلغ عدد الافلاج في السلطنة حوالي 4112 فلج منها 3017 فلج حي (مستخدم حالياً) و1095 فلج ميت (مهجور) وتوفر هذه الافلاج ما يزيد على 555م.م3/السنة من اصل حوالي 1200-1300م.م3/السنة من المياه المستخدمة في البلاد ، حيث إن الأراضي الزراعية في السلطنة تعتمد على الري بالافلاج بنسبة حوال ي (50 – 60) % من إجمالي الموارد المائية المتوفرة .

وتنقسم هذه الافلاج الى ثلاثة أنواع رئيسية وهي :-

افلاج داؤودية : هي عبارة عن قنوات طويلة محفورة تحت الأرض ويصل طول بعضها الى 12كم

افلاج غيلية : هي عبارة عن قنوات تستمد مياهها من المياه الجارية السطحية و يتراوح طول كل منها ما بين 500م الى 2000م .

افلاج عينية : هي عبارة عن قنوات تستمد مياهها من مياه العيون مباشرة وتتراوح اطوالها ما بين 200م الى 1000م .

3- المياه الجوفية والآبار :

تتواجد المياه الجوفية في الخزانات الجوفية المتجددة كما تتواجد في خزانات جوفية غير متجددة وعميقة بالحجر الجيري الثلاثي . وتبلغ كميات المياه الجوفية المتجددة حوالي 850 مليون متر مكعب سنويا . يتم سحب المياه الجوفية من خلال نوعين من الآبار هي الآبار المفتوحة المحفورة يدويا وعددها 127901 بئرا تقريبا . ومياه هذه الابار كان لا يعول عليها كثيرا في الأغراض الزراعية قبل إدخال مضخات الديزل حيث ازداد استخدامها في الزراعة بعد ذلك . ويزيد قطر هذه الآبار عن المتر الواحد بينما نادرا ما يزيد عمقها عن العشرون مترا والتي تناسب المياه الجوفية الحرة في الخزانات الجوفية الغير عميقة .

أما النوع الثاني من الآبار فهي الآبار التي على هيئة ثقب وعددها 16070 بئرا والتي تمد معظم شبكات مياه الشرب . وقد ادخل استخدام هذه الآبار في الزراعة حديثاً وقد انتشر استخدامها بسرعة فائقة في منطقة الباطنة .

4- العيون :

هي عبارة عن المياه التي تتسرب الى داخل الأرض وتتحرك نحو الطبقات السفلى وفي اتجهات جانبية حتى تصل الى مستوى طبقة المياه الجوفية أو الى طبقة صماء غير منفذة وتتحول الى مياه جوفية تخرج على هيئة ينابيع .

يبلغ متوسط كميات المياه المتدفقة من العيون الحارة حوالي 8 ملايين جالون يومياً ومتوسط كميات المياه المتدفقة من العيون الباردة حوالي 15 مليون جالون يومياً وهذه الكميات تعادل حوالي 75% من مجموع كميات المياه المنتجة من إحدى محطات تحلية المياه والتي تبلغ إنتاجيتها حوالي 29مليون جالون يومياً . وتنقسم العيون الى :

العيون الباردة : وهي العيون التي تقترب درجة حرارة مياهها من المعدل السنوي لدرجة حرارة الهواء المحيط بمنطقة العين نفسها .

العيون الحارة : وهي العيون التي تزيد درجة حرارة مياهها بحوالي ثماني درجات مئوية عن معدل درجة حرارة الهواء المحيط بمنطقة العين نفسها ومصدر هذه المياه هو غالباً ما يكون مياه الأمطار التي تتسرب إلى أعماق الأرض عن طريق الشقوق والفراغان وتزيد درجة حرارتها حسب العمق الذي وصلت إليه .

ثانياً : موارد المياه غير التقليدية :

تتكون هذه المصادر من المياه العادمة المتمثلة في المخلفات السائلة الناجمة عن معالجة مياه الصرف الصحي بالاضافة الى تحلية مياه البحر وهي كآلاتي :

المياه العادمة :

تشكل هذه النوعية من المياه مصدراً مهماً نظراً لضخامة كمية المخلفات السائلة الناتجة عن الصرف الصحي وذلك إذا ما استخدمت في المعالجة بالخلط مع مياه عادمة أخرى حسب نوعية الملوثات بهذه المياه . وتستلزم مياه الصرف الصحي معالجة خاصة ذات مواصفات معينة وتستخدم هذه المياه بعد معالجتها في ري الزراعات التجميلية في المنتزهات والحدائق العامة واشجار الزينة على جنبات الطرق .ويبين الجدول ادناه الكميات المعاد استخدامها من محطات المعالجة المختلفة موزعة على مناطق السلطنة :

المنطقة	عدد المحطات	التصريف الكلي			الكمية المعادة استخدامها	
		م3/يوم	مليون م3/يوم	م3/يوم	مليون م3/سنة	النسبة المؤية للمياه
مسقط	128	53571	19.55	47213	17.23	88.1
الشرقية	18	3439	1.26	2691	0.98	78.3
مسندم	8	819	0.3	424.5	0.19	51.8
الوسطى	10	1177	0.43	607	0.22	51.6
الظاهرة	19	2783	1.02	2255	0.82	81
الباطنة	27	8916	3.25	6660	2.43	74.7
الداخلية	17	2622	0.96	2527	0.92	96.4
اجمالي	227	73327	26.76	62377.5	22.77	85.1

مياه البحر (التحلية) :

تنعم السلطنة بطول ساحلها (1700كم) حيث يمكن تحلية مياه البحر كما هو الشان في محافظة مسقط ، كما يمكن تحلية المياه الضاربة للملوحة كما هو الحال في بعض المناطق كالمنطقة الوسطى .

وقد اتجهت حكومة السلطنة إلى استغلال تحلية مياه البحر للحصول على مياه عذبة لتغطيـــة النقص في مياه الشرب في البلاد . وتعتبر هذه العملية مكلفة جدا حيث تتراوح تكلفة تحليـــة المتر المكعب الواحد من المياه بين 589ر 721ر بيسة في محطة تحلية المياه بالغـــبرة (محـــافظ مسقط) 0 بينما تتراوح ما بين 3.5- 9.20ريال عماني في محطات التحلية في المناطق النائية.

الجدول أدناه يوضح حجم المياه المحلاة بالسلطنة :

المنطقـــــة	عـــدد المحطات	طريقـــــة التحليـــــة	الانتاجيـــة م3/اليوم
مسقـــــط	5	متعـــــددة المراحـــــل	13900
الشرقيـــــة	6	التناضـــح العكسي ومتعدد المراحل	6062
الوسطـــــى	6	التناضـــح العكسي و متعدد المراحل	300
مسنـــــدم	3	التحليل الكهربائي و ضغط البخـــار	910
اجمالـــــي	20		189172

الجهود المبذولة لحماية الموارد المائية :

ليس من السهل إعداد برنامج عملي شامل وفعال لحماية مصادر المياه وان يكون هذا البرنامج مقبولا من النواحي السياسية والاجتماعية حيث ان ذلك يشكل تحديا بالغا خاصة في البلاد التي تشهد تطورا سريعا بالمناطق الجافة التي تعاني من ندرة المصادر المائية وتزايد الطلـــب عليـــها ويلاحظ في الغالب إن العديد من التجمعات السكانية ليست لديها مصادر بديلة . ومن هـذا المنطلق فقد أدركت الحكومة العمانية ضرورة حماية المصادر المائية في الســلطنة الـــتي يمكـــن استخدامها من جميع أنواع التلوث ، وسنستعرض بعض من الجهود المبذولة من قبـــل وزارة موارد المياه لحماية المصادر المائية في سلطنة عمان :

1 – حماية حقل الآبار والخزان الجوفي :

تعريف حقل الآبار : هو عبارة عن مجموعة من الآبار الإستكشافية الموجودة على مقربة من بعضها في مستجمع مياه واحد وتقوم بمهمة إمدادات المياه للمدينة أو القرية للاستخدامات المترلية .

هذا وقد قامت الحكومة بانشاء30 حقلاً من حقول أبار إمدادات المياه بمختلف المناطق الرئيسية في سلطنة عمان لتلبية الاحتياجات العامة من المياه ولتوفير الحماية الكافية لهذه الحقول باعتبارها مصدرا أساسيا لمياه الشرب وكذلك الحاجة لتوفير حمايتها من التلوث فقد تم تحديد مناطق لحماية هذه الحقول وتم تحديد كافة الأعمال التنموية داخل تلك المناطق وفقاً للوائح الصادرة في هذا الشأن . وتتكون حقول الآبار من ثلاثة نطاقات (أربعة نطاقات في الأحواض الجوفية الساحلية) وهي كما يلي :

النطاق (1) (المنطقة الحمراء) : نطاق داخلي ، وهي المنطقة المحيطة بآبار إمدادات المياه المباشر ومن المحتمل أن يكون له تأثير مباشر على كمية ونوعية المياه المستخرجة من الابار الحالية أو المستقبلية اذا تم منه أي سحب للمياه من آبار أخرى أو تسرب أية ملوثات فيه .

النطاق (2) (المنطقة البرتقالية) : نطاق خارجي ، وهي منطقة التغذية الرئيسية لحقول الآبار وإذا تم منه أي سحب للمياه آو تسرب أية ملوثات فانه من المحتمل أن يؤدي الى تأثير طويل المدى على كمية أو نوعية المياه المنتجة من الابار الحالية أو المستقبلية .

النطاق (3) (المنطقة الصفراء) : ما تبقى من مستجمع المياه الى الاعلى من حقل الابار حيث ان أي تنمية غير منظمة أو غير مخططة في هذه المنطقة قد تؤثر سلباً في المدى البعيد على الابار الحالية والمستقبلية في حقل الآبار .

النطاق (4) (المنطقة الزرقاء) : المنطقة بين حقل الآبار والساحل وهذا النطاق خاص بحقول الآبار الساحلية فقط اذ أن أي ضخ زائد في هذه المنطقة من المحتمل أن يتسبب في ازدياد تداخل المياه المالحة وبالتالي تهديد جودة مياهح حقل الابار

2- تصاريح الابار :

تنظر وزارة موارد المياه الى ترشيد استهلاك المياه على انه أمر جوهري وأساسي للمحافظة على الموارد المائية في البلاد . ففي عام 1990م تم إصدار القرار الوزاري رقم (90/2) بشأن لائحة أو تنظيم تسجيل الابار القائمة وإصدار تصاريح للآبار الجديدة التي تم التصريح بحفرها وتنص هذه اللائحة على ضرورة الحصول على تصريح مسبق من قبل الوزارة لإنشاء أو تعميق أو زيادة سعة أو صيانة أو استبدال بئر أو تركيب مضخة

كما شرعت الوزارة في عام 1992م بتنفيذ مشروع حصر الآبار في كافة أنحاء السلطنة ، ويهدف المشروع الى تقييم مصادر المياه الجوفية ونسبة المستخرج منها بهدف حماية الموارد المائية من أسباب التدهور والاستنزاف وترشيد استهلاك المياه وتحديد أولوية المناطق التي قد تتطلب اتخاذ إجراءات مساعدة لتنمية الموارد المائية .

3- المشروع الوطني لحصر الافلاج :

بدأ المشروع بحصر حوالي 4000 فلج في مارس عام 1997م وتتلخص أهداف المشروع في المهام التالية :

- تطوير قاعدة بيانات الافلاج وربطها بقاعدة بيانات مركزية .
- تحديد مواقع أمهات الافلاج بدقة ومواقع الآبار المساعدة وجمع بيانات عن خصائصها الطبيعية .
- أجراء مسح طبوغرافي لمنطقة مجرى الفلج والقنوات المساعدة وجمع بيانات عن خصائصها الطبيعية .
- تقييم حجم الطلب على المياه المتوفرة من الافلاج .
- وضع برنامج أولويات صيانة واصلاح الافلاج فقد قامت الوزارة بصيانة 1211فلجاً من عام 1991م الى عام 1998م وبيانها موضح في الجدول التالي :

المنطقة	عدد الافلاج
مسقط	40
الداخلية	248
الشرقية	230
الباطنة	413
الظاهرة	192
مسندم	41
الجبل الاخضر	45
ظفار	2
اجمالي حتى عام 1998م	1211

4- تعزيز المصادر المائية كإنشاء سدود التغذية الجوفية :

تم إنشاء العديد من سدود التغذية الجوفية في السلطنة وقد قامت وزارة موارد المياه بتشغيل 17 سداً والمنفذة خلال الفترة (1985م- 1996م) بسعة تخزينية إجماليه تقدر بأكثر من 56مليون م3 . وقد احتجزت هذه السدود منذ تشغيلها حوالي 437مليون م3 من المياه ، يفقد منها في البحر حوالي 260مليون م 3 ويختزن منها حوالي73مليون م 3 في سدود التغذية الجوفية وذلك لتغذية الخزان الجوفي بالمناطق الواقعة اسفل منها .ويمكن تلخيص كميات المياه المختزنة في بحيرات سدود التغذية الجوفية والمفقودة في البحر والصحراء بالمليون متر مكعب خلال الفترة من 1995م 1997م كالآتي :

السنة	المياه المختزنة في بحيرات سدود التغذية الجوفية	المياه المفقودة والتي عبرت مفائض سدود التغذية الجوفية	المياه المفقودة في البحر والصحراء من جميع أودية السلطنة بما فيها العابرة لمفائض السدود
1995م	80	100	255
1996م	57	30	640
1997م	131	234	970
المجموع	268	364	1865

كما بلغ اجمالي كمية المياه التي تدفقت الى بحيرات سدود التغذية الجوفية خلال الفترة من 6-11نوفمبر/2000م حوالي 10.393 مليون متر مكعب ، والجدول التالي يوضح كميات المياه المحتجزة في بعض سدود التغذية الجوفية خلال الفترة الآنفة الذكر :

اسم السد	الولاية	تاريخ الفيضان	كمية المياه المحتجزة بالمليون متر مكعب
سد وادي الفليج	بركاء	2000/11/7م	0.22
سد وادي الفليج	بركاء	2000/11/10م	2.345
سد وادي المعاول	بركاء	2000/11/10م	1.376
سد وادي الطو	بركاء	2000/11/10م	1.365
سد وادي الخوض	السيب	2000/11/10م	5.087

5- رفع كفاءة وترشيد استخدام موارد المياه وحمايتها :

تم إجراء ودراسة برامج ومشروعات تستهدف رفع الكفاءة الاقتصادية من وحدة المياه من مصادرها المختلفة والمستخدمة في الأغراض المختلفة ومن بين هذه السياسات المقترحة والمنفذة التالي :

أ- تحجيم زراعة الحشائش والاعلاف والزراعات الأخرى ذات الاستهلاك العالي للمياه وذلك من خلال نقل زراعات الحشائش التي تزيد عن 20 فداناً من منطقة الباطنة وصلالة الى المناطق الصحراوية والتي يتوفر بها مياه ضاربة للملوحة في النجد وحوض المسرات .

ب- تنفيذ المشروع التجريبي للعدادات : حيث بدأ تنفيذ المشروع في أغسطس عام 1993م وذلك باستخدام عدادات مياه لمتابعة مقدار كميات ونوعيات المياه التي تستهلكها المزارع من الآبار المختلفة ويهدف المشروع الى:

1) دراسة استهلاك المياه في المزارع الكبيرة ومقارنتها بالاحتياج الفعلي .
2) تقييم استخدام العدادات لقياس وضبط المياه .
3) دراسة الإنتاجية والعائد الاقتصادي للمتر المكعب من المياه المستخدمة في الزراعة.

6- شبكات القياس والرصد :

شبكة القياس والرصد تتمثل في مجموعة من نقاط المراقبة النوعية محكمة التوزيع بحسب الهدف منها وتشمل العمليات التي تتم على هذه الشبكة اخذ العينات والقياسات الميدانية لنوعية الماء وكذلك إحصاء لمختلف عوامل تغير النوعية ومسبباتها إضافة الى القيام بالتحاليل الهيدروكيميائية اللازمة .

وتنحصر الأهداف المرجوة من إقامة شبكة رصد المياه الجوفية فيما يلي :

- تحديد التبدلات الطبيعية في نوعية المياه الجوفية كأساس لمعرفة حدود أي تلوث .
- مراقبة التبدلات التي تطرأ على نوعية المياه الجوفية الناجمة عن مصادر تلوث مختلفة معروفة أو غير معروفة
- مراقبة نوعية المياه الجوفية من اجل استخدام محدد او من اجل حصر التلوث القائم في منطقة محددة .

- مراقبة نوعية المياه الجوفية لاكتساب الخبرة اللازمة للتنبؤ بإمكانية تلوث طبقـــة مائيـــة جوفية.

وفي هذا المجال قامت الوزارة بإنشاء العديد من شبكات القياس والرصد المائي فقـــد أنشـــئت الوزارة مايلي :

عدد181 محطات قياس الأودية.

عدد326 محطات قياس الأمطار .

عدد 2148 آبار المراقبة .

7 حماية نوعية المياه الجوفية :

تتمثل الإجراءات الممكن اتخاذها لحماية نوعية المياه الجوفية في صنفين من التدابير :

1- الإجراءات الوقائية والمتمثلة في مراقبة إلقاء الفواضل والمياه العادمة في مجـــاري الأوديـــة وكذلك مراقبة استثمار الطبقات الجوفية وفي هذا المجال تم اكتشاف العديد من الخزانـــات الجوفية في سلطنة عمان ومنها : حوض النجد في محافظة ظفار وحوض المسرات بمنطقـــة الظاهرة وحوض وادي البطحاء في المنطقة الشرقية . بالإضافة إلى اتخاذ إجراءات تشريعية تضبط حدود الملك المائي وكيفية تصريف الفواضل فيه .

2- الإجراءات العلاجية وهي تشريعية مثل المحافظة على المورد المائي وحماية البيئة وفنيـــة في جانب آخر مثل العمل على تحسين نوعية المياه والحد من طغيان المياه المالحة .

8- استغلال المياه الزائدة :

يؤدي هطول أمطار غزيرة في بعض المواسم الى جريان العديد من الأودية مما يؤدي الى ظـهور بعض الينابيع الصغيرة والى ارتفاع منسوب المياه في الافلاج وجريان الفائض منها الى بعـــض الاودية ولاجل استغلال هذه المياه فان أغلب الإجراءات التقنية التي يمكن اتخاذها هو التغذيـــة الاصطناعية للطبقات الجوفية الشبه الجافة وذلك بواسطة شحن فائض المياه السطحية المجلوبـــة من مناطق مجاورة عن طريق منشآت مائية يتم إعدادها لهذا الغرض كما يتم اســـتغلال الميـــاه الزائدة في استصلاح الاراضي الزراعية في المناطق الزراعية القريبة واستخدامها لري نباتـــات الزينة والحدائق الخاصة والعامة وتشجير الشوارع وتهدف هذه الطريقة الى :

1- تعزيز التغذية للطبقات الجوفية خاصة تلك التي تتعرض الى التبخر .

2- توفير قاعدة بيانات جيدة ومفيدة للدراسات المستقبلية المتعلقة بتنمية وتطوير الموارد المائية

ثالثاً : التثقيف و إشراك المجتمع في مجال رفع الوعي المائي :

تقوم الجهات الحكومية في سلطنة عمان بمتابعة قضايا المياه بتولي شؤون المحافظة على التوازن المائي وتوفير المياه اللازمة للأفراد والمؤسسات بالمحافظة وارشاد المواطنين وتعريفهم بان إهدار هذه الثروة يعد بمثابة سلب لحقوق الاخرين وان المحافظة على المياه مطلب وطني يقتضي التضحية والعزم والإدراك الموضوعي الواعي . ومن الأشياء التي أوجبت على المسؤولين والمواطنين على حد سواء الاهتمام بأمر المياه في ربوع السلطنة، الجفاف المصحوب بندرة المياه الجوفية والسطحية وشح المصادر المائية الأخرى . ومن هذا المنطلق فقد قامت سلطنة عمان بإنشاء وزارة موارد المياه وبالتحديد في شهر أكتوبر من عام 1989م بموجب المرسوم السلطاني رقم 89/100م وتختص هذه الوزارة بتنمية موارد المياه في السلطنة والحفاظ عليها واقتراح السياسات العامة بوضع خطة مياه طويلة الاجل تتفق وخطط وحجم التنمية الاقتصادية والاجتماعية في البلاد وتشمل أنشطة الوزارة في مجال التوعية والترشيد ما يلي :

- العمل مع وزارة التربية والتعليم لأدراج المزيد من المعلومات المتعلقة بموارد المياه في المناهج والكتب المقررة بالمدارس على طلاب المراحل الدراسية المختلفة .
- تنظيم المحاضرات للمواطنين والطلبة وأيضا عمل اجتماعات جمعيات المرأة .
- اطلاع كبار المسؤولين في كافة الدوائر الحكومية على موقف التلوث وخطورته .
- إصدار تقويمات سنوية تحمل شعار المحافظة على المياه وذلك لتوزيعها على المدارس والمكتبات الحكومية .
- الإعلانات التلفزيونية .
- المشاركة بالحضور في برامج التلفزيون والإذاعة .
- العمل على تضمين شعارات المحافظة على المياه في فواتير المياه .
- تشجيع القطاع الخاص على المشاركة في حملات التوعية . (طبع الشعارات على المظاريف التي تستعملها البنوك او على الزجاج الأمامي للسيارات او على بطاقات الجداول الدراسية للطلاب)
- الإعلانات الصحفية والاستفادة من الوسائل الإعلامية المختلفة المسموعة منها والمقروءة والمشاهدة .

وعلى الرغم من استمرار الحاجة إلى المزيد من الوعي بأهمية قضايا موارد المياه وضرورة إسهام كل المواطنين بلا استثناء إلا أننا على ثقة من نجاح حملة التوعية الحالية في إيجاد قاعدة عامة من استيعاب جدية الموقف لدى الجمهور ، بحيث يمكن البناء على القاعدة وتطويرها مستقبلاً .

الاستنتاجات :

1- يوجد بالسلطنة موارد مائية متعددة كافية يمكن من خلالها تنميتها واستثمارها الاستثمار الأمثل للحد من الفجوة المتزايدة بين الموارد المائية المتاحة والاحتياجات المائية المطلوبة .

2- يمثل الهطول المطري المصدر الرئيسي في السلطنة حيث تعتمد الموارد المائية التقليدية اعتمادا كليا على سقوط الأمطار في تغذية خزاناتها الجوفية .

التوصيات والمقترحات :

1- المياه ثروة وطنية محدودة الموارد ويجب تعزيزها واكتشاف المزيد منها وترشيد استخداماتها وحمايتها من الاستنزاف والتلوث .

2- وجوب تخطيط استغلال موارد المياه من قبل الدولة والمواطنين في إطار تنموي شامل يعكس قيمتها وتكلفتها الاقتصادية والاجتماعية وأهميتها للجميع .

3- ضرورة الاهتمام بوسائل التوعية والإرشاد عن طريق حث الجمهور على كيفية التعامل الأمثل مع موارد المياه بأسلوب حضاري ، وذلك من خلال دعوة أجهزة الإعلام وإدخال برامج خاصة ومستمرة لدعم الوعي وتعريفهم بأساليب التقنية الحديثة في الزراعة والصناعة وغيرها بحيث يكون لهذه البرامج دور واضح يوميا على الخريطة الإعلامية أسوة بالبرامج الرياضية .

4- دعم الوعي لدى المواطنين وتعريفهم بأساليب التقنية الحديثة في الزراعة والصناعة وغيرها بحيث يكون لهذه البرامج دور واضح يوميا على الخريطة الإعلامية .

5- ضرورة وجود خطة طويلة الأمد من أجل ضمان توفير الاحتياجات المائية المطلوبة للقطاعات السكانية والخدمية والإنتاجية .

الخاتمة :

يلاحظ إن الإنسان العماني يعيش واقعاً مائياً صعبا يحتم المحافظة على الموارد المائية والعمانية مهما تناثرت مصادرها وشحت كمياتها وانخفض عطاؤها . وهذا يعني ضرورة تطبيق مبدأ الاستهلاك الرشيد للمياه في جميع استخداماتنا للمياه لما له من دور فعال وأساسي في الخطط التي تنتهجها السلطنة لتنظيم وادارة الموارد المائية .

المراجع :

1- تنمية الموارد المائية في سلطنة عمان م.سليمان بن ناصر الاخزمي . وزارة موارد المياه 1999م .

2- الافلاج وصيناتها في سلطنة عمان دائرة الافلاج والآبار المساعدة . وزارة موارد المياه 1997م 0

3- جريدة عمان . العدد 1493الموافق 1997/11/18م

4- جريدة عمان . العدد 7117 الموافق 2000/11/26م

5- المشروع الوطني لحصر الآبار 1993م

6- مشروع حصر الافلاج 1997م

7- حماية المياه الجوفية من التلوث . د. أحمد ممو 1994م

8- الحماية البيئية للموارد المائية . المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة 1997/4م

التحليل العنصري والهيدروكيميائي لمياه عين أم خريسان بالأحساء، المنطقة الشرقية، المملكة العربية السعودية

أحمد عبدالقادر المهندس

التحليل العنصري والهيدروكيميائي لمياه عين أم خريسان بالإحساء ، المنطقة الشرقية ، المملكة العربية السعودية

إعداد أحمد عبد القادر المهندس

قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – جامعة الملك سعود

الرياض – المملكة العربية السعودية

الملخص

تعد عين أم خريسان إحدى عيون المياه الصغيرة في مدينة الإحساء بالمنطقة الشرقية ، المملكة العربية السعودية .

وتقع هذه العين ضمن متكون النيوجين الذي يتألف أساسا من مارل رملي ، وحجر جيري رملي ومارل . ويصل الماء إلى العين عبر الطبقات المتكسرة والمتشققة الواقعة أسفل صخور النيوجين . وقد تم تحديد التركيز العنصري لكل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والأنتيمون والباريوم والبورون والبروم والكروم والنحاس والخارصين ، وذلك باستخدام تقنية حث البلازما المزدوج . أما عنصري الزرنيخ والسيلينيوم ، فقد تم تحديدهما بالاستعانة بتقنية التنشيط النيوتروني . كما تم تحليل الكلوريد ومجموعات البايكربونات والكبريتات والعسر الكلي ، ومجموع الأملاح الذائبة ومجموعة النترات والفلوريد بطرق كيميائية أخرى .

وقد وجد أن مياه أم خريسان عالية التوصيل الكهربائي وعالية الملوحة ، كما أن قيمة الكلوريد لهذه المياه أعلى من القيم المسموح بها للمعايير العالمية . وتعد تراكيز مجموعة النترات والفلوريد لهذه المياه أعلى من الحدود المسموح بها عالميا . ولهذا فإن هذه المياه تعد غير صالحة للشرب وخاصة للأطفال . وتعكس القيمة المرتفعة لأيونات السيليكون التركيب الكيميائي لصخور خزان المياه الجوفي للعين والذي يتبع متكون النيوجين . كما أنه من المحتمل أن تكون عين أم خريسان ذات علاقة بنظام الصدوع المجاورة لطية الغوار المحدبة .

مفاتيح الكلمات : النيوجين – التنشيط النيوتروني – التركيز العنصري – مياه جوفية – السيليكون .

المقدمة

تقع عين أم خريسان في مدينة الإحساء ، في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية . وهي عين صغيرة تقع ضمن متكون النيوجين الذي يتألف أساسا من مارل رملي ، وحجر جيري رملي ، ومارل ، ولها خصائص الينابيع الارتوازية . ويصل الماء إلى العين عبر الطبقات المتكسرة والمتشققة الواقعة أسفل صخور النيوجين .

وتبعد مدينة الإحساء عن الرياض ، عاصمة المملكة العربية السعودية ، حوالي 300 كم ، وهي تتراوح في الارتفاع بين 130 —160 مترا عن سطح البحر (Job, 1978) .

ومناخ المنطقة الشرقية يتبع النطاق الجاف شبه الاستوائي للنصف الشمالي من الكرة الأرضية ، والإحساء بدورها تعد ذات مناخ صحراوي جاف ، (FAO/ UNESCO, 1977) . وهناك ما يربو على 160 عينا في الإحساء

(BRGM, 1975) ، يبلغ إجمالي الصرف فيها حوالي 10 أمتار مكعبة لكل ثانية .

وفيما تعد الإحساء أكبر منطقة مروية في المملكة العربية السعودية ، فإن المياه المستنبطة من العيون تستخدم في زراعة التمور ، والأرز ونبات الحلفاء (البرسيم) وبعض الخضراوات (BRGM, 1975) .

وتهدف هذه الورقة إلى تقويم نوعية المياه في عين أم خريسان ، ومن ثم النظر في صلاحيتها لأغراض الشرب والري .

المواد والطرق المستخدمة

درست المظاهر الجيولوجية في منطقة الإحساء أثناء خمس رحلات قام بها الباحث في السنوات 1982 و 1984 و 1986 و 1988م ،و 1998م .

أما عينات المياه لعين أم خريسان فقد حفظت في قناني بلاستيكية سعة كل منها لتران . وقد سبق لهذه القناني أن غسلت بالماء والصابون ، ثم شطفت بعينات ابتدائية من مياه العين نفسها وفي كل حالة ، أخذت من خمس إلى ست عينات كل على حدة ، ثم خلطت جميعها للحصول على عينة ممثلة للجميع من أجل التحليل .

أجري التحليل الكيميائي للعينات في معامل الخدمة التقنية Technical Service Laboratories في تورنتو/ كندا ، وذلك ببعد معالجتها بحمض النتريك شديد النقاء للحفاظ عليها .

وقد تم تحديد التركيز العنصري لكل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والأنتيمون والباريوم والبورون والبروم والكروم والنحاس واليود والرصاص والمنغنيز والنيكل والسيليكون والقصدير والفناديوم والخارصين ، وذلك باستخدام تقنية حث البلازما المزدوج Inductively Coupled Plasma (Moselhy et.al. 1978).

أما عنصري الزرنيخ والسيلينيوم ، فقد تم تحديدهما بالاستعانة بتقنية التنشيط النيوتروني Activation Technique Neutron (Morgan and Ehmann, 1971; Reeves and Brooks, 1978) . وهناك تحليلات أخرى لحساب كل من الكلوريد Cl، ومجموعة البايكربونات HC3 ، ومجموعة الكبريتات SO4 والتوصيل الكهربائي EC ، والعسر الكلي T. H. ، ومجموع الأملاح الذائبة T.D.S. ، والأس الهيدروجيني PH ، ولكنها أجريت على عينات أخرى مستقلة ومطابقة لها ، غير أنها لم تعالج بالحمض ، وإنما استخدم معها تلك الطريقة التي اقترحها Van Loon (1982م).

أما الفلوريد F ، ومجموعة النيترات NO3 ، فقد تم تحليلهما في معمل كلية الصيدلة في جامعة الملك سعود بالرياض ، وذلك خلال الساعات الأربع والعشرين الأولى من وقت جمع المياه ، وقد تم تحديدهما بالتحليل الطيفي للضوء Spectrophotometrically باستخدام حمض الدايسالفونيك Disulphonic Acid وصبغة الاليزارين الحمراء Alizarin Red-S والعامل المساعد الزيركون – الكلورايد الأوكسجيني على التوالي Zirconium-Oxychloride Regeant ، حيث قدرت النيترات على 410 ملم ، والفلورايد على 540 ملم باستخدام مطياف كلرل-زايس Carl-zeiss .

أما قياس درجة الحرارة في مياه العين ، فقد تم باستخدام مجس حراري وفي دقة تصل إلى خانة عشرية واحدة ، وكانت درجة الحرارة المقاسة حوالي 33.5 درجة مئوية .

الموقع الجيولوجي

تعد الإحساء واحدة من أكبر الواحات في العالم ، وهي تبعد حوالي 60 كم إلى الداخل من ساحل الخليج العربي ، إلى الغرب من صحراء الجافورة الرملية (Job, 1978) . كما وتقع بين صحراء هضبة الصمان الصخرية إلى الشرق ، والكثبان الرملية التي تغطي السهل المجاور في الغرب . وهي تعتمد على العيون الكارستية الكبيرة والواقعة على الحافة (الجرف) الشرقية لهضبة الصمان . وجبل القارة هو واحد من بقايا التعرية ، التي انعزلت تماما أمام حافة هضبة

الصمان (شكل 1) . وتقع عين أم خريسان (شكل 2) على بعد حوالي 2 كـــم إلى الجنـــوب الشرقي من جبل القارة الذي يعد من أشهر المعالم الجيولوجية بمنطقة الإحساء .

أما عن العيون ، فتلك التي في شمال الإحساء ، فقد نشأت على نظام فواصل وشـــقوق تمتـــد شمال- غرب ، في اتجاه مواز لطية غوار المحدبة والحاملة للنفط . وأما تلك التي في الشرق ، فقد نشأت على امتداد نظام صدعي يقطع الطية المحدبة على هيئة مستطيلات وخطوط متعـــامدة . ومن حيث منطقة العيون ، فهي تشكل سطح طبقة من حجر الجير المارلي ، شديدة الكارستية ، يفترض في أصلها أنها تعود إلى البليوسين ، حيث تصريف العيون يتم عبر كهوف محلوليـة ، وأنابيب كارستية . (Job, 1978) .

ولقد لخصت المعالم الجيولوجية وخصائص خزانات المياه الجوفية في منطقة الإحساء في جـدول (1) ، (Powers et.al, 1966) ، علما أن متكون النيوجين هو النظام الهدروجيولوجي الرئيـــس الذي يغذي عيون الإحساء بالمياه (El Khatib, 1980) . كما يلخص الشكل (3) جيولوجيـــة منطقة الإحساء .

النتائج والمناقشة

يذيب الماء أيونات مختلفة خلال حركته وملامسته للصخور والتربة . وهذه الأيونات هي الـتي تقرر صلاحية الماء لأغراض الشرب والري . والماء قد يصبح مؤذيا إذا تجاوزت عناصر معينـة في قيمتها ، الحدود المفروضة . إن مجموع الأملاح الذائبة (T.D.S.) والأس الهيدروجيـني PH ، ومجموعة النترات NO3 ، والفلوريد يمكن اعتبارها المعاملات الرئيسة التي تحكم وتضبط النوعية الكيميائية لمياه الشرب .

ويوضح الشكل رقم (4) متوسط توزيع العناصر والأيونات في مصادر المياه على مستوى العالم (Montgomery, 1985) . وعلى سبيل المثال فإن عنصر الكلوريد يكون تركيزه أقل مـــن 50 جزء في المليون في حوالي 80 % من عينات المياه في العالم .

إن وجود العناصر المختلفة في مصادر المياه يأتي غالبا نتيجة للتفاعلات الكيميائية التي تتم بـين المياه والصخور أو التربة المحيطة بهذه المياه .

ومن المعروف أن هناك علاقة وثيقة بين ما يستهلكه الإنسان من الفلوريد وصحة الإنســـان . وقد وضعت مواصفات مياه الشرب حدودا معينة لتركيز الفلوريد في المياه تتناسب مع كميـــة المياه التي يستهلكها الإنسان خلال فصول السنة المختلفة .

وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الكلوريد والكبريتات وعناصر ثانوية أخرى ، وخاصة بعض العناصر السامة ، تلعب دورا هاما جدا في تحديد صلاحية المياه للشرب والري . كما أن مجموع الأملاح الذائبة تؤثر على نوعية المياه من حيث الطعم وتأثيرا ت ثانوية أخرى.

إن كيمياء المياه قد تلعب دورا صغيرا في التأثير على أوعية القلب الدموية ، على الرغم من أن العامل المسبب والأكيد لم يتم تحديده بعد (Montgomery, 1985) . وبناء على تقديرات قامت بها منظمة الصحة العالمية (WHO) فإن أكثر من 80 % من الأمراض في العالم مرتبطة بالمياه .

ويوضح جدول (2) ، التحاليل الكيميائية لمياه عين أم خريسان ،وقد قورنت تراكيز الأيونات والعناصر لها بالحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية(WHO) عام 1971م ، والأكاديمية الوطنية للعلوم والهندسة NASNAE عام 1972 فوجد أن التراكيز العالية للعسر الكلي ومجموع الأملاح الذائبة العالية ، قد تشير أيضا إلى الجفاف الحاد في المنطقة .

إن مياه عين أم خريسان هي متعادلة تقريبا في خصائصها ، عالية التوصيل الكهربائي وعالية الملوحة . أما قيمة الكلوريد لهذه المياه،فهي أعلى من القيم المسموح بها للمعايير العالمية (WHO 1971,) (1972,NASNAE).

ويوضح جدول 3 تركيز العناصر الثانوية والنزرة . إن تراكيز كل من اليود والرصاص والمنغنيز والموليبدنيوم والنيكل والقصدير ، والفناديوم والخارصين والزرنيخ والباريوم والبورون والبروم والكادميوم والكروم والكوبالت والنحاس والسلينيوم ، تقع جميعا ضمن الحدود القصوى المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية 1971م . غير أن تراكيز كل من مجموعة النيترات NO3 والفلوريد F لهذه المياه تعد أعلى من الحدود المسموح بها عالميا .

إن ارتفاع تركيز النيترات نسبيا يدل على تلوث من مواد عضوية كالأسمدة الزراعية المستخدمة بالقرب من العين ، أو على نشاط بيولوجي للبكتيريا المثبتة للنيتروجين . إن مثل هذه المياه قد تسبب المرض ، وخاصة تهيج مجاري الجهاز الهضمي والأمعاء والمثانة . إن مستوى الفلوريد يجب أن لا يتجاوز المستوى الأمثل و هو بين 0.5 –1 جزء بالمليون (McClure, 1962; Murray, 1976) . إن المياه التي تحتوي على الفلوريدات في تركيز هو أعلى من 1,5 جزء بالمليون تعد مؤذية للأطفال ، ولهذا ، فإن مياه هذه العين يجب أن لا تستخدم لأغراض الشرب.

أما عن تصنيف مياه هذه العين واستعمالاتها فيمكن اختبارها باستخدام صيغة نسبة إدمصـــاص الصوديوم

Sodium Adsorption Ratio(SAR) كالتالي :

جدول 2 – التحاليل الكيميائية لمياه عين أم خريسان بالإحساء ، المنطقة الشرقية

(جزء بالمليون)

الأيونات	التركيز أو القيمة	الحدود القصوى المسموح بها منظمة الصحة العالمية	الأكاديمية الوطنيةNASNAE
صوديوم	600	–	–
بوتاسيوم	44	–	–
كالسيوم	180	200	–
ماغنسيوم	110	150	–
كلوريد	984	600	250
كبريتات	202	400	250
بيكربونات	427	–	–
نيترات	48	45	–
الأس الهيدروجيني	7,1	9,2-6,5	–
العسر الكلي	1680	–	–
التوصيل الكهربائي mhos/cm	1735	–	–
مجموع الأملاح الذائبة	3060	1500	1500

النسبة المئوية للكاتيونات والأنيونات (متوسط 6 عينات)

الصوديوم	57.67	الكلور	58.64
البوتاسيوم	2.48	الكالسيوم	19.85
المغنيســـيوم	20.00	الكبريتـــات	26.57

جدول 3– التركيز العنصري (جزء بالمليون) لمياه عين أم خريسان بالإحساء ،

العنصر	التركيز	الحدود القصوى المسموح بها	
		منظمة الصحة العالمية	الأكاديمية الوطنيةNASNAE
الأنتيمون	0.04	–	–
الزرنيخ	0.01	0.05	0.01
باريوم	0.01	–	1.0
بورون	0.68	–	–
بروميد	0.01	–	–
كادميوم	0.001	0.01	0.01
كروم	0.003	–	0.50
كوبالت	0.01	–	–
نحاس	0.01	–	–
فلوريد	1.6	0.8	–
يود	0.01	–	–
رصاص	0.10	0.05	0.05
منجنيز	0.003	0.50	–
ملبدنيوم	0.10	–	–
نيكل	0.05	–	–
سيلينيوم	0.01	0.01	0.01
سيليكون	34	–	–
قصدير	0.07	–	–
فاناديوم	0.01	–	–
زنك	0.82	15	5

$$S.A.R. = \frac{Na+}{\sqrt{\frac{Ca++ + Mg++}{2}}}$$

حيث أن أيونات الصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم تمثل التراكيز مأخوذة بالمكافئ/لـــتر (Wilcox, 1955) .

إن مياه عين أم خريسان يمكن تصنيفها على أنها مياه مالحة مع مخاطر متوسطة لتأثير الصوديوم

إن مثل هذه المياه يجب أن تستخدم فقط في تربة ذات نفاذية متوسطة إلى جيدة . إن الغسل المنتظم ضروري لمنع ملوحة أكيدة ، كما يجب اختيار نباتات ذات تحمل بين جيد إلى متوسط للأملاح .

إن القيم المرتفعة لأيونات السيليكون تعكس التركيب الكيميائي لصخور خزان المياه الجوفي للعين والذي يتبع متكون النيوجين . و يشير التركيب الهيدوكيميائي لعين أم خريسان إلى أصل قاري حسب المعادلة :

$$\frac{r(Na-Cl)}{r\,SO_4} < 1 \quad \text{(Ovitchinicov, 1963)}$$

وهي أيضا من أصل سماوي لمياه عميقة التشرب حسب المعادلة

$$\frac{r(K+Na)-Cl}{r\,SO_4} < 1 \quad \text{(Ovitchinicov, 1963)}$$

وهذا يدل على أن هذه المياه قد حللت الصخور من أعلى ثم تعمقت متخللة في الطبقات الصخرية خلال شقوقها ومساماتها .

إن عين أم خريسان هي واحدة من عيون الإحساء التي من المحتمل أن تكون ذات علاقة بنظام الصدوع المجاورة لطية الغوار المحدبة .

References

Bureau de Recherches, Geologiques of Minieres (BRGM), 1975. Hydrogeological Investigation of the Neogene Aquifer in the Eastern Province of Saudi Arabia, Interim Report, 27pp.

Bureau De Recherches Geologique and Minieres, 1977. Groundwater Resources Study and Management Programme of Al Hasa Area, 57 pp.

El-Khatib, A.B. 1980, Seven Green Spikes: Water and Agricultural Development, 2nd ed. Ministry of Agriculture and Water, Saudi Arabia, 362 pp.

FAO, UNESCO, 1977, Crop Water Requirements, FAO, Rome, 144 pp.

Job, C. 1978, Hydrochemical investigations in the areas of Al Qatif and Al Hasa with some remarks on water samples from Wadi Al Miyah and Wadi As Sahba near hardh, In: Al Sayari, S.S. and Zotl, J.G., ed., Quaternary-Period in Saudi Arabia: Vienna-New York, Springer-Verlag, 93-135.

McClure, F.J. 1982, Fluoride in drinking water. Textbook Public Health Service Publication 825, Washington D.C. USA, 83 pp.

Montgomery, J.M., 1985. Water Treatment Principles and Design, Consulting Engineers, Inc., John Wiley & Sons, 373 pp.

Morgan J.W. and Ehmann, W.D. 1971. 41 Mev neutron activation analysis of rocks and meteorites, In: Activation Analysis in Geochemistry and Cosmochemistry, A.O. Brunfelt and E. Steinnes, Eds., Copenhagen, Denmark, Scandinavian University Books, 468 p.

Moselhy, M.M. Boomer, D.W., Bishop, J.N., Diosady, P.L. and Howlett, A.D. 1978, Canadian Journal of Spectrosscopy 23, No. 6, 186 p.

Murray, J.J., 1976. Fluorides in Caries Prevention (John Wiley and Sons Ltd., 1st Edition, 179 p.

National Academy of Science and National Academy of Engineering, 1972, Water quality criteria, Report prepared by the committee of Water Criteria at the request of USEPA, Washington, D.C., 594 p.

Ovitchinicov, A.M. 1963, Mineral Waters, Gosgeoletizdat Moscow, 375 pp. (in Russian).

Powers, R.W., Ramirez, L.F. Redmond C.D. and Elberg, E.L. 1966, Geology of the Arabian Peninsula, Sedimentary Geology of the Arabia. U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 560-D, New York, 147 p.

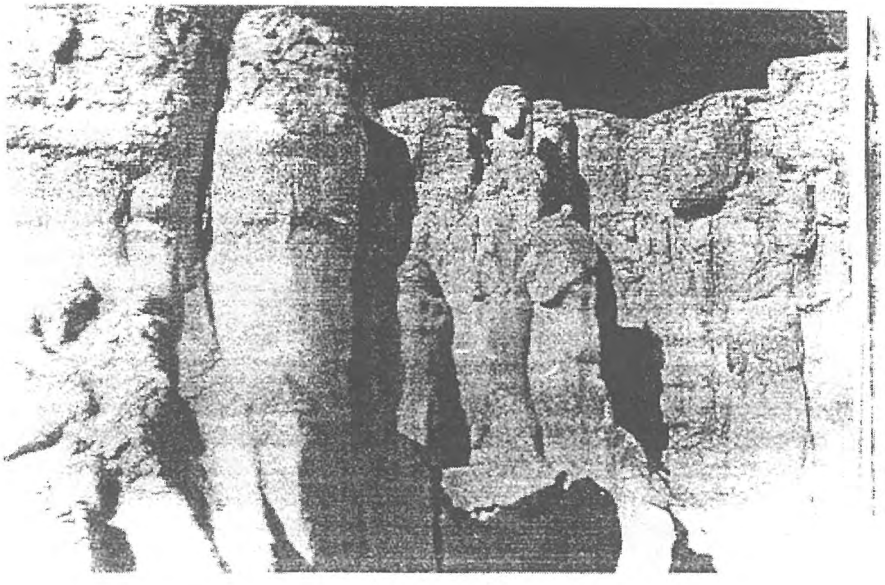
Reeves, R. D. and Brooks, R.R., 1978, Trace Element Analysis of Geological Materials, John Wiley, New York, 421 p.

Van Loon, J.C., 1982, Chemical Analysis of Inorganic Constituents of Water, CRC Press, Inc., Florida, U.S.A., 300 P.

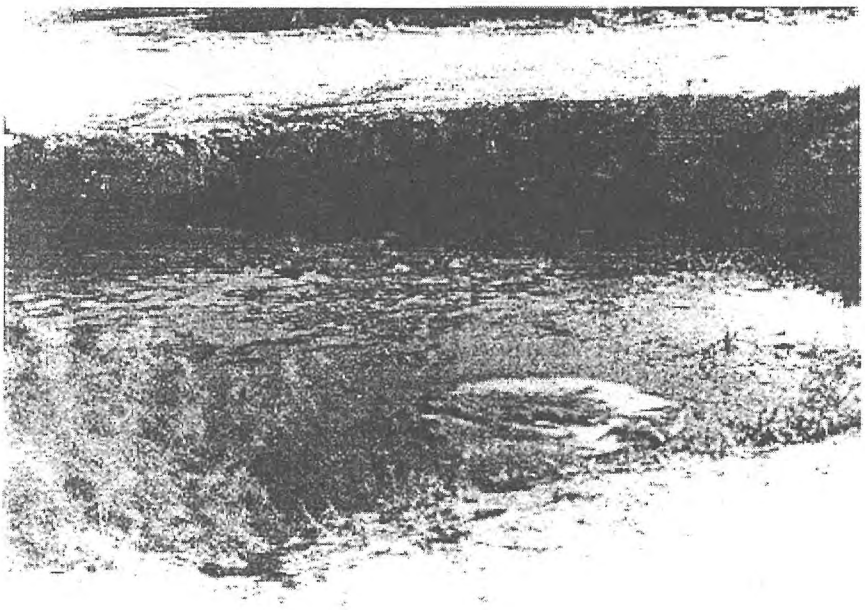
Wilcox, L.V. 1955, Classification and use of irrigation waters, U.S. Geol. Survey, Department of Agriculture, Washington, D.C., Circular No. 969, 19 p.
World Health Organization, 1971, International Standards for Drinking Water, 3rd edition , Geneva, Switzerland, 70 p.

جدول 1 : طبقية الخزانات الجوفية في الإحساء ، المنطقة الشرقية ، المملكة العربية السعودية

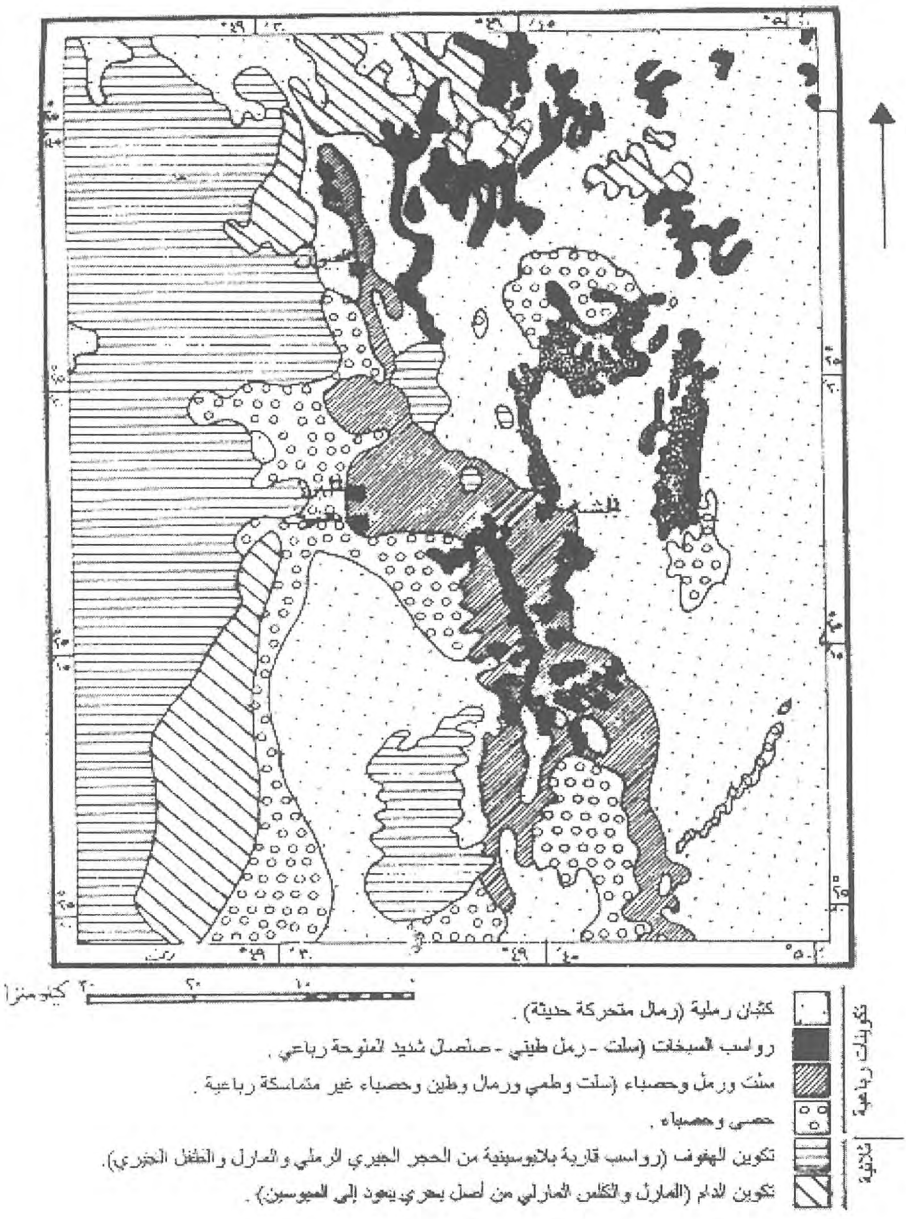
	العمر		المتكون	وصف عام لنوعية الصخور	السمك (م)
	الثلاثي والرباعي		رواسب سطحية	حصى ورمل وغرين	
الحقب الحديث	ميوسين وبليوسين	لوتيتيان يبريسيان تاناتيان مونتيان ؟-؟-؟-؟- ماسترختيان كامبانيان	الهفوف	مارل رملي وحجر جيري رملي ؛ حجر رملي ثانوي ، طبقات محلية من الحصى في الجزء السفلي	95
			الدام	مارل وطفل ؛ حجر رمل ثانوي وحجر جير طباشيري وكوكينا	91
			الهدروخ	حجر رمل جيري وغريني ، وحجر جير رملي ؛ وظر محلي	84
	أيوسين		الدمام	حجر جير ، ودولومايت ، ومارل وطفل	33
	باليوسين		الرس	مارل وحجر جير طباشيري وجبس ؛ شيوع في الظر والكوارتز الجيودي في الجزء السفلي وسيادة في الأنهدرايت تحت السطح	56
			أم الرضومة	حجر جير ، حجر جير دولوميتي	243
الحقب المتوسط	الكريتاسي العلوي	؟-؟ سطح لا توافق العرمة	-؟- مخالف محتمل -؟-؟-؟ حجر جير ؛ ثانوي ، وطفل ، يتدرج الجزء السفلي نحو الحجر الرملي ، في المناطق الشمالية الغربية والجنوبية من المكشف .	142	
		تورونيان سينومانيان	الوسيع ،(حجر رمل سكاكا)	حجر رملي ؛ طفل ثانوي ، عدسات دولوماتية نادرة .	42



شكل رقم 1 : جبل القارة بالقرب من عين أم خريسان



شكل رقم 2 : عين أم خريسان

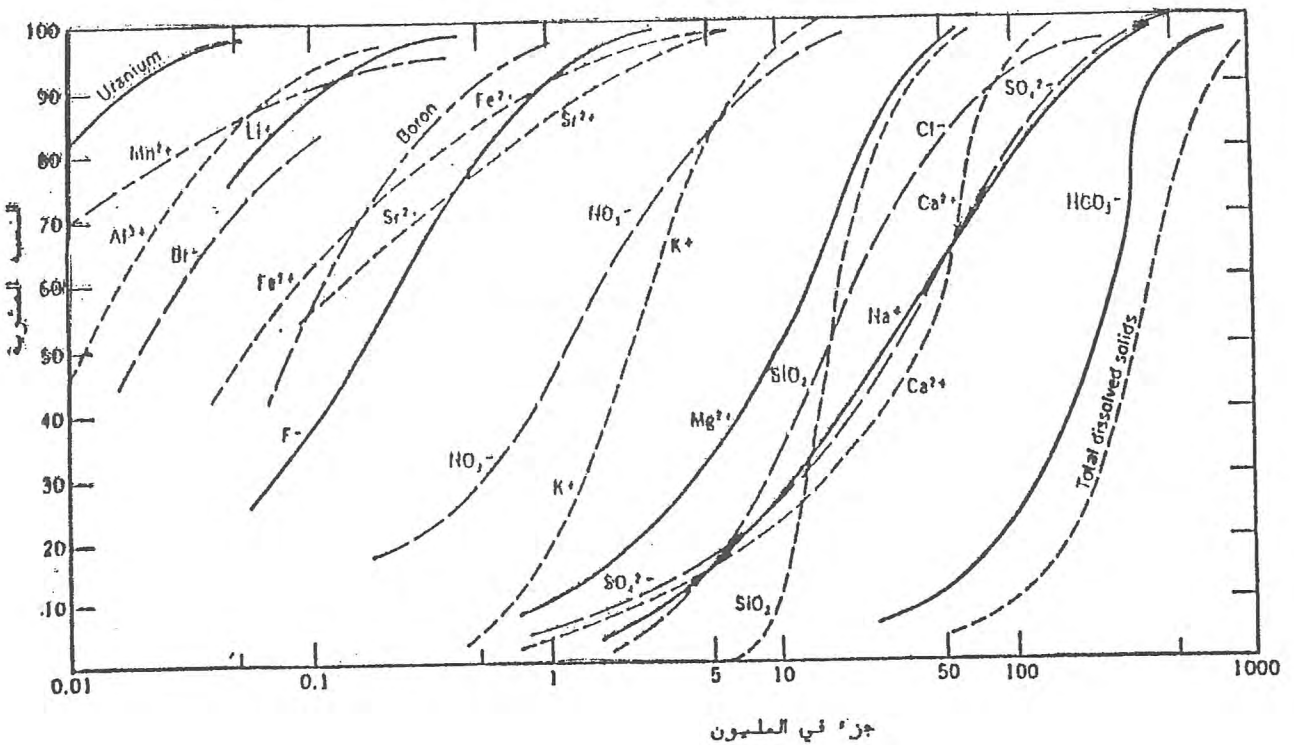


شكل رقم : جولوجية واحة الأحساء

المصدر : – U.S. Geological Survery ; Map 1-208-A

وزارة البترول والثروة المعدنية الرياض خريطة جولوجية ج م 208أ 1399هـ

شكل رقم ٤ : توزيع تركيز الأيونات والمكونات المختلفة في مصادر المياه في العالم (Montgomery, 1985) .



إدارة الموارد المائية غير المتجددة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد على مثال جنوب سورية

أحمد بلال، أسامة عمار

إدارة الموارد المائية غير المتجددة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد على مثال جنوب ســـورية

أحمد بلال* وأسامة عمار**

* – قسم الجيولوجيا ـ كلية العلوم ـ جامعة دمشق. ص.ب 9487 دمشق ـ ســورية .

**– الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ص.ب 12586 دمشق ســورية .

ملخــص :

يثير تعبير الموارد المائية غير المتجددة جدالات بين المختصين لأنه لا يوجد عمليـــاً أي نظـام معزول كلياً بفعل العوامل التكتونية والليتولوجية. من هنا يفضل استخدام اصطلاح مياه ضعيفة التجدد بدلاً من مياه غير متجددة وهو ما يحدد مفهوم المياه غير المتجددة. يهتم هذا البحـث بمنطقة جنوب سورية وخاصة حوض اليرموك والجزء الجنوبي من بردى والأعوج حيـث تنتشر بركنة كثيفة تعود للثلاثي والرباعي بسماكات تتراوح من 50 1350 مـتراً. حيـث تتغذى المياه الجوفية من الهطولات المطرية على جبال الحرمون وجبل العرب. تشير التحـاليل النظائرية إلى أن عمر المياه الجوفية يزيد عن 14000 سنة في حين أن عمر أحدث التشكيلات البازلتية لا يزيد عن 4000 سنة. وقد سمحت الدراسات التي أجريناها بطرق الاستشعار عن بعد بوجود مجموعة من الفوالق تمتد من منطقة التغذية في الشرق نحو الجنوب الغربي. وباســتخدام المجالات الحرارية، للصور الفضائية لاندسات TM، أمكن البرهنة على وجود نطاقات فالقيـة مشبعة بالمياه صيفاً مما يشير إلى جريان من منطقة التغذية، وتأكد ذلك من خـلال الينـابيع المتدفقة في بعض المواقع في الجنوب الغربي. وهكذا أمكن تحديد العديد من مواقع الأمل علـى امتداد نطاقات الفوالق هذه وأكدت الدراسات الجيوفيزيائية وجود المياه ، المختلفة عن الميـاه غير المتجددة في الصخور البازلتية، والتي يمكن استثمارها قبل ضياعها. هذه الطرق التي تعتمد الصورة الفضائية تشكل أداة هامة للتمييز بين المياه المتجددة من خلال الموديل المقترح وتسمح أيضاً عبر المخططات العديدة التي يتم إنشاؤها والتي تعتمد التحليل اللوني بتحديد مواقع الأمـل للمياه واســتثمارها. وهي تشكل نقلة هامة في إدارة المـوارد المائيـة السـطحية والجوفيـة والتي تحتاجها بلداننا العربية للحفاظ على أمنها المائي.

كلمات مفتاح: استشـعار عن بعـد، إدارة المـوارد المائيـة، ســورية.

1- مقدمة:

تعتبر مشاكل المياه من أهم تحديات القرن الحادي والعشرين مما يجعل إدارتها وحسن استثمارها من أولويات اهتمامات الشعوب والحكومات وخاصة البلدان العربية (كليمينكو 1974، محمد أحمد 1986، ACSAD 1993,Saad 1993a,b, Khouri and Droubi 1990). تشكل تطبيقات الاستشعار عن بعد إحدى أهم الوسائل الناجعة في هذا المجال (Khouri et al. 1995, Bilal et al. 2000 a,b, Albergel and Selmt 1997, Rossi 1997, Bilal et al. 2000 a,b,)، وذلك عبر مجموعة من الطرق التي تستخدم التحليل البصري، الصور فضائية، التحليل الراداري والنماذج الرقمية (Lefebre et al.1981 1984, Rudant et al. 1988, Ichoku and Chorowicz 1994, Sykioti et al.1996,Chorowicz and Fabre 1997) لوضع مجموعة من المخططات الهامة وخاصة القسمات الخطية والتغذية (Kats 1986,87, Parizek 1975، موجانيف 1988، Bilal et Ammar 2000a,b).

يستخدم مصطلح المياه غير المتجددة للدلالة على المياه الجوفية ضعيفة التجدد إذ أنه وبسبب الظروف الليتولوجية والبنيوية للخزانات الجوفية فإنه من الصعب وجود عزل كامل لهذه الخزانات بينها وبين خزانات جوفية أخرى مما يبقي أثراً للتبادل في هذه الخزانات مهما كانت شروط التخزين محكمة.

تهدف هذه الدراسة للتمييز بين المياه المتجددة وتلك التي تغذى بالهطولات في جنوب سورية التي تعتبر من المناطق ذات المياه ضعيفة التجدد. إذ دلت التحاليل النظائرية على عمر للمياه يزيد عن 14000 سنه (Ammar 1993) في الوقت الذي لا تتجاوز أعمار بعض صخور الصبات البازلتية في المنطقة 4000 سنة وهذا ما دفع الى اتخاذ إجراءات إدارية بتشريع حفر الآبار لاستثمار المياه في هذه المنطقة حفاظاً على الثروة المائية من الاستنزاف .

2- منطقة الدراسة:

تمثل منطقة الدراسة الجزء الجنوبي من سورية والتي تمتد بين خطي العرض ´22 °30 - °34 وخطي الطول ´40 °35 - °38 (شكل 1A,B) وتشمل حوض اليرموك والجزء الجنوبي من حوض بردى والأعوج. تتغذى الطبقات المائية فيها من الهطولات على جبال الحرمون وجبل العرب. تتغطى المنطقة بالصخور البازلتية العائدة للنيوجين والرباعي المتوضعة فوق رسوبات الباليوجين (شكل 1 C)، وتتراوح سماكة البازلت في المنطقة من 50متراً إلى 1350 متراً في مركز

منخفض جبل العرب (شكل1 D)، بينما تغطي رسوبيات الرباعي شمال المنطقة وتتكشف تشكيلات الحقب الثاني في جبال لبنان الشرقية والحرمون شمال غرب منطقة الدراسة. تبدو المنطقة مستقرة بنيوياً وخلا بعض الشقوق مختلفة الاتجاهات، كما تشير الخريطة الجيولوجية التقليدية، فإن التشوهات التكتونية بسيطة على خلاف ما تظهره الصور الفضائية. إذ تظهر هذه الأخيرة أن هناك تنوعاً ليتولوجياً وبنيوياً هاماً وذلك من خلال تحليل عناصر الصورة الفضائية.

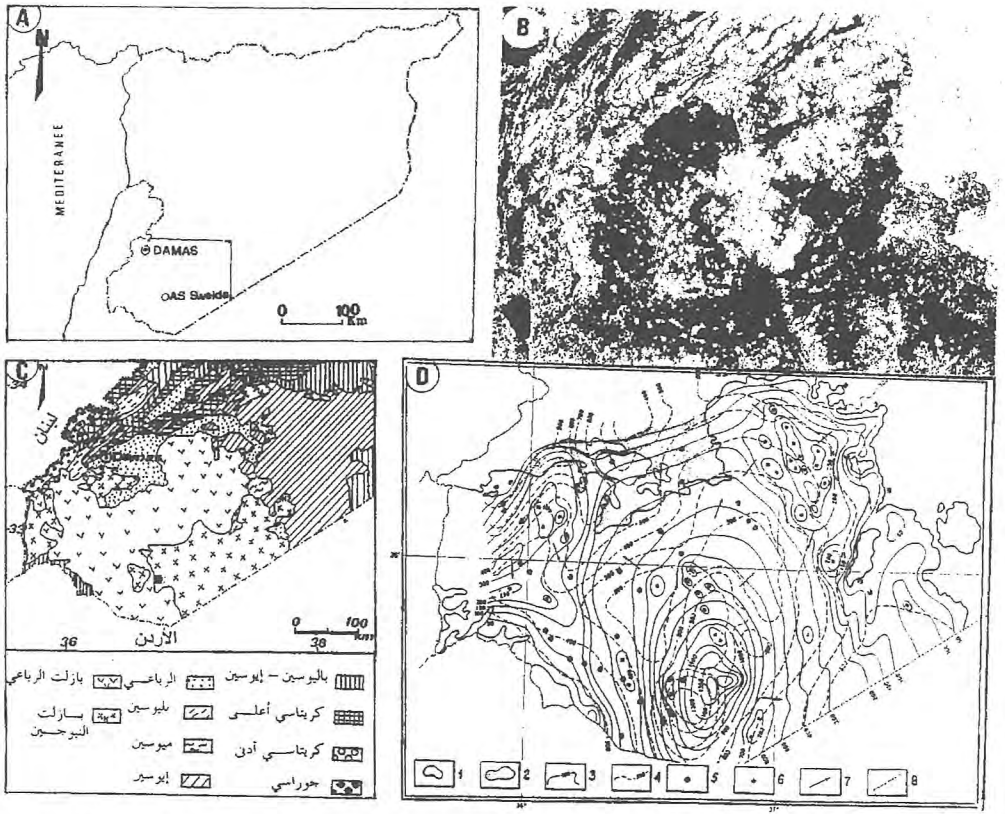
3 منهجية الدراسة :

تتشكل الصورة الفضائية مهما كان نوعها من عنصرين أساسين هما الألوان والرسوم الدالة. فالألوان سواء كانت بين الأبيض والأسود أم من الألوان المركبة فإنها تعكس تفاعل الأجسام على سطح الأرض مع أشعة الشمس. فكل جسم يتميز بقدرة امتصاص معينة لأشعة الشمس ويعكس جزءاً منها وهذه الخاصة تدعى بالبصمة الطبيعية.تتميز الأجسام عن بعضها البعض بهذه البصمة،وقد تختلف هذه الخاصة في الجسم الواحد بتغير ظروفه وخصائصه.فزيادة رطوبة جسم ما تزيد في قدرته على امتصاص الأشعة وتقل بالتالي كمية الأشعة المنعكسة ويميل لونه إلى القتامة على الصورة الفضائية.أما الرسوم فتعبر عن بنية الأجسام المدروسة(شكل،بنية،نمو ض، انخفاض،حدود فاصلة)وعلاقتها مع بعضها البعض (سادوف وآخرون 1985،فيريشكا 1990).

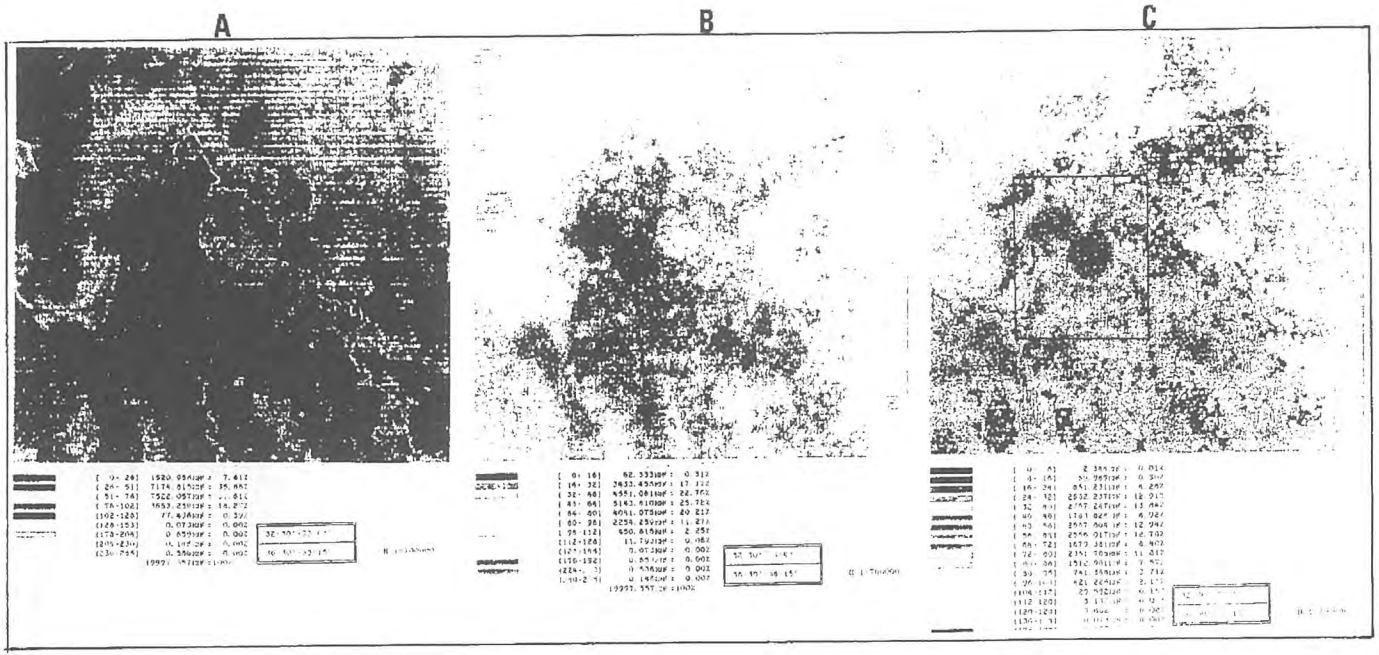
4 الدراسات المنفذة:

استخدمت في هذه الدراسة طرق متعددة ومتكاملة أداتها الأساسية الصورة الفضائية التي درست عناصرها جميعاً والتي سمحت بوضع عدد من المخططات النوعية المترابطة والمتكاملة التي تقود إلى الهدف المحدد للدراسة وهو التمييز بين المياه المتجددة والمياه القديمة (المستحاثية) ويمكن تحديد هذه المخططات كالتالي:

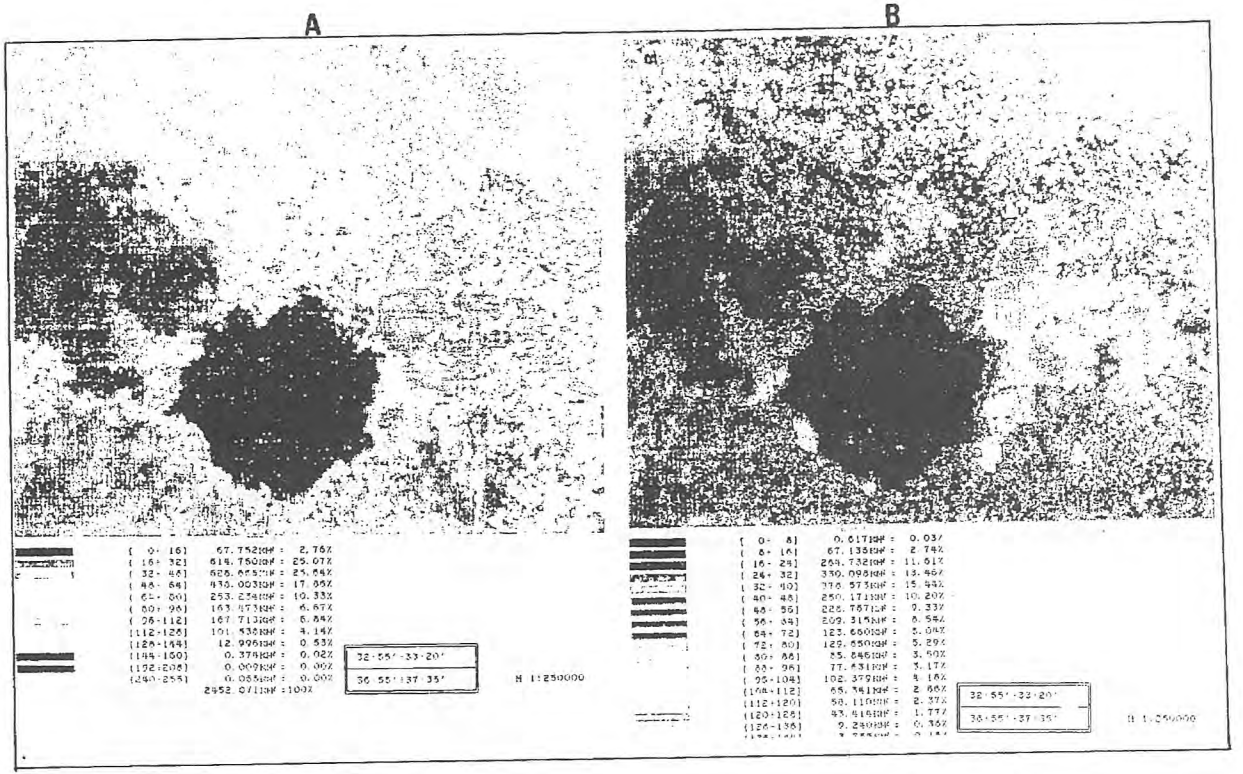
- مخطط الشواذات اللونية.
- مخطط عقد تقاطع القسمات الخطية.
- المخطط التكتوني.
- مخطط الأمل الأولي لتواجد المياه الجوفية المتجددة.



شكل-1- مخطط لسورية يوضح منطقة الدراسة (A) وصورتها الفضائية MK روسية لعام 1990 (B) والتكشفات الجيولوجية حسب بونيكاروف 1967 (C) وخطوط تساوي السماكة للبازلت (D) .



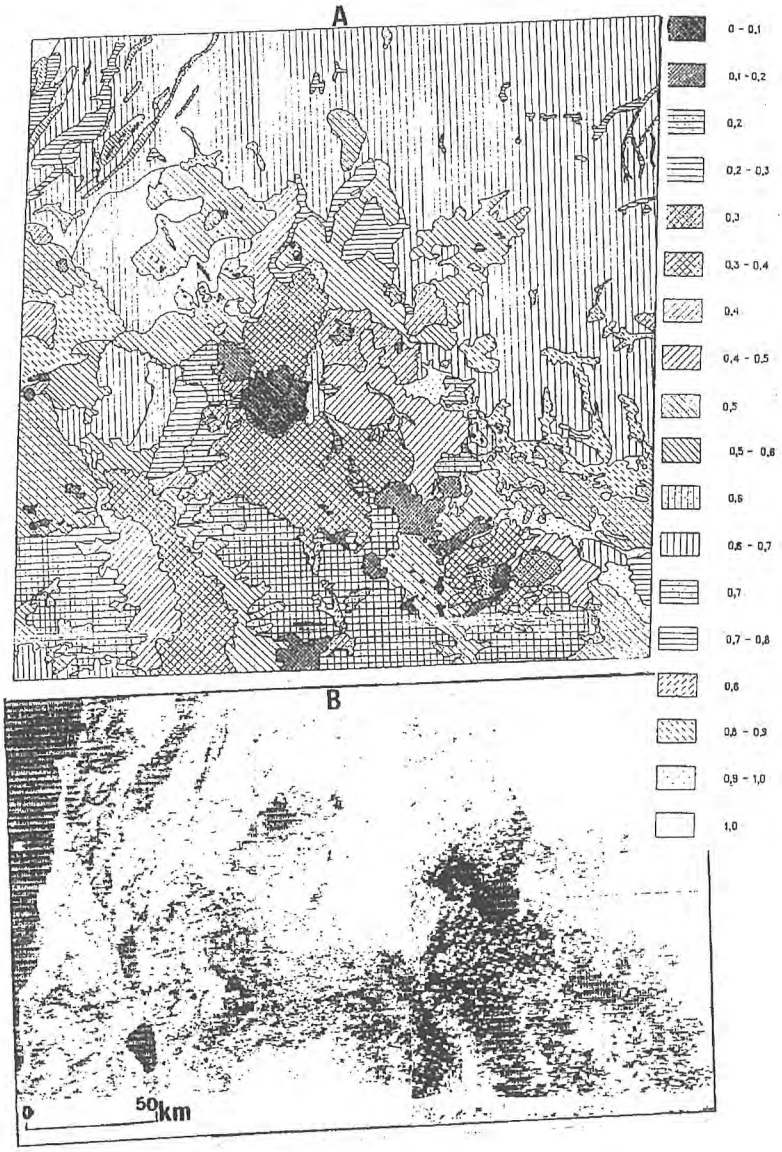
شـــكل-2- المخطط اللوني لمنطقة الدراسة مقسماً إلى ثمانية مجالات متدرجة (A) وستة عشر مجالاً (B) واثنين وثلاثين مجالاً (C).



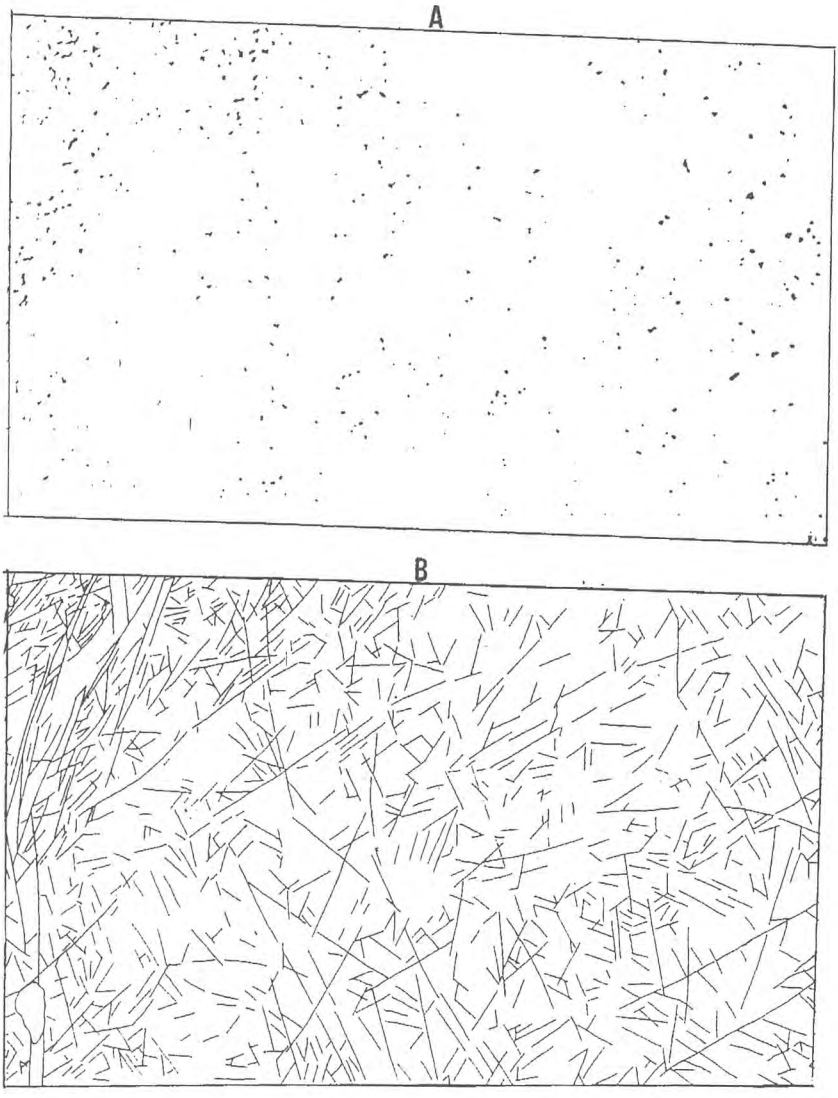
شـــكل–3– مثال لمعالجة لونية تفصيلية للأجسام المحصورة ضمن الإطار في الشكل 2C (A) ونفس الصورة معالجة بشكل آخر (B).

نتائج التحليل اللوني باستخدام الحاسب									التفسير البصري	
رقم المجال	المجال	المساحة %	رقم المجال	المجال	المساحة %	رقم المجال	المجال	المساحة %	رقم المجال	المجال
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8 – 0	0.01	1	16 – 0	0.31	1	26 – 0	7.61	1	0.1 – 0
2	16 – 8	0.30							2	0.2 – 0.1
3	24 – 16	4.26	2	32 – 16	17.17				3	0.2
4	32 – 24	12.91				2	51 – 26	35.88	4	0.3 – 0.2
5	40 – 32	13.84	3	48 – 32	22.76				5	0.3
6	48 – 40	8.92							6	0.4 – 0.3
7	56 – 48	12.94	4	64 – 48	25.72	3	76 – 51	37.61	7	0.4
8	64 – 56	12.78							8	0.5 – 0.4
9	72 – 64	8.40	5	80 – 64	20.21				9	0.5
10	80 – 72	11.81				4	102 – 76	18.27	10	0.6 – 0.5
11	88 – 80	7.57	6	96 – 80	11.27				11	0.6
12	96 – 88	3.71							12	0.7-0.6
13	104 – 96	2.11	7	112 – 96	2.25	5	128 – 102	0.39	13	0.7
14	112 – 104	0.15							14	0.8 – 0.7
15	120 – 112	0.04	8	128 – 112	0.06				15	0.8
16	128 – 120	0.02							16	0.9 – 0.8
17	136 – 128	---	9	144 – 128	---	6	153 – 128	---	17	0.9
18	144 – 136	---							---	0.10 – 0.9
19	152 – 144	---	10	160 – 144	---				---	---
20	160 – 152	---				7	179 – 153	---	---	---
21	168 – 160	---	11	176 – 160	---					---
22	176 – 168	---								
192 – 176	184 – 176	---	12		---	8	204 – 179	---	---	---
24	192 – 184	---								
25	200 – 192	---	13	208 – 192	---					
26	208 – 200	---				9	230 – 204			
27	216 – 208	---	14	224 – 208	---					
28	224 – 216	---								
29	232 – 224	---	15	240 – 224	---					
30	240 – 232	---				10	256 - 230	---	---	---
31	248 – 240	---	16	256 - 240	---					
32	256 - 248	---								

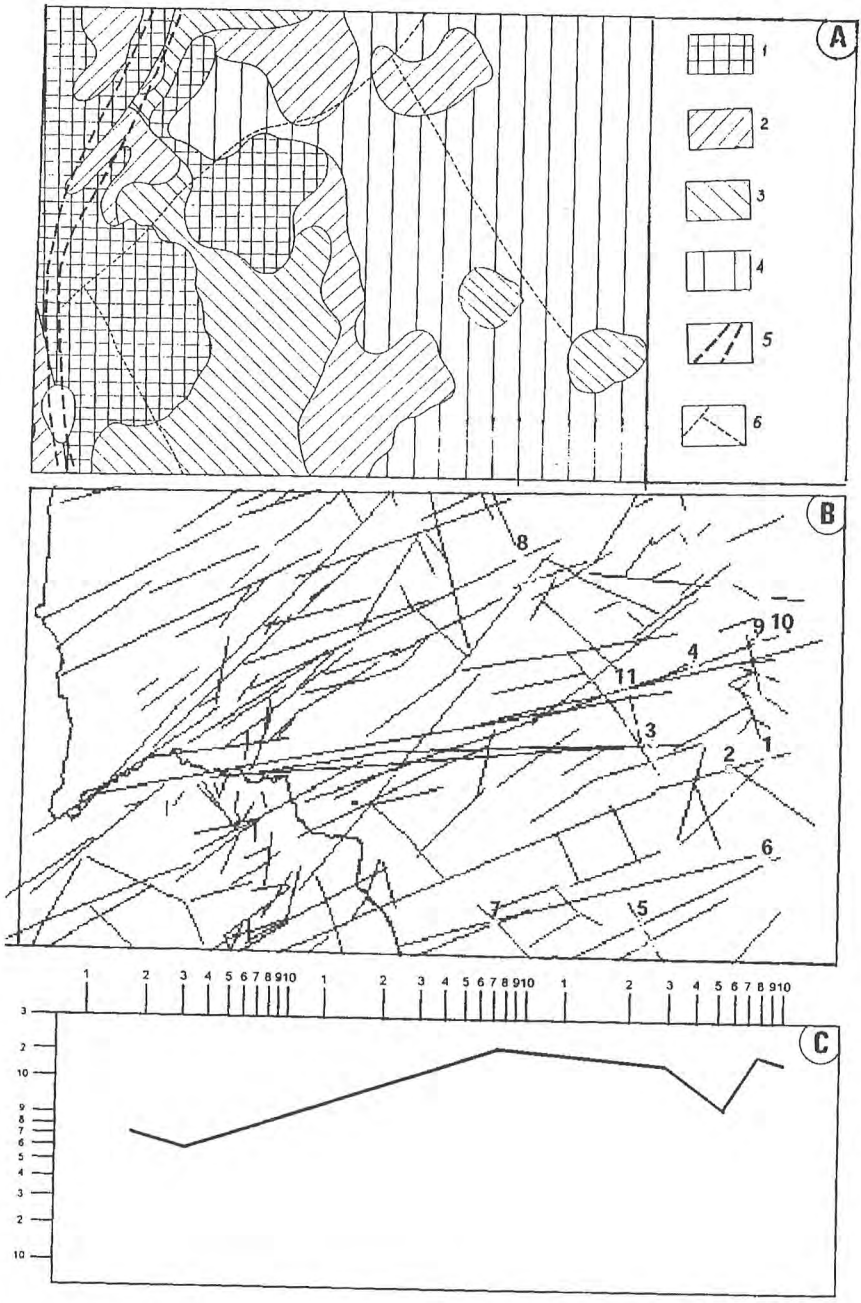
جـدول – 1 – تـوزع الشـدات اللونيـة للصـورة حسـب مجـالات التفسـير.



شـــكل-4-مخطط لوني من خلال التفسير البصري يميز ثمانية عشر مجالاً لونياً طبقاً للأرقام الموضحة جانباً(A)ومخطط الشواذات اللونية (B).



شـــكل-5- مخطط عقد تقاطع القسمات الخطية (A) والمخطط التكتوني (B) .



شـكل-6- مخطط مأمولية المياه الجوفية (A). الأرقام من 1 – 4 مناطق الأمل حسب درجات تصاعدها، 5- فوالق، 6 – حدود بنيويـة ، ومواقع الأمل المقترحة للحفر (B) ثم مخطط جيوفيزيائي- مقاومية كهربائية، لموقع نجران (C).

بادىء ذي بدء قسمت الصورة إلى نطاقات تتميز بمجالات طيفية محددة وفق الشدة اللونية، عبر عدة مراحل بدأت بتمييز ثماني مجالات، ثم/ 16 /مجالاً ثم/ 32 /مجالاً شكل(2)، وتم التركيز على أجزاء من الصورة لدراسة تفاصيل دقيقة في بعض المناطق كما في الشكل(3)، حيث لوحظ أنه بعد مجال محدد لكل صورة يصبح من الصعب وضع حدود للأجسام عندما تصبح التفاصيل شديدة الكثافة(Bilal and ,Travaglia and Ammar 1998, Ammar 1993 Ammar 1998). أمكن هكذا وضع مخطط لوني بالاعتماد على التفسير البصري شكل (4A) والذي يتميز عن المخططات الآلية بأنه يوضح البنية الداخلية للوحدات المدروسة في حين يعتمد التقسيم الآلي على الشدة الضوئية فقط. أجريت دراسة مقارنة للأجسام في كل مجال وتم ربطها مع الخريطة الجيولوجية ووضع توصيف لكل جسم من خلال شكله وأبعاده وتركيبه وخصائصه الضوئية في المجالات المختلفة والنسبة المساحية التي يحتلها على الصورة (جدول 1). كما درست الشواذات اللونية عن الحالة الطبيعية المميزة لكل جسم: فالصخور الكلسية المارلية وتوضعات الرباعي الفاتحة على الصورة الفضائية لوحظ أنها تصبح قاتمة في بعض المواقع وذلك بسبب تشبعها بالمياه وبالتالي انخفاض الشدة الانعكاسية. دُرست هذه الشواذات على كامل مساحة المنطقة المدروسة وثم وضع مخطط **الشواذات اللونية** (شكل 4B)، الذي تم تقسيمه إلى مناطق مرتبطة بوجود المياه السطحية ومناطق مرتبطة بالاندفاعات البركانية الحديثة. تدل الشواذات اللونية في مناطق الصخور الرسوبية جميعها على وجود مياه سطحية أو قريبة من السطح ترفع رطوبة التربة وتقلل شدتها الانعكاسية فتظهر قاتمة على الصورة. أما المياه العميقة فيستدل على وجودها من العلامات التفسيرية غير المباشرة والمرتبطة بعمليتي التغذية والجريان. فالفوالق والتكسرات تتتابع مؤدية إلى تشكل تشققات في الصخور تلعب دوراً في عملية التغذية. وكلما كانت هذه العناصر كثيفة تزداد شدة التغذية وتكون التشققات أعظميه في مناطق تقاطع العناصر التكتونية وتزداد بازدياد عدد العناصر المتقاطعة التي تقود إلى وضع **مخطط عقد تقاطع القسمات الخطية** شكل (5A) حيث يشير حجم هذه العقد إلى عدد القسمات المتقاطعة. أما **المخطط التكتوني** (شكل 5B) فإنه يشير إضافة إلى التشققات الناتجة عن الفوالق، على طول نطاقاتها، إلى نطاقات جريان محتملة على طول هذه الفوالق بدءاً من مناطق التغذية في الشمال الغربي(الحرمون) والشرق (جبل العرب). بناء على المخططات السابقة تم وضع **مخطط أمل أولي لتواجد المياه الجوفية** (شكل 6A). بالمقابل تتميز بعض الفوالق بأنها تظهر في المجال الحراري (البند السادس من الصورة

لاندسات TM) المأخوذة صيفاً بأنها باردة نسبياً وذلك بسبب زيادة في رطوبتها عن الوسط المحيط وهذا ما يشير الى مأموليتها المائية. تتميز المياه على طول هذه الفوالق بالتجدد، وعدم استثمارها يؤدي إلى جريانها الى خارج المنطقة وضياعها، لذلك تم تحديد عدد من مواقع الأمل لتواجد المياه على طول هذه الفوالق (شكل 6B). أجريت القياسات الجيوفيزيائية والشكل (6C) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها لأحد هذه المواقع الذي هو بحران التي أكدت وجود المياه. تم حفر بئر في منطقة بحران لتدقيق النتائج أعطى 75 م^3/ساعة في الوقت الذي فشلت فيه جميع الآبار المحفورة في المنطقة قبل استخدام هذه التقنية ويجري الآن استكمال حفر الآبار في المواقع الأخرى حسب تسلسل الحاجة.

5 – نتائج الدراسة:

قدمت هذه الدراسة، من خلال تحليل الصور الفضائية، نموذجاً متكاملاً لإدارة الموارد المائية المتجددة وذلك بعد فصلها عن المياه ضعيفة التجدد عبر وضع العديد من المخططات البنيوية التي يكن إيجازها كما يلي:

- فقد تم إجراء تحليل لوني لكافة عناصر المنطقة المدروسة وتم تحديد أبعاد وطبيعة وتركيب كل جسم ليتولوجياً وبنيوياً. وتحديد الشواذات اللونية الناتجة عن وجود المياه السطحية والقريبة من السطح مما قاد إلى وضع مخطط الشواذات اللونية.
- وتم وضع مخططات بنيوية توضح البنية والتشققات وكثافتها لكامل منطقة تغذية وحركية المياه الجوفية على امتداد الفوالق الناقلة .
- وكذلك وضع مخطط أمل لتواجد المياه الجوفية لكامل منطقة الدراسة كما تم تحديد مواقع أمل لمياه جوفية متجددة على طول الفوالق التي تخترق المنطقة وإجراء قياسات استكشافية والتأكد من ذلك بالآبار المحفورة التي تسمح باستثمار المياه قبل ضياعها.

سمحت هذه الآلية بالتمييز بين المياه المتجددة وغير المتجددة طبقاً للمفهوم المحدد أعلاه وذلك في منطقة محددة هي جنوب سورية مما يسمح باعتمادها كمنهجية هامة في إدارة الموارد المائية وخاصة في مثل هذه الحالات التي تسمح برفع وتيرة استثمار المياه الجوفية مع حد أدنى من استنزاف المياه في المنطقة.

المراجـــع

سادوف أ.ف وآخرون، 1985، التنقيب عن المياه الجوفية باستخدام الصور الجوية الفضائية ، يتدرا موسكو.

فيريشكا ت.ب وآخرون، 1990، طرق التفسير البصرية، يندرا موســـكو.

كليمينكو ف.ي، 1974، تقييم موارد المياه الجوفية في مناطق الظروف الجيولوجية المعقدة، نادكا موســـكو.

محمد أحمد، 1986، التشكل الطبيعي لموارد المياه الجوفية في الصخور الاندفاعية لجنوب غـــرب سورية وآفاق استخدامها، أطروحة دكتوراة موسكو.

موجاييف ب.ف، 1988، تحليل المعالجة الآلية لنظم القسمات الخطية، لينغراد موسكو.

References

ACSAD ,1993, Water resources in the Arab region. The Arab Centre for the studies of Arid zones and Dry Lands. Damascus– Syria, 93p.

ALBERGEL J. and SELMT S.,1997, Les amenagements integres de petits bassins versants avec des petits barrages(les collinaires et barrages collinaires)dans la zone semi-aride tunisienne. Workshop on rainfall water, 17pp, Rabat, Maroco.

AMMAR O.,1993, Geological and Hydrological characteristics of South of Syria. by using remote sensing methods. Ph. D. Thesis, 155

BILAL A.,1997 , Etude geologique, structural, hydrogeologique et possibilities e littorale. GORS, Syrie, 67p.

BILAL A.,1999, The remote sensing- a good tool to water resources management in the Arab world. Symposium. Manama-Bahrain,17PP 19–13 ,,Feb.

BILAL A. and AMMAR O.,1998, The use of remote sensing application to rainfall water management .IGARSS ,98 U.S.A8 .PP.

BILAL A. and AMMAR O.,2000a, Rainfall water management using satellite imagery-example from Syria.(in press).

BILAL A. and AMMAR O.,2000b, Rainfall water management in semi- arid and arid lands using remote sensing ap

CHOROWICZ J. and FABRE J.,1997, Organization of drainage network from space imagery in the Tanezrouft plateau (western Sahara)-Implications for recent intracratonic deformations .Geomorphology, 21, 139-151.

ICHOKU C. and CHOROWICZ J.1994, A numerical approach to the analysis and classification of channel networks patterns. Water Resources Research, vol. 30, 2, 161-174.

KATS E. Kh.,1986, principles of tectonic lineaments. 421PP. Nedra edition, Moscow.

KATS E. Kh.,1987, principles of tectonic lineaments. 378PP. Nedra edition, Moscow.

KHOURI J.and DROUBI A.,1990, Water resources of the Arab region. ACSAD /UNESCO, 166 P, Damascus.

KHOURI J., KALLEL M.Ab. and SALIH A.,1995, Rainfall water management in the Arab regions. ROSTAS. 67pp .Cairo – Egypt.

LEFEBRE D. BERGERAT F. and CHOROWICZ J.,1981, Contribution of data structuration using the HBDS model to Landsat frame analysis. 2nd. Inter. HBDS seminar, Richmond, Virginia, U.S.A.

1984, The extraction of drainage network from digital elevation data, Comput. Vision Graphics Image Process., 28, 323-344.

PARIZEK R. R.,1975, On the nature and significance of fracture traces and lineaments in carbonate and other terranes, in proceedings of the US-Yugoslavia Symposium on Karst Hydrology and Water Resources, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, U.S.A.

PONIKAROV V. P.,1967, The geological map of Syria, Explanatory notes on the geological map of Syria, Scale 1/150 000. Ministry of industry, Syria.

ROSSI G.,1997, Water management strategies to mitigate drought in the Mediterranean dry areas.Workshops on rainfall water management. 33pp .Rabat, Maroco.

RUDANT J.P.,CHOROWICZ J.and DURAND P.,1988, Probleme d`interpretation geomorphologique et geologique et modelisation geometrique d`images radar a partir d`un modele numerique de terrain, C.R.Acad.Sc.Paris, 306, II, 15-20.

SAAD K.F.,1993a, Assessment of water resources in the Arab region. Part 2, ground water resources, 86PP. ACSAD, Damascus.

SAAD K.F.,1993b, Water bolicies in the Arab region, year 2000th.Alecso Vol. 21.

SYKIOTI O., DEFFONTAINES B.,CHOROWICZ J.,OBERT D., MARSILY G.DE., LAUVERJAT J. and CARVALHO J.,1996, Imagerie numerique multisource de la surface topographique. Application hydrogeologique en milieu karstique-Verneuil-sur-Avre (Perche). B. S. G. de France, 167, (2), 269-284.

TRAVAGLIA C. and AMMAR O. ,1998, Groundwater exploration by satellite remote sensing in the Syrian Arab Republic , 33PP. FAO and GORS, Rome.

تقييم تشغيل وصيانة وحدات التناضح العكسي بمحطات منفوحة

محمد عبدالله الغنيمي، علي عبدالله المطلق، عبدالله عبدالعزيز الشايع،

محمد جمال توفيق، محمد محمد صالح

تقييم تشغيل وصيانة وحدات التناضح العكسي بمحطة منفوحة

محمد عبد الله الغنيمي[1]، علي عبد الله المطلق[2]، عبد الله عبد العزيز الشايع[3]، محمد جمال توفيق[4]، محمد محمد صالح[4]

[1]مدير عام التشغيل والصيانة ، [2]مدير مركز الأبحاث والتطوير ، [3]رئيس قسم التقييم والمتابعة ، [4]قسم التقييم والمتابعة

مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض – ص ب 22633 الرياض 11416 فاكس 4915758 1 (966 +)

الملخص

يعتبر تقييم أداء المحطات من أهم المقومات التي يمكن الاعتماد عليها في تحسين الأداء وخفض تكلفة التشغيل والصيانة و يتم التطرق في هذه الورقة إلى الأسلوب الذي تم إتباعه في تقييم أداء وحدات التناضح العكسي بمحطة منفوحة في مدينة الرياض ــ المملكة العربية السعودية،والتي تعتبر واحدة من اكبر محطات تنقية المياه في المملكة العربية السعودية وأقدمها إذ قد تم تشغيل وحدات التناضح العكسي في محطة منفوحة اعتباراً من عام 1987م.

تم القيام بعملية تقييم ودراسة فنية للوضع القائم وتحديد المشاكل وأسبابها ووضع الحلول المناسبة من خلال فريق عمل وقد استمرت هذه الدراسة لمدة سنة تم العمل فيها على ثلاث مراحل :

المرحلة الأولى: جمع المعلومات والقراءات وإجراء التحاليل الكيميائية والقياسات الضرورية لتحديد الوضع الراهن بشكل دقيق.

المرحلة الثانية: تحديد المشاكل والملاحظات الفنية وتقييم الوضع ومقارنة إجراءات التشغيل والصيانة الفعلية مع الأصول المطلوبة فنياً.

المرحلة الثالثة: وتم فيها اقتراح الحلول المطلوبة للمشاكل والملاحظات التي تم حصرها وقد تم في هذه المرحلة تقسيم العمل إلى ثلاث خطوات:

1-دراسة مواصفات المياه المغذية.

2-إزالة الأملاح داخل الأغشية.

3-مواصفات المياه المنتجة ومياه الرجيع.

وقد تم التوصل بنهاية الدراسة إلى عرض توصيات تركزت في مجملها على جانبين أحدهما تطوير وتأهيل العنصر البشري والجانب الآخر جانب فني تمثل في إيجاد أسلوب عمل متكامل لتشغيل وصيانة وحدات التناضح العكسي.

مفتاح الكلمات

تناضح عكسي – محطة منفوحة – تشغيل وصيانة – إزالة الأملاح

مقدمة.

نظراً لأهمية محطات المياه بمدينة الرياض والتي تقوم بمعالجة مياه الآبار وتمد المدينة بما يعادل 30 % من احتياجها البالغ 1.250.000 م^3/ اليوم فقد قامت مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض بتشكيل لجنة تضم مجموعة من المهندسين المتخصصين لتقييم أداء هذه المحطات ورفع التوصيات اللازمة لزيادة كفاءتها ولما كانت محطات المياه تشمل على عدة مراحل كما هو مبين في الشكل رقم 1 المرفق فقد تم تقييم جميع وحدات المحطة في المراحل المختلفة و يتم التطرق في هذه الورقة لتقييم أداء وحدات التناضح العكسي بصفتها أهم الوحدات الأساسية التي تعتمد عليها المحطة لإنتاج مياه مطابقة للمواصفات القياسية السعودية والعالمية والتي تستخدم على نطاق واسع لتحلية مياه الآبار في محطات المياه التابعة لمصلحة المياه والصرف الصحي وقد تم وضع خطة عمل اشتملت على الخطوات التالية :

الخطوة الأولى وتشمل جمع المعلومات والقراءات وإجراء التحاليل الكيميائية والقياسات الضرورية للوصول إلى وصف دقيق للحالة الراهنة لأداء وحدات التناضح العكسي بجميع المحطات والتعرف على الأساليب المتبعة لتشغيل وصيانة هذه الوحدات ، كما تشمل الخطوة الثانية تحديد المشاكل والملاحظات الفنية التي توصلت اللجنة إليها وتقييم الوضع الراهن لأعمال التشغيل والصيانة ، وفي الخطوة الثالثة سيتم اقتراح الحلول اللازمة للمشاكل الفنية الموجودة مع وضع التوصيات الضرورية لتطوير أداء وحدات التناضح العكسي بالمحطات والوصول إلى التشغيل الأمثل لها بأقل التكاليف.

وقد تم تطبيق هذه الخطة حسب المراحل المذكورة على محطة منفوحة بصفة مبدئية وهي محطة داخل مدينة الرياض تبلغ طاقتها التصميمية 66.000 م^3/ اليوم على أن يتم تعميم نتائجها على باقي المحطات فيما بعد نظراً للتشابه الموجود بين وحدات التناضح العكسي بها جميعاً بالإضافة إلى أنها تخضع لظروف تشغيليه متقاربة من حيث نوعية المياه المغذية لها كما أن الأغشية المستخدمة فيها من نفس النوع (Hollow - Fine - Fiber) ما عدا محطة البويب التي تستخدم فيها أغشية من نوع اللف الحلزوني (Spiral Wound) ، وتحتوي هذه الورقة على ملخص للمعلومات التي تم التوصل إليها والمشاكل التي تم حصرها والحلول المقترحة من قبل اللجنة لهذه الملاحظات وتم طرح هذه المعلومات في هذه الورقة على ثلاث مراحل قسمت طبقاً للتدفق الطبيعي للمياه داخل المحطة ، وذلك كالآتي : -

المرحلة الأولى : - مواصفات المياه المغذية للتناضح العكسي.

المرحلة الثانية : - فصل الأملاح بداخل الأغشية.

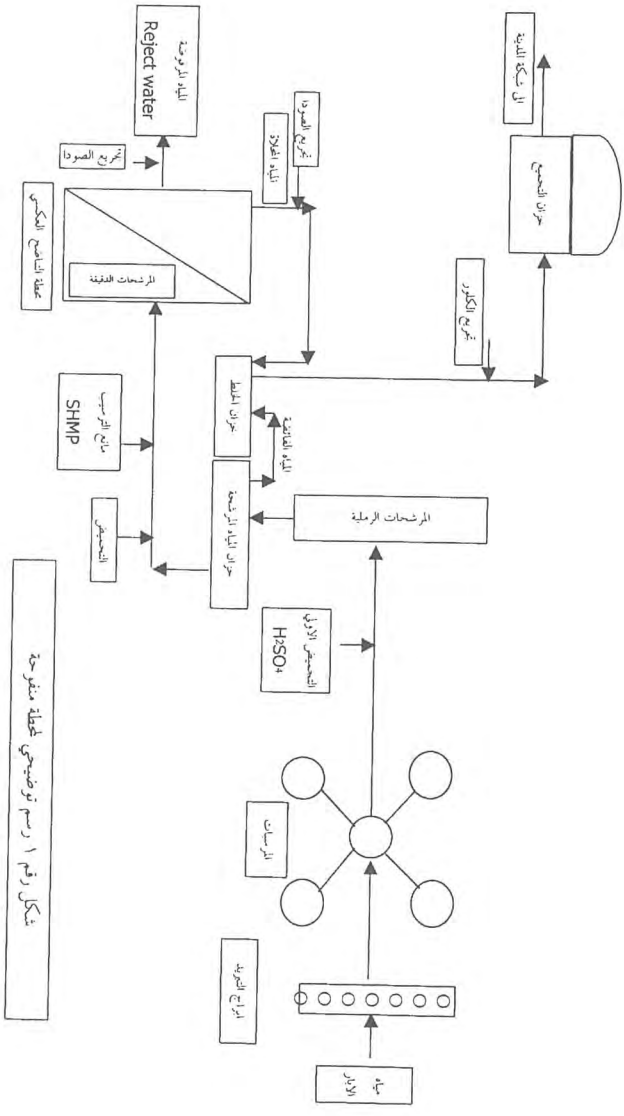
المرحلة الثالثة : - مواصفات المياه المنتجة ومياه الرجيع.

والجدول رقم 1 يوضح نتائج تحاليل المياه لمحطة منفوحة بتاريخ 1417/5/23 هـ الموافق 1997/10/5 م .

مرحلة دراسة مواصفات المياه المغذية للتناضح العكسي : -

قامت اللجنة بحساب قيمة معامل التشبع Langelier Saturation Index (LSI) وذلك باستخدام المعادلات الرياضية الواردة بكتيبات الشركة الصانعة [1] ، وكانت نتائج تلك الحسابات تشير إلى أن قيمة معامل التشبع (LSI) بمحطة منفوحة تتراوح بين (2.5) إلى (-5.0) وهي قيم منخفضة جداً مقارنة بما ورد في كتيبات الشركة الصانعة حيث تنص على أنه في حالة استخدام مانع الترسيب فإن قيمة معامل التشبع (LSI) يمكن أن تصل إلى (+1) ، وقد تمت مراجعة جرعات مانع الترسيب المتبعة في المحطات فوجد أنها تتراوح بين 1 إلى 5 جزء في المليون وهذا لا يتطابق مع ما جاء بكتيبات الشركة الصانعة حيث تنص على انه يجب إجراء تحليل لقياس تركيز مادة هكسميتافوسفات الصوديوم في مياه الرجيع وبناءً على هذه النتائج تضبط الجرعات الخاصة بمياه التغذية بحيث يتم المحافظة على مستوى تركيز ثابت للمادة في مياه الرجيع في حدود20جزء في المليون [2] ، كما أن استخدام مادة مانع الترسيب هكسميتافوسفات الصوديوم يمكن معه تقليل جرعات حامض الكبريتيك في مرحلة التحميض الثانوي إلى الحدود الدنيا حيث يفضل أن يكون التشغيل عند قيم موجبة لمعامل التشبع (LSI) مما يؤدي إلى خفض تكلفة استهلاك حامض الكبريتيك بالمحطات ، أيضاً فإن تقليل إضافة حامض الكبريتيك في مرحلة التحميض الثانوي إلى الحدود الدنيا سوف يؤدي بدوره إلى رفع قيمة الرقم الهيدروجيني للمياه المغذية للأغشية والذي سيؤدي بدوره إلى تقليل جرعات كربونات الصوديوم المضافة إلى كل من مياه الرجيع والمياه المنتجة لرفع الرقم الهيدروجيني لها ،كذلك فإن تقليل جرعات حامض الكبريتيك في مرحلة التحميض الثانوي سيكون له مردود جيد في المحافظة على الأغشية لأنه سيؤدي إلى رفع قيمة الرقم الهيدروجيني في مياه الرجيع حيث وجد أثناء هذه الدراسة أن قيم الرقم الهيدروجيني تصل إلى قيم منخفضة جداً وقد تؤدى إلى أضرار كثيرة للأغشية حيث تصل إلى (pH = 3.8) في محطة منفوحة بينما تنص

تعليمات الشركة الصانعة على أن هذا النوع من الأغشية لا يسمح بتشغيله عند قيـــم للرقـــم الهيدروجيني تقل عن 4وحدات [3].



شكل رقم ١ رسم توضيحي لمحطة معالجة

بعد ذلك قامت اللجنة بحساب حدود ذوبانية كبريتات الكالسيوم (Calcium Sulfate Solubility Limit) كما ورد في كتيبات الشركة الصانعة كما تم عمل الحسابات الخاصة بفلوريد الكالسيوم (Calcium Fluoride) [1] ووجد أن القيم الناتجة من الحسابات ضمن الحدود المقبولة لضمان عدم ترسيب هذه المركبات بالأغشية وكانت النتائج كما يلي :

IP_b (For Calcium Sulfate) = $[Ca^{++}]_b [SO^{--}_4]_b = 4.35\times10^{-4}$

IP_b (For Calcium Fluoride) = $[Ca^{++}]_b [F^-]_{b2} = 2.67\times10^{-11}$

حيث أن IP_b هي حاصل ضرب التركيز الايوني (Ion Product).

يعتبر ضغط المياه الداخلة إلى أغشية التناضح العكسي من أهم العوامل المؤثرة في كفاءة وإنتاجية وحدات التناضح العكسي ولقد لوحظ ارتفاع الضغط إلى قيم تقترب من الحدود القصوى المسموح بها لهذا النوع من الأغشية وللحد من خطورة ذلك الارتفاع قامت المحطة بشكل مؤقت بتشغيل بلوك إضافي بحيث يتم تشغيل 7 بلوكات باستخدام ثلاث مضخات ضغط عالي وقد أدى هذا الإجراء إلى تخفيض الضغط إلى الحدود المقبولة إلا أن هذا الإجراء لم يعالج السبب الرئيسي في تلك الظاهرة وهو وجود ترسبات داخل الأغشية تسبب إعاقة للتدفق الذي يؤدي إلى زيادة الضغط وفي نفس الوقت أدى هذا الإجراء إلى تخفيض إنتاجية الأغشية وقد اعترضت اللجنة على هذا الإجراء ودعت إلى تصحيح هذا الوضع باستبدال الأغشية التي يوجد بها مشاكل حتى يمكن العودة إلى الوضع التشغيلي الأصلي.

مرحلة فصل الأملاح بداخل الأغشية

في هذه المرحلة تم القيام بمراجعة الحالة التشغيلية لأغشية التناضح العكسي بالمحطة وعمل الفحوصات اللازمة لذلك كما تمت مقارنة الطاقة الإنتاجية للمحطة بالطاقة التصميمية للوصول إلى تحديد كفاءة تشغيل الأغشية ومستوى الاستفادة الفعلية منها حيث تم التوصل إلى ما يلي :-

1. انخفاض الطاقة الإنتاجية الكلية لوحدات التناضح العكسي بالمقارنة بالطاقة التصميمية وذلك بسبب تشغيل بلوك إضافي بدون تشغيل مضخة الضغط العالي الخاصة بهذا البلوك وقد أدى ذلك إلى انخفاض إنتاجية البلوك في محطة منفوحة1 من 190 م^3 / ساعة إلى 165 م^3 / ساعة وبالتالي حدوث نقص يساوي 15 % من الإنتاج الأصلي . وقد تم حساب إنتاجية الأغشية بعد هذا التعديل ومدى كفاءتها مقارنة بالإنتاج التصميمي فوجد أن

متوسط كفاءة الأغشية بحدود 68%. والجدول رقم 2 يوضح إنتاجية أغشية التناضح العكسي لمحطة منفوحة 1 خلال فترة الدراسة .

2. لوحظ وجود بعض الترسبات في عدد من الأغشية لعدم غسلها بشكل منتظم .
3. لوحظ عدم وجود سجل متابعة لكل غشاء يدون فيه البيانات المختلفة الخاصة بالغشاء مثل : تاريخ التركيب ، الرقم المسلسل ، عمليات الغسيل التي أجريت له وغير ذلك من البيانات التي تعتبر ضرورية لتقييم فعالية الأغشية ومتابعة تشغيلها.
4. لوحظ ارتفاع قيم الأملاح الكلية المذابة (TDS) للمياه المنتجة من بعض الخطوط حيث وصلت في أحدها إلى 400 جزء في المليون وفي خط آخر وصلت إلى380 جزء في المليون مما يؤثر على نوعية المياه المنتجة من المحطة ويعود السبب في ذلك إلى ارتفاع معدل مرور الأملاح Salt passage في بعض الأغشية بتلك الخطوط . و الجدول رقم 3 يوضح نتائج اختبار معدل مرور الأملاح للبلوك رقم 3 بمحطة منفوحة 2 بتاريخ 1417/5/20 هـ الموافق 1997/10/2 م .
5. بمراجعة ساعات تشغيل الأغشية من واقع سجلات المحطة للوقوف على العمر التشغيلي الفعلي لها توصلت اللجنة إلى أن العمر التشغيلي الفعلي لأغشية محطتي منفوحة 1،2 يتراوح ما بين 3-3.5 سنه جدول رقم 2 ويلاحظ أن هذا العمر لا يمثل سوى ما يقارب 30 % من العمر الافتراضي للأغشية طبقاً لما نصت عليه كتيبات الشركة الصانعة والتي حددت ذلك العمر في حدود 10 سنوات [2] وبالتالي فان الأغشية التي يتم إحلالها حاليا بالمحطة وتركيب أغشية جديدة بدلا عنها لم يتم الاستفادة منها بالقدر الاقتصادي وفي حالة عدم وجود ضوابط تشغيلية محددة واستمرار الوضع على ما هو عليه فان الأغشية الجديدة التي يتم توريدها حاليا سوف تحتاج إلى إحلال مره أخرى بنفس المستوى وعند ثلث العمر الافتراضي تقريباً . والجدول رقم 4 يوضح بيان بساعات تشغيل أغشية التناضح العكسي لمحطتي منفوحة 1،2 خلال فترة الدراسة .

مرحلة دراسة مواصفات المياه المنتجة ومياه الرجيع : -

في هذه المرحلة تمت مراجعة التحاليل الكيميائية للمياه المنتجة من وحدات التناضح العكسي ومياه الرجيع ومقارنتها بالقيم المفروضة طبقا لكتيبات الشركة الصانعة وقد وجدت اختلافات كثيرة تم دراستها للوصول إلى أسباب هذه الاختلافات ، إذ لوحظ ارتفاع قيمة الأملاح الكلية المذابة

للمياه المنتجة من محطة التناضح العكسي حيث تصل إلى اكثر من 250 جزء في المليون وهذا يعني أن معدل مرور الأملاح الكلي بالمحطة يتعدى 15 % مما يدل على وجود أغشية كثيرة بالخطوط تحتاج إلى غسيل وفحص وتغيير موانع التسريب بها وبمراجعة نتائج فحص الأغشية في أحد البلوكات وجد أن حوالي 35 % فقط من الأغشية تعمل في الحدود المقبولة (معدل مرور الأملاح اقل من 10%) وحوالي 65% بها ارتفاع في معدل مرور الأملاح (يتراوح بين 10-95%) حيث يبلغ عدد تلك الأغشية 72 غشاء وتوزيعها كالتالي :-

- عدد (22) غشاء بها معدل مرور الأملاح (SP) يتراوح بين (10-20%) .
- عدد (35) غشاء بها معدل مرور الأملاح (SP) يتراوح بين (20-40%) .
- عدد (11) غشاء بها معدل مرور الأملاح (SP) يتراوح بين (40-60%) .
- عدد (4) غشاء بها معدل مرور الأملاح (SP) يتراوح بين (60-95%) .
- إجمالي عدد الأغشية التي تعمل في الحدود المقبولة = 40 غشاء .
- إجمالي عدد الأغشية بالبلوك = 112 غشاء .

وتتسبب هذه الأعداد من الأغشية التي يوجد بها ارتفاع في نسبة مرور الأملاح في ارتفاع الأملاح الكلية في المياه المنتجة .

التوصيات والاقتراحات

1. إعداد دورات تدريبية متخصصة في مجال تشغيل وصيانة وحدات التناضح العكسي لمختلف مستويات العاملين بالمحطات ابتداءً من المشغلين وحتى مهندسي التشغيل بالتعاون مع الشركات الصانعة لضمان استيعاب القائمين بالعمل على القدر المناسب من المعلومات التي تؤهلهم إلى تنفيذ إجراءات التشغيل والصيانة بالمستوى المطلوب.

2. ترجمة كتيبات التشغيل والصيانة الصادرة من الشركات الصانعة لأغشية التناضح العكسي إلى اللغة العربية وإعداد دليل تشغيل كامل يشتمل على شرح مفصل لجميع خطوات التشغيل وتوضيح الأعطال والمخاطر التي يمكن أن تحدث للأغشية وأسبابها وطرق تلافيها لتمكين المشغلين من التعامل مع الأغشية بشكل صحيح.

3. تشكيل فرقة لغسيل وصيانة الأغشية للمحطات الموجودة داخل المدينة (منفوحة-الشميسي-الملز) ويشمل عملها على القيام بإعداد سجلات خاصة عن وضع الأغشية بالمحطات الثلاث وإجراءات الغسيل اللازمة لكل منها وتسجيل القراءات اللازمة قبل وبعد الغسيل كما يكون من مهامها تحديد صلاحية الأغشية واتخاذ القرار بشان تغييرها .

4. إعداد برنامج زمني لإعادة الوضع التشغيلي للأغشية إلى الوضع الأصلي بان يتم إيقاف تشغيل البلوك الزائد وذلك بتغيير الأغشية التي يوجد بها مشاكل والموجودة بالخدمة حاليا بأغشية أخرى بحيث يمكن بعد مدة زمنية محددة معالجة ظاهرة ارتفاع الضغط التي أدت إلى هذا الوضع.

5. إيقاف استيراد أغشية جديدة إلى أن يتم انتهاء عمل فرقة الغسيل المقترح تكوينها من فحص الأغشية المحفوظة حاليا وتحديد مدى صلاحيتها وتحديد الاحتياجات الفعلية من الأغشية الجديدة لضمان الاستفادة من الإمكانات المتاحة وعدم حدوث تراكم للأغشية .

6. دراسة جدوى ضبط جرعات الحامض الثانوي وإمكانية تقليله للحدود الدنيا مع المحافظة على جودة المياه وصلاحية الأغشية ولهذه الدراسة أهمية اقتصادية إذ تسهم في تقليل استهلاك المواد الكيماوية بالمحطات.

7. نظرا لارتفاع تكلفه تشغيل وصيانة مضخات الضغط العالي بالتناضح العكسي والزيادة الملحوظة في أسعار قطع الغيار الخاصة بها وحيث أن عملية تغيير هذا المضخات إلى مضخات بديلة سوف يحتاج إلى تكلفة ابتدائية عالية لإحلال النوع الجديد محل النوع الأصلي فإنه يقترح القيام بدراسة لتغيير نوع الأغشية إلى الأنواع الجديدة التي تعمل عند الضغوط المنخفضة.

8. إعداد سجل تاريخي لكل غشاء وتعميمه على المحطات لاستخدامه في تسجيل المعلومات الأساسية الخاصة بكل غشاء مثل الرقم المتسلسل وتاريخ التركيب وتاريخ الفحص ونتيجته وعمليات الغسيل التي أجريت له من حيث نوع العملية-تاريخ تنفيذها-نتيجة

الفحص بعد الغسيل وعمليات الصيانة التي أجريت له من حيث نوع العمليـــة-تـــاريخ تنفيذها نتيجة الاختبار بعد الصيانة وبذلك يمكن متابعة حالة الغشاء في أي فترة زمنيـــة والتغيرات التي طرأت عليه مما يمكن من تحليل أسباب تلك التغيرات ووضـــع الحلـــول المناسبة لها .

9. تدعيم مختبرات المحطات بالأجهزة والإمكانات اللازمة لعمل جميع التحـــاليل المطلوبـــة لإجراءات التشغيل داخل مختبر المحطة لضمان سرعة تعديل الوضع في حالة تجاوز بعـــض القيم مع توفير العنصر البشري المؤهل للقيام بهذه التحاليل بطريقة سليمة.

جدول 1 : نتائج تحاليل المياه لمحطة منفوحة بتاريخ 1417/5/23 هـ الموافق 1997/10/5 م

الفحوصات الكيميائية	المياه الخام	المياه المنتجة بعد المعالجة الأولية	مياه التغذية للتناضح العكسي	المياه المنتجة من التناضح العكسي	مياه الرجيع من التناضح العكسي	المنتج النهائي للمحطة (بعد الخلط)
الرقم الهيدروجيني	8.1	6.87	5.85	5.93	3.8	7.65
العسر الكلي (ملى مكافئ/لتر)	12.8	7.2	7.0	N.A	36.2	1.6
عسر الكالسيوم (ملى مكافئ/لتر)	8.4	3.6	3.6	N.A	19.2	0.7

عسر الماغنسيوم (ملى مكافئ/لتر)	4.0	3.6	3.4	N.A	17.0	0.9
القلوية الكلية (ملى مكافئ/لتر)	30	0.65	0.1	N.A	صفر	1.0
الإجمالي الكلي للأملاح المذابة (ملجرام / لتر) T.D.S	1200	1230	1100	180	5800	350
السيلكا (مليجرام / لتر)	22.1	16.2	16.2	N.A	75.5	N.A

جدول 2 : إنتاجية أغشية التناضح العكسي لمحطة منفوحة 1

البيان	بلوك رقم 1	بلوك رقم 2	بلوك رقم 3	بلوك رقم 4	بلوك رقم 5	بلوك رقم 6
عدد الأغشية (المرحلة الأولى)	60	60	59	60	60	59
الإنتاج م^3 / ساعة (المرحلة الأولى)	111	99	98	100	104	99
إنتاجية الغشاء الواحد م^3 / يوم	44.4	39.6	40	39.9	41.6	40.3
الإنتاجية طبقا لمواصفات الشركة الصانعة	الحد الأقصى = 66.62 م^3 / يوم الحد الأدنى = 54.56 م^3 / يوم الحد المتوسط = 60.57 م^3 / يوم					
كفاءة الأغشية %	73.3	65.4	65.9	66	68.7	66.5

جدول 3 : نتائج اختبار معدل مرور الأملاح للبلوك رقم 3 بمحطة منفوحة 2 بتاريخ 1417/5/20 هـ الموافق 1997/10/2 م

المرحلة الأولى								المرحلة الثانية				المرحلة الثالثة	
صف رقم 1		صف رقم 2		صف رقم 3		صف رقم 4		صف رقم 5		صف رقم 6		صف رقم 7	
قيمة الأملاح في المياه المنتجة	معدل مرور الأملاح %	قيمة الأملاح في المياه المنتجة	معدل مرور الأملاح %	قيمة الأملاح في المياه المنتجة	معدل مرور الأملاح %	قيمة الأملاح في المياه المنتجة	معدل مرور الأملاح %	قيمة الأملاح في المياه المنتجة	معدل مرور الأملاح %	قيمة الأملاح في المياه المنتجة	معدل مرور الأملاح %	قيمة الأملاح في المياه المنتجة	معدل مرور الأملاح %
520	24	774	36	1174	55	780	36	770	21	354	10	1510	24
878	41	605	28	41	22	968	45	762	21	2850	78	1690	26
1057	49	557	26	803	38	144	6	335	6	300	8	772	12
458	21	2030	95	152	7	1310	61	198	5	435	12	1243	19
400	19	242	11	899	42	246	11	202	6	1700	47	676	10
624	29	649	30	937	44	364	17	174	5	267	7	1224	19
381	18	764	28	734	34	314	14	607	17	1136	31	1029	16
637	30	706	22	603	28	1930	90	267	7	204	6	1810	28
608	28	416	19	498	23	1200	56	203	6	146	4	784	12
440	21	202	9	106	5	300	14	184	5	213	6	1192	18
446	21	114	5	317	15	352	16	224	6	537	15	2030	31
580	27	865	40	92	4	569	27	381	10	161	4	1570	24
551	26	143	6	747	35	220	10	1284	35	322	9	309	5
678	32	502	23	764	36	947	44	234	6	1840	51	360	6
363	17	312	15	130	6	182	9	148	4	146	4	359	6
152	7	209	9	156	7	176	8	709	19	233	6	576	6

جدول 4 : بيان بساعات تشغيل أغشية التناضح العكسي لمحطتي منفوحة 1،2 خلال فترة الدراسة

		ساعات التشغيل	المدة بالسنوات
محطة منفوحة 1	بلوك رقم 1	26681	3
	بلوك رقم 2	30439	3.5
	بلوك رقم 3	29055	3.30
	بلوك رقم 4	29848	3.4
	بلوك رقم 5	26791	3.1
	بلوك رقم 6	30581	3.5
محطة منفوحة 2	بلوك رقم 1	3321	أغشية جديدة
	بلوك رقم 2	27945	3.2
	بلوك رقم 3	26102	2.9
	بلوك رقم 4	27817	3.2
	بلوك رقم 5	27301	3.1
	بلوك رقم 6	31977	3.6
	بلوك رقم 7	32849	3.7
	بلوك رقم 8	32658	3.7

References : المراجع :

1. "Permasep" Products Engineering Manual, DU Pont Company, Wilmington, DE 19898, Bulletin 4010.
2. "Permasep" Products Engineering Manual, DU Pont Company, Wilmington, DE 19898, Bulletin 5050.
3. "Permasep" Products Engineering Manual, DU Pont Company, Wilmington, DE 19898, Bulletin 5020.

مسار تحلية المياه بدولة الكويت

م. خليفة محمد الفريج، م. عبدالله عوض العدواني، م. موسى خالد الرمح

مسار تحلية مياه البحر بدولة الكويت

م. خليفه محمد الفريج، م.عبدالله عوض العدواني، م.موسى خالد الرمح
مركز تنمية مصادر المياه – وزارة الكهرباء والماء – دولة الكويت

الملخص

دفعت ندرة مصادر المياه الطبيعية العذبة دولة الكويت و دول مجلس التعاون الخليجي للاتجاه إلى تحلية مياه البحر ، واستخدامها كمصدر أساسي لسد احتياجات الاستهلاك المتزايد للمياه العذبة الناتجة من النمو السكاني والتطور العمراني والصناعي والتوسع الزراعي ، وقد ساعدها في ذلك موقعها المطل على الخليج العربي ، وتعتبر دولة الكويت من دول المنطقة التي اتجهت إلى تحلية مياه البحر في سنوات مبكرة ، حيث أنشئت 84 وحدة تحلية خلال ستة واربعين عاما، كما كان لها دور واضح في تطور تقنية التحلية.

تهدف هذه الورقة إلى إلقاء الضوء على مسار تحلية مياه البحر في دولة الكويت ، ودول مجلس التعاون الخليجي خلال العشرين سنة الماضية ، وتستعرض الأوضاع الحالية والتوجهات المستقبلية لتقنيات تحلية مياه البحر في دولة الكويت ، كما تخلص الورقة إلى توصيات تساهم في مسار التحلية للسنوات القادمة.

مفاتيح كلمات : دولة الكويت ، دول مجلس التعاون الخليجي ، تقنيات التحلية ، مياه محلاة ، مياه البحر.

مقدمة

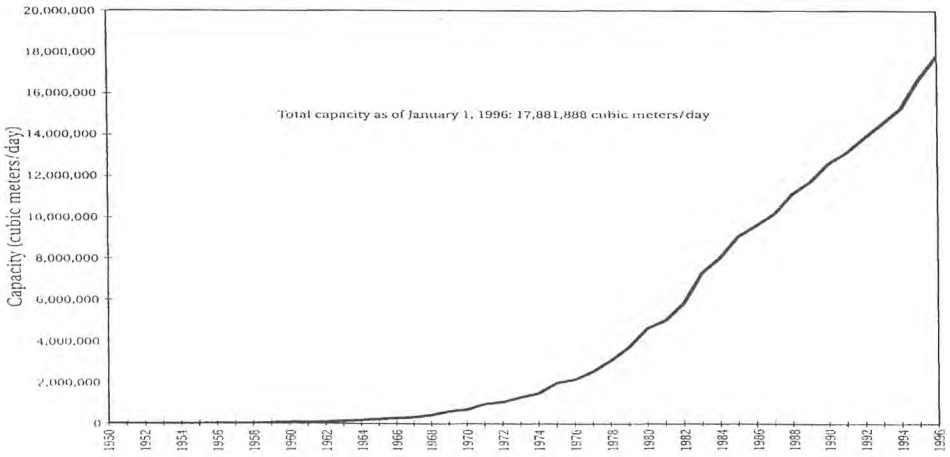
الماء عصب الحياة وبدونه تنتفي، قال الله تعالى: (و جعلنا من الماء كل شيء حي) [1].

تقع دول مجلس التعاون الخليجي ضمن المناطق الجافة في بيئة صحروية قاسية ، وظروف مناخية صعبة ، إن انخفاض معدلات سقوط الأمطار و محدودية مصادر المياه التقليدية كالأنهار ، والبحيرات ، والمياه الجوفية المتجددة من أكثر التحديات التي فرضتها الظروف البيئية على دول المجلس.

اعتمد سكان المنطقة في الماضي على أبار المياه الجوفية المنتشرة في المدن والقرى والأرياف ، إضافة إلى مياه الأمطار المحدودة لتلبية احتياجاتهم اليومية، إلا أن الطفرة التي شهدتها دول المنطقة مع ظهور النفط وتصديره متمثلة في النمو السكاني والتطور العمراني والصناعي والتوسع الزراعي أدى إلى زيادة الطلب على استهلاك المياه العذبة ، وبذلك أصبحت مياه الآبار الجوفية العذبة عاجزة عن الوفاء بالاحتياجات، لذا صارت الحاجة ملحة لإيجاد مصادر أخرى للمياه العذبة خارج نطاق المصادر التقليدية الطبيعية المحدودة.

ورغم ما تتميز به دول مجلس التعاون الخليجي من سواحل طويلة مطلة على البحر الاحمر والخليج العربي إلا أن الظروف المذكورة آنفا دفعتها للاتجاه إلى تحلية مياه البحر لسد احتياجاتها من المياه، وشهدت دول مجلس التعاون الخليجي خلال العقود الخمسة الماضية إنشاء العديد من محطات التحلية بتقنيات متنوعة ، كما أن تبني دول المجلس لتطوير تقنيات تحلية مياه البحر ، وجهودها الواضحة والحثيثة في إيجاد البدائل، ساهم بشكل كبير في تطور وتحسن أداء تلك التقنيات. وفي السنوات الأخيرة أصبح الاعتماد على مياه البحر المحلاة يزداد بشكل مطرد مع زيادة الاحتياجات المائية، شكل (1) [2]، مما يستدعي إنشاء العديد من محطات التحلية خلال السنوات القادمة.

شكل (1): تطور سعة مصانع التحلية في العالم منذ 1950.



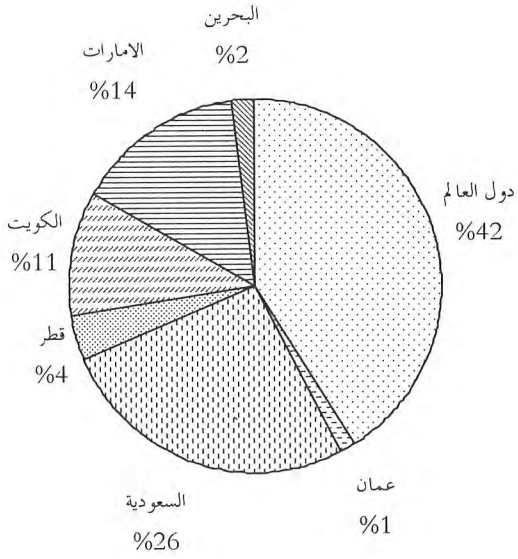
مصادر المياه في دول مجلس التعاون الخليجي:

تفتقر بيئة دول مجلس التعاون الخليجي للمسطحات المائية من أنهار و بحيرات، ومن جانب أخر فان المياه السطحية المعتمدة على سقوط الأمطار الموسمية تعتبر محدودة، أمـــا الميـــاه الجوفيـــة بقسميها المتجددة والغير متجددة فان عمق تواجدها و نوعيتها يحد من مدى الاعتماد عليـــها ومجال استخدامها. فالمياه الجوفية العذبة يمكن استخدامها للشرب، وتستخدم المياه الجوفية قليلة الملوحة في ري المزروعات وسقيا المواشي ، وكلما زادت ملوحتها نتيجة السحب المفرط لهـــا انخفض نطاق استخدامها ، إلا أنه يمكن الاستفادة من المياه الجوفية الغير عذبة بصورة أوســـع عند تحليتها ، وتعاني بعض دول المجلس من نقص في مخزون المياه الجوفية ومشاكل في النوعيـــة نتيجة الاستنـــزاف والاستخدام الغير مقنن، أما إعادة وتدوير استخدام مياه الصـــرف في دول المجلس فانه لا يزال في بداية الطريق ومجال استخدامه حالياً ينحصر في ري المسطحات الزراعية. وعلى كل حال فان مصادر المياه المذكورة محدودة وقاصرة على أن تفي بالاحتياجات المائيـــة المتزايدة.

ويبقى الخيار الوحيد و المتاح بلا حدود أو موانع لدول مجلس التعاون الخليجي هو تحلية ميـــاه البحر ، ورغم تكلفتها الباهظة إلا أن دول مجلس التعاون الخليجي تعتمد بلا استثناء على ميـــاه البحر كمصدر رئيسي لسد احتياجاتها من المياه العذبة بعد تحليتها ومعالجتها.

تقنيات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي:

تشير الإحصائيات إلى أن مجموع سعات وحدات تحلية مياه البحر المركبة في دول مجلس التعاون الخليجي منذ عام 1970حتى عام 1998 بلغ 7916568 متر مكعب في اليوم من المياه المحلاة أي اكثر من 58 % من المياه المحلاة المنتجة عالميا شكل رقم (1) ، بواسطة 532 وحده تحلية لمياه البحر ، [3].



الشكل (2): نسب سعة محطات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي عالميا

اختيار التقنية المناسبة لتحلية المياه:

يعتمد اختيار التقنية المناسبة لتحلية المياه على عدة عوامل رئيسية أهمها [4] ما يلي:

(أ طبيعة المياه: إن نسبة ملوحة المياه تشكل عاملا أساسيا في اختيار تقنية التحلية المناسبة، فكلما ارتفعت نسبة الأملاح في المياه كلما صعب التحكم في تحليتها، و لذا فإنه من المهم اختيار تقنية قوية تتغلب على صعوبة التخلص من كميات كبيرة من الأملاح و يسهل بنفس الوقت تشغيلها و صيانتها. و قد أثبت نظام الأغشية جدارته في تحلية المياه

شبه المالحة بينما أثبت نظام تقطير المياه على أنه النظام الأنسب لتحلية مياه البحـــر في العقد الماضي بالمقارنة مع نظام التناضح العكسي.

(ب كميات المياه المطلوب تحليتها: يتطلب إنتاج كميات كبيرة من المياه المحلاة توفير الطاقـة اللازمة بأقل تكاليف ممكنة، و لذا فإن النظام المزدوج لإنتاج المياه و الكـــهرباء يعتـــبر وسيلة مناسبة للاستفادة من الطاقة الحرارية التي تنتجها محطات الكهرباء في تحلية ميـــاه البحة كما هو سائد في معظم دول الخليج.

(ج توفير الخبرات المناسبة: واجه تشغيل محطات تحلية المياه صعوبات عديدة لقلة الخبرة الفنية خصوصا في استخدام تقنيات حديثة و استخدام أساليب جديدة في تشغيل و إدارة نظام التحلية. و تلعب كفاءة التشغيل و الصيانة دورا أساسيا في خفض تكاليف إنتاج الميـاه، و لذا فإن توفير فريق متكامل للقيام بإعمال التشغيل و الصيانة يعتبر ذو أهمية بالغـــة، خصوصا عند استخدام نظام التناضح العكسي الذي يحتاج إلى دقة بالغة في معالجة المياه الخام قبل تحليتها لحماية الأغشية من أي آثار عكسية.

(د توفر قطع الغيار: إن توفر قطع الغيار من مصادر مختلفة يؤدي إلى المنافسة بين المصنعين، و لذا يستحسن تجنب استخدام أنظمة التحلية التي تعتمد على أنواع محددة من قطـــع الغيار يصعب إنتاجها في مصادر مختلفة مما يؤدي إلى الاحتكار و التحكم بالأسعار.

ر) موقع مصدر المياه المالحة: يحدد موقع مصدر المياه المالحة أسلوب التخلص من المحلـــول الملحي المركز المتخلف من عمليات التحلية، إذ يتم التخلص منه بإعادته إلى البحر عنـد تحلية مياه البحر، و لكن يشكل التخلص منه بعيدا عن البحر عائقا أساسيا، حيث يمكن أن يسبب مضاعفات سلبية على البيئة خصوصا في تحلية التربة و تسرب المياه المالحة إلى حوامل المياه الجوفية.

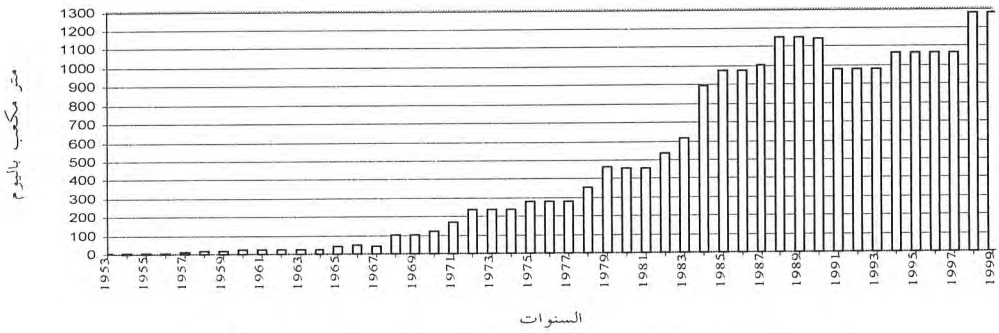
وتنحصر تقنيات تحلية مياه البحر المستخدمة في دول مجلس التعاون الخليجي على نطاق تجاري في التقنيات التالية:

التبخير الومضي متعدد المراحل و التناضح العكسي و ضغط البخار و التبخير متعدد الأثر.

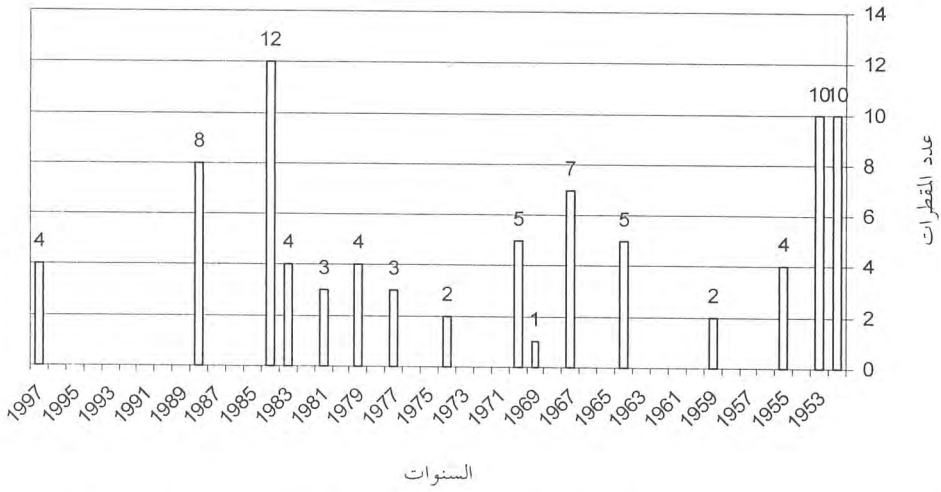
ويتفاوت استخدام التقنيات المذكورة من دولة لأخرى:

أولاً : دولة الكويت

تعتبر دولة الكويت من أوائل دول المنطقة التي اتجهت إلى تحلية مياه البحر في سنوات مبكـــرة ففي عام 1914 تم جلب وتركيب وحدة تحلية صغيرة على ساحل البحر إلا أن محاولة تشغيلها باءت بالفشل، وفي عام 1953 أنشأت عشر مقطرات في محطة الشويخ لتحلية مياه البحـــر تعمل بطريقة الأنابيب المغمورة بسعة 454.6 متر مكعب باليوم لكل مقطرة وفي العام الذي يليه تم إضافة عشر مقطرات أخرى بنفس السعة ، وشهد عام 1956 تركيب أربع مقطرات تعمـل بطريقة التبخير الومضي متعدد المراحل بسعة 2273 متر مكعب باليوم لكل مقطرة وبذلـك تم التخلص بشكل نسبي من المشاكل المصاحبة لطريقة الأنابيب المغمورة ، والتي تتمثل بالترسبات وانخفاض معدلات الأداء . وفي عام 1960 تم إضافة مقطرتين بسعة 4546 متر مكعب في اليـوم لكل مقطرة وتوالى إنشاء محطات التحلية مع زيادة الاحتياجات المائية حتى ارتفع إجمالي السعة الإنتاجية من مياه البحر المحلاة من 9092 متر مكعب في اليوم عام 1954 إلى 1281972 مـــتر مكعب في اليوم عام 1999 كما هو موضح شكل (3) و وصل عدد المقطرات المركبـة إلى أكثر من 84 وحدة خلال ست و أربعين عاماً [5] شكل (4).



شكل (3) تطور إجمالي السعة المركبة لمحطات تحلية مياه البحر في دولة الكويت



شكل (4): تسلسل إنشاء وحدات تحلية مياه البحر في دولة الكويت (MSF) من الفترة 1953 – 1997

*** تقنية الأنابيب المغمورة**

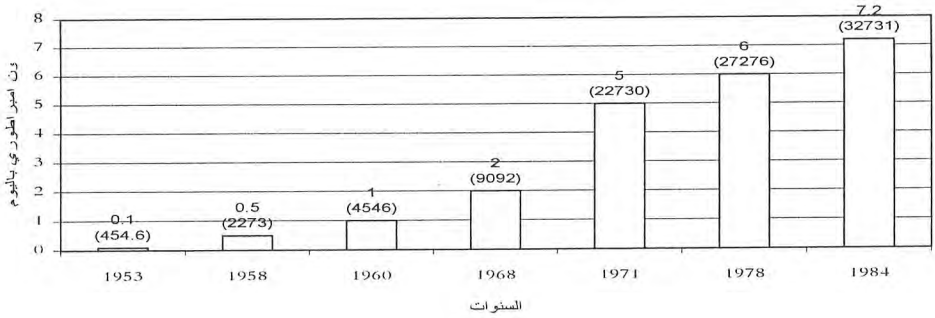
تطورات في تقنيات التحلية في دولة الكويت:

تدرج دخول الكويت مجال تحلية مياه البحر تبعاً لتطور تقنيات التحلية نوعاً وكما، وسار في خطوات ثابتة على وتيرة واحدة مشتملة على أسس ثابتة في دراسة تقنيات التحلية ثبت جدارتها حاليا مبينة بالنقاط التالية:

أ) شهدت دولة الكويت في عام 1956 تحولاً من استخدام تقنية الأنابيب المغمورة والتي بلغ عدد وحداتها 20 وحدة إلى تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل و ذلك نتيجة المشاكل الفنية والتشغيلية.

ب) زيادة السعات المركبة للمقطرات:

ج) إن السعة المركبة للمقطرة الواحدة بدأ زيادة تدريجية من 454.6 متر مكعب في اليوم (0.1 مليون جالون إمبراطوري) في عام 1953 حتى وصل 32731 متر مكعب في اليوم (7.2 مليون جالون إمبراطوري) عام 1999، الشكل (6) .



شكل (5): تطور السعة الإنتاجية للمقطرة في دولة الكويت

ج) تعديلات في تقنية التبخير الومضي:

ساهمت الجهود الكبيرة التي قامت فيها وزارة الكهرباء والماء في دولة الكويت في الخمسينات والستينات في تحسين وتعديل تصميم تقنية التبخير الومضي بهدف الحصول على معدل أداء أفضل، وشملت التعديلات زيادة عدد المراحل، وارتفاع غرفة الوميض، وغير ذلك من التعديلات التي حسنت من الأداء، وحلت المشاكل التصميمية و الفنية.

د) التشغيل على درجة حرارة عالية:

في منتصف عام 1995 ومع توفر موانع ترسب مناسبة للمعالجة الاولية لمياه البحر بدلا من البوليفوسفيت تم إجراء تجربة للتشغيل على درجة حرارة عالية لمقطرتين 110م بتقنية التبخير الومضي لمدة 10 أشهر بهدف زيادة الإنتاج من 27065 متر مكعب في اليوم إلى 32480 متر مكعب في اليوم ، وتم الحصول على الإنتاج المطلوب على درجة حرارة 105م ، وبعد نجاح التجربة ، أوصى مركز تنمية مصادر المياه بتشغيل 20 مقطرة على درجة حرارة 105م ، وخلال ستة أشهر تم تشغيلها لترتفع السعة الإنتاجية بمقدار 108240 متر مكعب في اليوم من المياه المقطرة[6].

ر) الأوضاع الحالية لتحلية مياه البحر في دولة الكويت:

يوجد حالياً في دولة الكويت (44) مقطرة تعمل جميعها بتقنية التبخير الومضي متعدد المراحل موزعة في خمس محطات و هي: محطة الشويخ، محطة الشعيبة الجنوبية، محطة الدوحة الشرقية، محطة الدوحة الغربية، محطة الزور الجنوبية، و جميعهم محطات ثنائية الغرض باستثناء محطة الشويخ [5] جدول (2).

جدول(1)

وحدات تحلية مياه البحر في دولة الكويت (1999)

المحطة	التقنية	عدد المقطرات	درجة التشغيل (درجة مئوية)	سعة المقطرة الواحدة (متر مكعب باليوم)
محطة الشويخ	التبخير الومضي متعدد المراحل	3	90	27276
محطة الشعيبة الجنوبية	التبخير الومضي متعدد المراحل	6	90	22730
محطة الدوحة الشرقية	التبخير الومضي متعدد المراحل	7	90	27276
محطة الدوحة الغربية	التبخير الومضي متعدد المراحل	4 12	90 110	27276 32731
محطة الزور الجنوبية	التبخير الومضي متعدد المراحل	4 8	90 110	27276 32731

ثانياً: المملكة العربية السعودية:

شهدت المملكة العربية السعودية عام 1938 دخول أول مقطرة إليها في مدينة جدة لخدمة الحجيج وعرفت باسم الكنداسة [7]، وقد تنامى حجم المشاريع المائية في المملكة العربية السعودية بشكل كبير في السبعينات، وباستعراض التقنيات المستخدمة في المملكة العربية السعودية خلال الفترة منذ عام1970 وحتى عام 1998، وجد أن نسبة استخدام تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل في تحلية مياه البحر بلغت 87.5 %، تلتها تقنية التناضح العكسي بنسبة 12.3 %، بينما بلغت نسبة استخدام تقنية التبخير متعدد الأثر وتقنية ضغط البخار 0.2 %. وبذلك تكون تقنية التبخير الومضي التقنية الرئيسية لتحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية، ومن الملاحظ أن إنشاء وحدات تعمل بتقنية التبخر متعدد المراحل وتقنية ضغط البخار تم في الثلث الأول والثاني من الثمانينات و لم يستمر ذلك التوجه في مشاريع السنوات التي تلتها، بينما استمرت مشاريع تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل وتقنية التناضح العكسي.

ثالثاً: الإمارات العربية المتحدة:

باستعراض التقنيات المستخدمة في دولة الإمارات العربية المتحدة خلال الفترة منذ عام1970 وحتى عام 1998، وجد أن نسبة استخدام تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل في تحلية مياه البحر بلغت 92.1 % ، تلتها تقنية التناضح العكسي بنسبة 5.1 % ، بينما بلغت نسبة

استخدام تقنية التبخير متعدد الأثر وتقنية ضغط البخار 2.8 %. وبذلك تمثل تقنية التبخير الومضي التقنية الرئيسية لتحلية مياه البحر في دولة الإمارات العربية المتحدة، ومن الملاحظ أن التوجه في إنشاء وحدات تعمل بتقنية ضغط البخار بدء في مطلع التسعينات حيث حلت محل تقنية التناضح العكسي التي اقتصر إنشاؤها على نهاية الثمانينات، بينما استمر التوجه في استخدام تقنية التبخير الومضي.

رابعاً: سلطنة عمان:

أنشئت أول محطة حكومية لتحلية المياه في العاصمة مسقط بمنطقة الغبرة في عام 1976 بنظام التبخير الومضي متعدد المراحل (MFS) بسعة 23 ألف متر مكعب في اليوم (5 مليون جالون) و أقيمت في عام 1976 محطة لتحلية المياه و إنتاج الكهرباء في جزيرة مصيرة بنظام التبخير الومضي متعدد المراحل (MSF) بسعة حوالي 550 متر مكعب في اليوم (120 ألف جالون) و محطتين في قرى مسندم هما كمزار بنظام التضاغط البخاري سعة 2 100 متر مكعب في اليوم (44 ألف جالون) و شيصة ثلاث وحدات بنفس التقنية. و توالت بعد ذلك العديد من محطات التحلية[8]

باستعراض التقنيات المستخدمة في سلطنة عمان خلال الفترة منذ عام 1970وحتى عام 1998، وجد أن نسبة استخدام تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل في تحلية مياه البحر بلغت 92.6 % ، تلتها تقنية التناضح العكسي بنسبة 7.1 % ، بينما بلغت نسبة استخدام تقنية ضغط البخار 0.3 %. وبذلك تمثل تقنية التبخير الومضي التقنية الرئيسية لتحلية مياه البحر في سلطنة عمان، ومن الملاحظ أن التوجه في إنشاء وحدات تعمل بتقنية ضغط البخار اقتصر على مشروع واحد فقط في مطلع الثمانينات، وفي حين تقلص إنشاء مشاريع بتقنية التناضح العكسي استمر التوجه في استخدام تقنية التبخير الومضي.

خامساً: دولة البحرين:

تم إنشاء أول محطة لتحلية مياه البحر (محطة سترة لإنتاج الكهرباء و الماء) بطاقة 5 ملايين جالون يوميا (حوالي 8.3 مليون متر مكعب سنويا)، و سرعان ما أرتفع إنتاج المياه المحلاة إلى خمسة أضعاف في عام 1985 بإضافة أربع وحدات تحلية لمحطة سترة، بواقع 5 مليون جالون يوميا لكل منها، لتصبح إجمالي الطاقة الإنتاجية 25 مليون جالون في اليوم (حوالي 41.47 مليون متر مكعب في السنة)، إضافة لدخول محطة أبو جرجور لتحلية المياه في نفس العام،

لتضيف بذلك 10 مليون جالون في اليوم (حوالي 16.6 مليون متر مكعب سنويا). و بحلول عام 1995 وصل الإنتاج السنوي إلى حوالي 65 مليون متر مكعب[9].

و باستعراض التقنيات المستخدمة في دولة البحرين منذ ذلك العام حتى عام 1998، وجد إن نسبة استخدام تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل في تحلية مياه البحر بلغت 98.9 % ، تلتها تقنية التناضح العكسي بنسبة 1.1 % وبذلك تمثل تقنية التبخير الومضي التقنية الرئيسية لتحلية مياه البحر في دولة البحرين، حيث استمر التوجه في مشاريع تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل بينما اقتصر إنشاء مشاريع تقنية التناضح العكسي على مطلع الثمانينات.

سادساً: دولة قطر:

باستعراض التقنيات المستخدمة في دولة قطر خلال الفترة منذ عام 1970وحتى عام 1998، وجد إن نسبة استخدام تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل في تحلية مياه البحر بلغت 97.3 % ، تلتها تقنية التناضح العكسي بنسبة 1.8 % ، بينما بلغت نسبة استخدام تقنية ضغط البخار 0.9%. وبذلك تمثل تقنية التبخير الومضي التقنية الرئيسية لتحلية مياه البحر في دولة قطر، ومن الملاحظ أن مطلع التسعينيات شهد إنشاء وحدات تعمل بتقنية التناضح العكسي وفي منتصف التسعينيات تم إنشاء وحدات تعمل بتقنية ضغط البخار.

تباين مسارات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي:

عند إحصاء تقنيات تحلية مياه البحر المستخدمة في دول مجلس التعاون الخليجي المنفذة منذ عام1970 وحتى عام 1998الجدول رقم (2) يتبين أن تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل هي التقنية الأكثر استخداما في تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي، حيث تصنف دول مجلس التعاون الخليجي على المستوى العالمي ضمن أول عشر دول مستخدمة لتقنية التبخير الومضي متعدد المراحل، وتأتى المملكة العربية السعودية في المركز الأول ثم دولة الإمارات العربية المتحدة ثم دولة الكويت، إما دولة البحرين فتحتل المركز السابع وتحتل سلطنة عمان المركز العاشر، وعلى مستوى دول مجلس التعاون الخليجي تعتبر دولة الكويت ودولة البحرين ودولة قطر في قائمة الدول التي تعتمد على استخدام تقنية التبخير الومضي متعدد الراحل في تحلية مياه البحر، من جانب آخر فان استخدام تقنيات التحلية الأخرى يتفاوت من دولة إلى أخرى فالمملكة العربية السعودية تأتى في قائمة دول مجلس التعاون الخليجي في استخدام تقنية التناضح العكسي تليها سلطنة عمان ثم الإمارات العربية المتحدة، ولا تحظى التقنيات الأخرى

وبالتحديد تقنية ضغط البخار وتقنية التبخير متعدد الأثر باهتمام واضح وتعتبر دولة الإمـارات العربية المتحدة الأكثر استخداما لها في دول المجلس.

جدول (2)

تقنيات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي (1970–1998) [3]

الدولة	تقنية التبخير الومضي %	تقنية التناضح العكسي (متر مكعب في اليوم)	تقنيات أخرى (متر مكعب في اليوم)
الكويت	100	–	–
المملكة العربية السعودية	87.5	12.3	0.2
الإمارات العربية المتحدة	92.1	5.1	2.8
عمان	92.6	7.1	0.3
بحرين	98.9	1.1	–
قطر	97.3	1.8	0.9

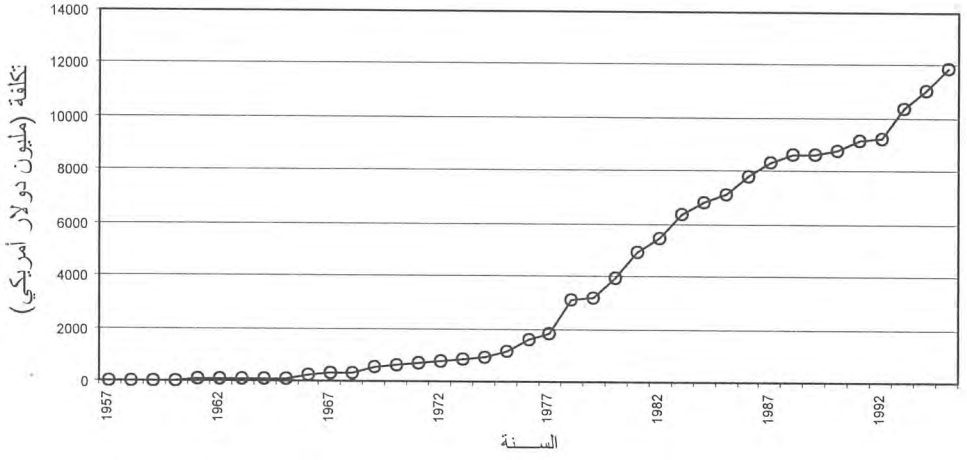
إن استمرار اختيار تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل لمعظم مشاريع تحلية مياه البحر يعكـس مدى القبول والاستحسان لدى المعنيين في الشئون المائية في دول مجلس التعـاون الخليجـي، وبعيداً عن المقارنات التفضيلية والتكاليف المالية الإنشائية والتشغيلية لتقنيات التحلية المتنوعـة، فان أحد أسباب تفضيل تقنية التبخير الومضي متعدد المراحل يكمن في الخبرة التشغيلية المكتسبة خلال ثلاثة عقود من الاستخدام في دول المجلس مما أدى إلى وجود طاقم كبير مؤهل في مجـال التشغيل والصيانة على مستوى كبير من المعرفة والقدرة ، كما أنها تميزت بتحمـل ظـروف تشغيلية قاسية.

وعلى الرغم من إجماع دول المجلس على استخدام تقنية التبخير الومضي متعدد المراحـل، إلا إن تفاوت استخدام تقنيات التحلية الأخرى يعكس النقص الكبير في تبادل المعلومـات وتبـاين الآراء. ففي حين تبتعد دول في المجلس عن استخدام تقنية التناضح العكسي تتجه دول أخـرى في إنشاء مشاريع بتقنية التناضح العكسي، ومع وجود خصوصيات لكل دولة من دول مجلـس التعاون الخليجي، إلا أن الظروف البيئية والأوضاع الاقتصادية ومصادر الطاقة متشابه إلى حـد كبير تصل الى درجة التطابق، وبذلك فإن المبرر لتفاوت تقنيات التحلية في دول مجلس التعاون

الخليجي يكاد يعدم. إن تفعيل تبادل الخبرات وتسهيل نقل المعلومات في مجال تحلية مياه البحر بين الجهات المعنية في دول المجلس مطلب مهم يساعد دول المجلس في تحديد مسار التحلية للسنوات القادمة. ولعل الجهود التي تقوم بها الأمانة العامة لمجلس التعاون الخليجي في دعم جمعية علوم وتقنية المياه، ولمؤتمر الخليج للمياه، والتنسيق بين دول المجلس لتبادل الزيارات للمختصين في شئون المياه يصب في توحيد الاتجاه، ويعود بفوائد كبيرة، ويحقق نتائج إيجابية، ويرفع مستوى التنسيق وتبادل المعلومات إذا ما استغل الاستغلال الأمثل مع مرور الوقت.

تكلفة وحدات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي:

تعتمد تكلفة بناء محطات مياه البحر على عدة عوامل منها سعة المحطة و موقعها و المواد المستخدمة في تصنيعها و غيرها من العوامل، و قد بلغت تكاليف إنشاء محطات وحدات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي أكثر من 13 مليار دولار أمريكي [10] من الفترة 1957 – 1995.



شكل (6): تكلفة وحدات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي في الفترة من 1957 – 1995(مليون دولار أمريكي)

التوقعات المستقبلية لتحلية المياه:

من المتوقع أن تواصل صناعة تحلية المياه تطورها، حيث ترى الوكالة الدولية للطاقة الذرية أن الطلب على المياه المحلاة سوف يتضاعف كل عشر سنوات، على مدى العشرين أو الخمس و العشرين سنة القادمة، مع معدل زيادة سنوية قدرها 7.18 % (IAEA 1922). الأمر الذي يجعل تحلية المياه إحدى الصناعات الرئيسية في العالم. إذ من المقدر لهذه الصناعة أن تزيد حجم مبيعاتها، من 4 مليار دولار عام 1991 إلى حوالي 57 مليار دولار عام 2016. و هذا يعني وصول معدل الزيادة السنوية إلى 12.2 % حتى يواكب الزيادة على طلب المياه المقدر ب 7.18 %.[11]

التوقعات و المشاريع المستقبلية لتحلية مياه البحر في دولة الكويت:

يتوقع في السنوات القادمة زياد استهلاك مياه الشرب مما يحتم بناء محطات تحلية جديدة موضحة كالتالي[5]:

1. مشروع إنشاء المرحلة الثالثة من مقطرات محطة الزور الجنوبية ويشمل تركيب أربع مقطرات بتقنية التبخير الومضي متعدد المراحل وبسعة إجمالية قدرها 261849.6 متر مكعب في اليوم، وقد تم توقيع عقد الاتفاق بين وزارة الكهرباء والماء وإحدى الشركات العالمية المتخصصة مع مطلع عام 2000، ومن المتوقع أن يتم دخولها الخدمة مع بداية عام 2002.
2. مشروع المرحلة الأولى من مقطرات محطة الصبية متعدد المراحل وبسعة 136380 متر مكعب في اليوم.
3. مشروع المرحلة الأولي من وحدات محطة الزور الشمالية بسعة 218208 متر مكعب في اليوم.

التوصيـــات

- تجارب دول مجلس التعاون الخليجي:

الاستفادة من تجارب وتوجهات دول مجلس التعاون الخليجي لتقليل التكلفة ورفع معدل الأداء بأسرع وقت ممكن، و التدرج في تقنيات تحلية مياه البحر الجديدة بسعات صغيرة في حال التطبيق ثم تطويرها في حال ثباتها أو إلغائها في حال عدم جدواها كما في تجربة دولة الكويت.

- تعزيز السياسات والاستراتيجيات المائية :

من خلال المعطيات السابقة والخبرات الكافية في مجال تحلية مياه البحر والتي تمتـــد الى خمسين عاما لا بد من توفر السياسات المائية والخطط الاستراتيجية الثابتة المستقبلية في دول مجلس التعاون الخليجي معتمدة على أسس علمية وخبرات فنية راسخة.

- مراكز المعلومات والخبرات :

إن تفعيل تبادل الخبرات وتسهيل نقل المعلومات في مجال تحلية مياه البحر بين الجـــهات المعنية في دول المجلس مطلب هام يساعد دول المجلس في تحديد مسار التحلية للســـنوات القادمة.

- التطوير المؤسساتي :

إنشاء هيئة شاملة للاضطلاع بشؤون المياه في كل القطاعات حيـــث إن المؤسســـات العاملة في مجال المياه مجزأة بين هيئات عديدة، و نادرا ما نجد وزارة واحدة تحمل علـــى عاتقها مسؤولية جميع الجوانب المتعلقة بمياه الشرب والمياه الجوفية والمياه السطحية ومياه الصرف الصحي، لذلك فإن من الأهمية بمكان إنشاء هيئات أصليـــة تختـــص بجميـــع قطاعات المياه[12].

- مراكز الدراسات والأبحاث التطبيقية:

دعم وتشجيع المراكز البحثية التطبيقية في مجال تحلية مياه البحر في سبيل تطويـــر أداء التقنيات المستخدمة وخفض التكلفة و إيجاد البدائل المناسبة.

المراجع :

[1] القرآن الكريم: سورة الأنبياء – آية 31

[2] The Worlds Water , The Biennial Report on Fresh Water Resources by Pater H. Gleick ص 30–31.

[3] 1998 IDA Worldwide Desalting Plants Inventory-Report No. 15 (June 1998)- WANGING CONSULTING GMBH

[4] مصادر المياه و استخداماتها في الوطن العربي.

[5] وزارة الكهرباء والماء ، 2000، كتاب الإحصاء السنوي لدولة الكويت.

[6] الفريج ، خ.م. ، العدواني ،ع.ع ،ذو الكفل ، ر.غ ، الرمـــح ، م.خ. ، 1997، تجربـــة التشغيل على درجة حرارة عالية (105م)، مؤتمر الخليج الثالث للمياه ، جمعية علوم وتقنية المياه.

[7] صوفي ، م.ع،1992، تنمية مصادر الماء الصالح للاستخدام ، مؤتمر الخليج الأول للميـــاه ، جمعية علوم وتقنية المياه ، الأوراق العلمية.

[8] الساجواني ط. م.،1997، تحلية المياه في سلطنة عمان (الماضي و الحاضر و المستقبل)، مؤتمر الخليج الثالث للمياه، 8–13 مارس 1997، مسقط، جمعية علوم و تقنية المياه، المجلد العربي

[9] عبد الغفار، ع أ.، 1999، التحديات المائية في دولة البحرين، مؤتمر الخليج الرابع للميـــاه، جمعية علوم و تقنية المياه، الأوراق العلمية.

[10] 2000 IDA Worldwide Desalting Plants Inventory-Report No. 16 WANGING CONSULTING GMBH

[11]،[12] المياه في العالم العربي .. آفاق و احتمالات المستقبل.

تلوث مياه الشرب بوسائط نقل وحفظ

مياه الشرب والسياسات المقترحة

م. خليفة محمد الفريج، م. عبدالله عوض العدواني، ك. محمد كمال عبدالعليم

تلوث مياه الشرب بوسائط نقل وحفظ مياه الشرب والسياسات المقترحة

م.خليفة محمد الفريج* **م.عبد الله العدواني*** **ك.محمد كمال عبد العليم***

* مركز تنمية مصادر المياه وزارة الكهرباء والماء دولة الكويت

الملخص

تعتبر مراقبة نوعية مياه الشرب والمحافظة عليها من المهام الرئيسية لقطاعات المياه المسؤولة عن إنتاج وتوزيع المياه ، حيث تتحمل الجهات المعنية التكلفة العالية في مراقبة نوعية مياه الشرب في مراحل متعددة حتى وصولها للمستهلك.

هناك حلقة مفقودة في مراقبة نوعية مياه الشرب ربما تؤدى إلى تلوث مياه الشرب والتي تسمي بوسائط نقل وحفظ مياه الشرب . إن الاهتمام بهذه الحلقة يعد من المراحل الهامة في إكمال مراقبة نوعية مياه الشرب، حيث أن حوادث تلوث مياه الشرب بوسائط نقل وحفظ مياه الشرب التي حدثت من قبل تعتبر مؤشر واضح لهذه الحلقة.

في هذا الورقة يتم تسليط الضوء علي مشكلة وسائط نقل وحفظ مياه الشرب وتأثيرها علي نوعية مياه الشرب والسياسات المقترحة لإكمال دور عملية مراقبة نوعية مياه الشرب وضمان وصولها للمستهلك طبقا للمواصفات العالمية.

مفاتيح البحث: وسائط نقل المياه وحفظ مياه الشرب – مراقبة – التلوث مواصفات

المقدمة

المياه ضرورة حيوية للإنسان ، فمتى توافرت المياه لأي شعب بمقادير مناسبة وثابتة وسهولة إمكانية الحصول عليها توافرت سبل الحياة، واتجهت معها البلاد إلى الاستقرار والتشييد والتنمية وبناء الحضارة. ولقد بدأ التوجه الحالي مع إطلالة القرن الحادي والعشرين إلى تقرير المحافظة على نوعية المياه من الملوثات المختلفة حيث إن مسألة تأمين مياه صالحة للاستعمال أصبحت لا تقل أهمية عن إنتاج مياه الشرب وتوفير كميتها، والذي تم تأكيده من قبل المشاركين في مؤتمر دبلن بايرلندا عام 1992 والذي خص محور "حماية الموارد المائية ونوعية المياه" بفريق عمل مستقل ليعمل على تدارس مختلف الجوانب التي يطرحها المختصون بهذا المحور لحماية نوعية المياه من التلوث بكل أشكاله ، حيث قسمت أعمال هذا الفريق إلى عدة محاور أساسية تشتمل علي حماية الموارد المائية وصيانتها كمحور أول، ورصد ومراقبة الموارد المائية كمحور ثان ، بالإضافة إلى الوقاية من تلوث المياه ومكافحته كمحور ثالث.كما خلص هذا المؤتمر إلى أن الموارد المائية مورد متكامل لدرجة انه لا يمكن بحث قضايا الكم بمنأى عن قضايا النوع. فنظرا للارتباط الوثيق بين كمية المياه ونوعيتها في تحديد قيمتها، فان تدهور نوعية المياه يؤدي إلى انخفاض في قيمة المياه أو فقد القيمة الاقتصادية للمورد حسبما تكون عليه درجة التلوث(1).

وبالفعل بدأت برامج المتابعة لنوعية المياه في شبكات المياه العامة بالتقنية والمتابعة ووضع الخطط والاستراتيجيات لحماية هذا النظام من التلوث بداية من المصادر وانتهاء عند وصوله للمستهلك.وتعددت الإدارات المعنية للمتابعة والمراقبة والبحوث والدراسات لتلافي أي تلوث لهذا المصدر الحيوي الهام، حيث أن متابعة نوعية المياه تتطلب تعزيز الإمكانيات المختلفة.

وعموما، فإن تلوث المياه في أي مرحلة من المراحل يعد تلوثا للمياه بشكل عام سواء كانت هذه المرحلة من بداية الإنتاج أو في أي مرحلة من مراحل الإنتاج والنقل والتوزيع أو حتى في نهايات الشبكة عند المستهلك ، بل إن أي تغير في نوعية المياه أو خواصها الطبيعية من لون أو طعم أو رائحة يعد تلوثا قد تكون له أضرار غير محسوبة. وامتداد الشبكات المائية العامة للدولة يضع عليها جهوداً كبيرة من المتابعة للحفاظ على نوعية المياه حيث تبذل جهود خفية من المتابعة والتحليل لضمان نوعية المياه ووصولها خالية من الملوثات والشوائب للمستهلكين. فالتلوث لا يضر بالصحة العامة فقط بل يذهب لأبعد من

ذلك للضرر بالاقتصاد العام من خلال زيادة النفقات لإزالة التلوث كأحد الأضرار (2). ومن خلال التجارب المكتسبة من عقد برنامج الأمم المتحدة الإنمائي للمياه في المناطق الريفية والحضرية على حد سواء، اتضح إمكانية تخفيض الإصابة بالأمراض التي تنقلها المياه وتصيب الأطفال بين سن الميلاد وسن الرابعة عشر بنسبة الثلث من خلال العمل علي توفير مياه غير ملوثة(1).

وتتحمل قطاعات المياه حماية المياه من التلوث في مرحلة إنتاجها ووصولها للشبكة فقط، إلا أن هناك مرحلة أخيرة لا يتم متابعتها وتعرضها للتلوث قد يؤدي إلى عدم صلاحية المياه للشرب وتلك المرحلة تكون عادة عند المستهلك نتيجة استخدام ما يسمي بوسائط نقل وتخزين مياه الشرب.

ووسائط نقل وحفظ مياه الشرب هذه متوفرة بأشكال وأحجام متعددة في الأسواق التجارية تشمل أنماطا كثيرة، حيث تنوعت وسائط نقل وحفظ مياه الشرب واستعملت فيها مواد متنوعة ربما يؤدى بعضها إلى تلوث المياه إذا لم يتم اختيارها بعناية. وتختلف هذه المواد فيما بينها من مواد معدنية إلى مواد غير معدنية ومن مواد طلاء ومعاجين فواصل إلى أنابيب وخزانات وتتباين المواد المصنعة لتشكل مجموعات كبيرة من المواد تختلف فيما بينها لغرض استعمالها(3)، إلا أنه لا توجد جهة رقابية مسؤولة على مراقبة تلك المواد ولا تشريعات تلزم المورد بوجوب وجود شهادات صلاحية لهذه المواد لضمان عدم تلوث المياه أو تأثيرها علي نوعية المياه بأي شكل من الأشكال ووصول المياه سليمة إلى المستهلك. مما حذا باكتشاف حلقة بالغة الأهمية قد تكون مفقودة في مراقبة نوعية وجودة مياه الشرب وهو عدم مراقبة نوعية وسائط نقل وحفظ مياه الشرب المتعددة علي الرغم من الجهود المبذولة والنفقات الباهظة للمراقبة.

منهج البحث

يعتمد هذا البحث علي عدة خطوات كالتالي:-

1- بحث وتصنيف مواد نقل وحفظ المياه المحلية والعالمية المتاحة بالأسواق

2- حتمية الإشراف والرقابة

3- مجالات الإشراف والرقابة

4- نماذج دولية ومدي ملاءمتها للظروف المحلية

5- الإطار العام المقترح لسياسات الإشراف والرقابة وتحقيق فاعلية هذا الدور

أولا- بحث وتصنيف مواد نقل وحفظ المياه المحلية والعالمية المتاحة بالأسواق :-

1. تعريف وسائط نقل وحفظ مياه الشرب :-

وسائط نقل وحفظ مياه الشرب هي مواد تستخدم على نطاق واسع في أعمال مياه الشرب فهي تشمل كل ماله احتكاك مباشر أو ملامس لمياه الشرب حيث يتم عن طريقها نقل مياه الشرب أو تخزينها أو تبريدها أو تسخينها أو حمايتها من مواد الصدأ والتآكل سواء كانت معدنية أو غير معدنية أو مواد مصنعة أخرى كالمواد العضوية المكونة للطلاءات وخلافه. وتدخل هذه المواد في تصنيع أنواع متعددة من وسائط نقل وحفظ مياه الشرب فلا يخلو منها منزل بالإضافة إلى استخدامها في شبكات مياه الشرب العامة والداخلية ومنها : خزانات مياه الشرب ، الأنابيب بأنواعها ، مبردات مياه الشرب ، مواد طلاء خزانات مياه الشرب ، الفواصل المطاطية ، موانع الصدأ والتآكل والفلاتر وأجهزة تنقية ومعالجة مياه الشرب بأنواعها المختلفه (3).

2. تصنيف وسائط تخزين ونقل مياه الشرب:-

تصنف وسائط نقل وحفظ مياه الشرب إلى الأتي(3):-

أولا:- طبقا للمواد الداخلة في تصنيعها تصنف إلى:

ا- مواد معدنية :- وهي تتضمن العديد من المواد الملاصقة لمياه الشرب وهي تتكون من معدن واحد أو عدة معادن متحدة (Alloy) وتشتمل هذه المواد علي ما يلي :-

- الأنابيب ووصلات التمديدات والصمامات المعدنية
- خزانات المياه المعدنية
- مواد الطلاء المعدنية بخزانات وأبراج المياه
- الأجهزة الملاصقة للمياه كالبرادات وسخانات المياه
- أجهزة معالجة المياه وتشتمل على أجهزة تصفية وتنقية مياه الشرب مثل الفلاتر بأنواعها ووحدات التبادل الأيونى ووحدات تخفيض عسر المياه وأجهزة تعقيم المياه بالأشعة تحت البنفسجية.

ب- مواد غير معدنية :- وهي تشمل أيضا العديد من المواد البلاستيكية الألياف الزجاجية (Fiberglass) والأسمنتية ومن أهم هذه المواد ما يلي:-

- الأنابيب ووصلات التمديد غير المعدنية

- خزانات المياه وتشمل الخزانات البلاستيكية والفيبرجلاس (الألياف الزجاجية) والأسمنتية
- مواد الطلاء الغير معدنية بخزانات المياه
- معاجين الفواصل والمواد المالئة للتشققات
- بعض المواد المستخدمة في أجهزة معالجة وتنقية المياه.
- الزجاجات البلاستيكية المستخدمة في المياه المعدنية المعبأة
- المواد العازلة والمبطنة والمواد اللاصقة
- المواد التي تضاف إلى الخرسانة في الخزانات الخرسانية بغرض عزلها و تقويتها.
- مواد صيانة الخزانات الخرسانية كمواد التشحيم والأشرطة العازلة وغيرها
- مواد كيماوية تستخدم في معالجة مياه الشرب كمواد التعقيم ومواد معادلة الرقم الهيدروجيني
- مانعات التسرب ومانعات الصدأ والترسب
- عدادات المياه

3. نظام استخدام وسائط نقل وحفظ مياه الشرب بمنازل المستهلكين في دولة الكويت:

يتكون النظام الداخلي لشبكة مياه الشرب بالمنازل من أنظمة متعددة من وسائط نقل وحفظ مياه الشرب والتي تنتهي عندها مسؤولية وزارة الكهرباء والماء وذلك عند مرحلة بداية دخول المياه إلى المنزل بدأ بعداد المياه ، وتكون مسؤولية تلوث المياه في هذه المرحلة الأخيرة من مسؤولية المستهلك .

ويتكون النظام عادة من التالي :

- خزان للمياه : ويختلف في مواد تصنيعه من منزل إلى أخر بين الألياف الزجاجية أو الحديد أو الأسمنت أو مواد أخرى كما تتنوع سعته ويوجد في أعلى نقطة في المنزل بحيث يكون مفيدا وموزعا للضغوط ويستخدم في الأوقات العادية وأوقات الطوارئ. وعادة ما تكون مشاكل تلوث المياه من نوعية استخدام خزانات غير مناسبة وعملية صيانتها ومتابعتها مما يجعلها عرضة للتلوث.

- الشبكة الداخلية : وتتكون من أنابيب ووصلات وصمامات متعددة بعضها يكون من البلاستيك أو النحاس أو أي مواد أخرى وهى متوفرة بأنواع عديدة بالأسواق وبنوعيات مختلفة.
- الفلاتر (المرشحات) : تتبارى الشركات التجارية في عرض أنواع شتى من المرشحات المترلية زاعمة بفائدتها الواعدة دون ضمان فعلي بتنقية المياه من الملوثات وعدم إضافة ملوثات أخرى إلى المياه ومطابقة المياه الناتجة لمواصفات مياه الشبكة المنتجة من الوزارة والمطابقة لمواصفات مياه الشرب العالمية ، حيث لا توجد مواصفات أو اشتراطات رسمية لاستخدام هذه المرشحات كما لا توجد جهة رقابية لمراقبة الأسواق. وتتعدد أنواع المرشحات المستخدمة من قبل المستهلك بين الفلتر المركزي والفلتر البسيط وبين الفلتر الرملي أو الكربوني أو الفخار. وهنا نجد أن الفلتر قد يؤدى في بعض الأحيان إلى تلوث المياه إذا لم تتبع التعليمات الواضحة للفلاتر أو لم يلتزم بالمدة الزمنية المحددة لعمره الافتراضي.
- مبردات وسخانات مياه الشرب: وهي أجهزة تستخدم لتبريد أو تسخين مياه الشرب وهي لازمة لمختلف الأغراض حيث لا يخلو منها مترل أو مؤسسة ، وتتبارى أيضا الشركات التجارية في عرض العديد من هذه الأجهزة والتي تدخل في صناعتها مواد عديدة ومتفرقة.
- مياه الشرب المعدنية المعبأة: تتنوع المياه المعدنية المعبأة المتاحة في الأسواق بدولة الكويت فمنها المحلي ومنها الخليجي وحتى العالمي وقد بلغت نسبة ما هو متوفر بالأسواق علي ما يزيد على المليونين دينار كويتي سنويا، ومعظم المستهلكين يعتقد بأن كل المياه المعدنية هي مياه صحية خالية من أي ضرر تسببه ، وهذا ليس مطلق بل يعتمد علي نوعية المياه المعبأة ومراحل تعبئتها ونقلها وتخزينها، بالإضافة إلى أن بعض الأنواع من المياه المعدنية قد تحتوى على نسبة من الأملاح المعدنية التي قد تضر بصحة بعض المرضي(12).

ثانيا– حتمية الإشراف والرقابة :–

أن الهدف الأساسي من الإشراف والرقابة هو ضمان استمرارية استخدام وسائط نقل وحفظ مياه الشرب والعمل علي حماية مياه الشرب دون التأثير علي نوعية المياه الواصلة

إلى المستهلك تحقيقا لدور توفير مصادر مياه شرب آمنة للمواطنين وإيمانا بتحمل النفقات العالية لتوفير تلك المصادر بالإضافة إلى النفقات الباهظة لعلاج الآثار الجانبية لتلوث المياه سواء بمصادرها أو بعلاج الحالات المرضية وضعا في الاعتبار مدة توقف الإنتاج أو تعطل الأيدي العاملة عن العمل.

1. التلوث بوسائط تخزين ونقل مياه الشرب:-

يعتبر تلوث مياه الشرب عن طريق وسائط نقل وحفظ مياه الشرب من أنواع التلوث الذي لا يتم معرفته بسهولة، حيث انه يشتمل على تلوث يحدث عند المستهلك مباشرة ولا تتمكن الجهات المعنية متابعته بشكل دقيق .وقد يشتمل التلوث على أنواع متعددة من التلوث نظرا لتعدد مواد وسائط نقل وحفظ مياه الشرب وتعدد المواد التي تستخدم في صناعته، وبالتالي تتعدد المواد السامة التي قد تنتج منها وآثار التلوث الناتج . والتلوث في هذه الحالة نوعان هما(13) :-

- تلوث فيزيائي : ومن أهم صفات هذا النوع من التلوث انه ينجم عنه تغير في طبيعة مياه الشرب وذلك بزيادة الرقم الهيدروجيني للمياه أو بزياد عسر المياه أو بزيادة المحتوى الملحي للمياه ، كما قد يؤدى إلى تغير في لون أو طعم أو رائحة المياه.
- تلوث كيميائي ، وينتج هذا التلوث عن طريق دخول بعض العناصر من مواد كيميائية غريبة فلزية وغير فلزيه إلي مياه الشرب ومن أهمها :-

- عناصر أساسية : وهي تؤدى إلي زيادة بعض نسب عناصر المكونات الرئيسية بمياه الشرب والتي قد تكون لها آثار ضارة بالصحة العامة مثل زيادة نسب النترات والصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم والامونيا والسيانيد والسيلكا. ولقد أثبتت بعض الدراسات بوجود علاقة بين زيادة هذه العناصر وبعض الأمراض كعلاقة النترات والامونيا بزرقان الأطفال وعلاقة زيادة نسبة عنصر الصوديوم ومرض ضغط الدم وزيادة السيلكا وتليف الكبد والطحال والكلي ، أضف إلي ذلك أن النقص في بعض هذه المواد قد يؤدى إلى إصابة الإنسان بأمراض مختلفة ومن الامثله علي ذلك أن نقص في نسبة عنصر الكالسيوم والماغنسيوم قد يزيد من الإصابة بأمراض القلب (12).
- عناصر نادرة وتشمل علي العديد من العناصر النادرة التي تقع معظمها ضمن العناصر السامة مثل الرصاص والزئبق والنيكل والكادميوم والبورون والكروميوم والكوبالت

والخارصين والسلينيوم وغيرها. وتعد معظم العناصر النادرة عناصر سامة لها أضرار تراكمية أي يظهر آثار بعضها بعد عدة سنوات نتيجة تراكمها في أنسجة الجسم وخلاياه . ومن العناصر النادرة ما هو سام ومنها ما يؤدى إلى الإصابة ببعض الأمراض كمرض السرطان (13،14).

- مواد عضوية :- وتشمل علي العديد من المواد ومعظم هذه المواد تسبب تغيراً في الخواص الفيزيائية للمياه من لون أو طعم أو رائحة بالإضافة إلى أن معظمها سام وتعد من مسببات بعض الأمراض مثل مرض السرطان(13،15).

- تلوث بيولوجي: ويحدث هذا التلوث عن طريق الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والتي تنمو بالخزانات أو خطوط المياه نتيجة ضعف الصيانة وهي نتيجة لظهور هذه الكائنات يحدث تغير في لون أو طعم المياه أو حتى رائحة المياه بالإضافة إلى أن بعضها يفرز بعض المواد السامة. كما يحدث هذا التلوث أيضا عن طريق انتشار الكائنات البكتيرية والتي قد تسبب العديد من الأمراض الوبائية الخطيرة(13)، وكثيرا ما تؤدي المواد التي تتكون منها وسائط حفظ المياه ونقلها المتاحة بالأسواق إلى زيادة المحتوى العضوي للمياه مما يساعد على نمو البكتريا ويسبب تغيراً في نوعية المياه التي تسبب بدورها أضراراً عديدة للمستهلكين.

نموذج الحالات التي أدت بتلوث مياه الشرب بوسائط تخزين ونقل مياه الشرب:-

1- حادث برادات مياه الشرب بدولة الكويت:-

ربما تصل مشاكل تلوث وسائط نقل وحفظ مياه الشرب إلى حوادث تصل إلى مستويات عالية من التلوث مما يسترعى انتباه المسؤولين إلى خطورة هذه المرحلة الأخيرة عند المستهلك والتي قد تؤدى إلى ضياع وفقد للجهود السابقة التي بذلت من الدولة لمراقبة نوعية مياه الشرب في المراحل السابقة من بداية إنتاجها حتى وصولها إلى المستهلك. وعلى سبيل المثال لقد كانت تجربة الكويت عام 1994 – 1995 من ظاهرة انتشار تلوث مياه الشرب نتيجة استخدام وسائط نقل وحفظ للمياه غير سليمة أدت إلى تلوث مياه الشرب في نهايات الشبكة عند المستهلك.

ولقد وقعت هذه المشكلة في دولة الكويت عندما قام مركز تنمية مصادر المياه باكتشاف مشكلة تلوث مياه الشرب بعنصر الرصاص وتبين السبب بعد دراسة ومتابعة في انه يعود

إلى استخدام مواد غير صحية بمياه الشرب. حيث أعزى السبب المباشر للتلـــوث نتيجـــة استخدام مبردات مياه الشرب لدى المستهلكين غير مناسبة والتي تسبب عنـــها زيـــادة في عنصر الرصاص بمياه الشرب لاحتواء مواد اللحام المستخدمة بلحام الخزان الداخلي لبرادات مياه الشرب علي هذا العنصر والتي بدورها تسببت في تلوث مياه الشرب بعنصر الرصاص ، وقد تم فحص أنواع متعددة من المبردات ومن شركات متعددة ومن مواقع متفرقة والـتي أثبتت تلوث مياه الشرب الناتجة من البرادات بعنصر الرصاص(4).

ولقد اتخذت عدة إجراءات في تلك الفترة منها : منع تصنيع أنواع معينة من البرادات بقرار وزاري ، وسحب المبردات لدى المواطنين وتعديلها ، وتشكيل لجنة لوضـــع مواصفـــات لمبردات مياه الشرب تحمى المياه من التلوث والمنتشرة بالأسواق ، سواء كانت مواد محليـــة أو دولية والذي كان علي أثره صدور مواصفة برادات مياه الشرب رقم م ق ك/97/873.

2. الخبرات السابقة:-

فحص المواد المستخدمة في أغراض مياه الشرب بمركز تنمية مصادر المياه :

لأهمية فحص وسائط نقل وحفظ مياه الشرب وملائمة بعضها للمقاييس العالميـــة لميـــاه الشرب أو عدم ملاءمة البعض الآخر لتلك المقاييس ، لذا كان لزاما عرض الخبرات السابقة لفحص تلك المواد ومن أهم تلك الخبرات خبرة مركز تنمية مصادر المياه التـــابع لـــوزارة الكهرباء والماء بدولة الكويت. ويشمل مركز تنمية مصادر المياه على مختبر يعمل علـــى فحص المواد التي لها اتصال مباشر بالمياه وفحص سميتها ضمن المواصفات العالمية ، وذلـــك لضمان وتأكيد سلامة المواد التي تتصل بالشبكة العامة للمياه والمسئول عن مراقبتها بصفـــة دورية مركز تنمية مصادر المياه التابع لوزارة الكهرباء والماء.

ونتيجة لتفهم الوزارات والهيئات الرسمية لدور هذا الفحص وأهميته في المحافظة علي نوعيـــة مياه الشرب فهي تلزم المورد للمشاريع الرسمية بوجوب حصوله علي شهادات صلاحية من مختبرات معتمدة بالدولة مثل مختبرات مركز تنمية مصادر الميـــاه أو أي مختـــبرات رسميـــة بالدولة.

ويقوم مركز تنمية مصادر المياه بإجراء العديد من التحاليل والفحوصات لمواد لها اتصـــال مباشر بمياه الشرب وتستخدم في شبكات المياه ، كفحص السمية حفاظا على صلاحيـــة

المياه وحمايتها من التلوث وللتأكد من صلاحية استعمال تلك المواد، ولقد وصل المعدل السنوي لهذه المواد لأكثر من 92 مادة 87% منهم معدني والباقي غير معدني يشمل الأنابيب والصمامات بالإضافة إلي الخزانات والفلاتر ومواد الطلاء(3).

ومن خلال الخبرة الطويلة لمركز تنمية مصادر المياه والتي تصل لأكثر من 32 عام وجدت العديد من المنتجات العالمية سواء أنابيب أو خزانات أو فلاتر لا تصلح للاستخدام في مياه الشرب من منطلق الحقيقة التي مفادها "أن ليس كل ما ينتج أو يظهر بالأسواق يكون بالضرورة صالح للشرب أو ليس كل ما يعلن عنه يكون بالضرورة ليس ضار، بل أن بعض المواد سواء كانت المحلية أو العالمية قد تكون ضارة" فبعض الفلاتر علي سبيل المثال قد تؤدى إلى إخفاء مواد وظهور مواد أخرى بالمياه وقد تكون للمواد التي اختفت لها أهمية والمواد التي ظهرت لها أضرار، كما أن بعض الخزانات والأنابيب التي تظهر بالأسواق قد تؤدى إلى زيادة المحتوى المعدني أن كانت من المعدن أو زيادة المحتوى العضوي أن كانت من البلاستيك أو الفيبرجلاس وبعضها يكون مشجعاً لنمو البكتريا الضارة بالصحة. أضف إلي ذلك بعض المواد العازلة والمبطنة وبعض مواد طلاء الخزانات التي قد تكون لها آثار اكثر من ذلك ضررا . وقد بلغ عدد المواد التي تم فحصها بالمركز خلال الفترة من يناير 1995 وحتى مايو 2000 اكثر من 394 مادة منها 311 مادة معدنية و83 مادة غير معدنية، وتم رفض اكثر من 27 مادة غير معدنية فقط من اصل 83 مادة تم فحصها أي بنسبة 33 % . وهذا قد يعني أن ليس كل ما ينتج من مواد هو صالح للاستخدام في أغراض مياه الشرب، والدليل علي ذلك انه رفض ما يعادل نسبة 15 % من إجمالي الأنابيب البلاستيك التي تم فحصها نتيجة زيادة بعضها للمحتوى العضوي وتشجيع بعضها للنمو البكتيري، كما تم رفض ما يعادل نسبة 47 % من إجمالي خزانات الفيبرجلاس التي تم فحصها وما يعادل نسبة 52 % من إجمالي مواد الطلاء التي تم فحصها ونسبة 50 % من إجمالي الفلاتر التي تم فحصها. ويرجع السبب في ذلك إلي احتواء بعض هذه المواد علي مواد سامة ، كما قد احتوى البعض إلى زيادة المحتوى العضوي والبعض إلى زيادة البكتريا كما أدى البعض إلى زيادة المواد العضوية السامة والتي بعضها يسبب السرطان كما أن بعض المواد أدى إلى تغير الخواص الفيزيائية للمياه من لون وطعم ورائحة. ومما يدعو للأسف أن المواد السامة لا تظهر أي لون أو طعم أو رائحة ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة(3).

3. نتائج استبيان عام 1997:-

من خلال استبيان Questioner قام به مركز تنمية مصادر الميـــاه في يوليـــو عـــام 1997 للتعرف علي نوعية استخدام المواطنين لوسائط نقل وحفظ مياه الشرب وعلي مدى وعـــي المواطنين بأهمية اختبار تلك المواد ووجوب وجود شهادات صلاحية تلك المواد وخلوها من الملوثات. ولإجراء هذا الاستبيان تم تغطية كافة مناطق الكويت ، كما حرص علي شمولـــه كافة فئات المجتمع كالأتي(5):-

- فئة العمر أقل من 30 سنة: بلغت نسبتهم 32% .
- فئة متوسطي العمر (من 30-40 سنة):- بلغت نسبتهم بالاستبيان حوالي 46%
- فئة العمر لأكثر من 40 سنة : بلغت نسبتهم 22% ،

كما شمل الاستبيان علي فئات المتعلمين وغير المتعلمين بالمجتمع كالآتي:

- حاملي الشهادات العليا والجامعية: بلغت نسبتهم من 50 %
- حاملي الشهادات المتوسطة و الثانوي وغيرها : بلغت نسبتهم أيضا 50 % .

وشمل الاستبيان عدة أسئلة وكانت نتائج الاستبيان كالأتي(5):-

- خزانات المياه : بلغت نسبة من يستخدم خزانات مياه مصنعة من الألياف الزجاجيـــة 92 % ومن الحديد المجلفن 4% والنسبة الباقية لمن يستخدم خزانات مصنعـــة مـــن أنواع أخرى ، ومنهم من يهتم بصيانة وتنظيف الخزان سنويا بنسبة 32% ومن يقـوم بهذه العملية كل سنتين بنسبة 23 % ومن يقوم بها كل فترة طويلة بنسبة 44%.
- الأنابيب الداخلية للشبكة:- : بلغت نسبة من يستخدم أنابيب مياه مصنعـــة مـــن البلاستيك 52% في حين نسبة من يستخدم أنابيب معدنية من النحـــاس والحديـــد 48% وتبين أن نسبة 45% منهم عمر الشبكات الداخلية لديهم حديث لا يزيد علي الخمس سنوات ونسبة 26% عمر الشبكة لديهم 10 سنوات والنسبة الباقية لأكثر من عشر سنوات (7).
- المرشحات (الفلاتر): بلغت نسبة من يستخدم فلاتر رئيسية مركزية بالمنـــازل 36% والباقي يستخدم فلاتر بسيطة صغيرة لمياه الشرب بالمطبخ، وكانت نسبة من يعتقد بان كلما زاد عدد الفلاتر كان افضل لنقاوة المياه 30% ونسبة من يقوم بصيانة وتغير هذه الفلاتر بصفة دائمة 50%.

- الوعي بوجوب صلاحية وسائط النقل والتخزين:- بلغت نسبة من يعتقد بان وسائط حفظ ونقل مياه الشرب يجب أن تحمل شهادات صلاحية من مختبرات رسمية معتمدة بالدولة أو جهات أجنبية 59 % ، وفي الوقت نفسه تساوت نسبة نوعيات الشهادات سواء كانت من مختبرات رسمية معتمدة بالدولة أو من مختبرات خارجية عالمية علي الرغم من اختلاف الظروف البيئية.

ثالثا مجالات الإشراف والرقابة :-

تركز مبادئ الإشراف والرقابة علي وسائط نقل وحفظ مياه الشرب دوليا علي وجود شروط ومواصفات لمختلف الأنواع من وسائط نقل وحفظ مياه الشرب سواء كان إنتاجها محليا أو مستوردة دوليا من الخارج ، وتشتمل هذه المواصفات علي عدة قيود لتوافر مثل هذه المنتجات بالأسواق. وتتضمن أهمية تلك المواصفات والشروط في كونها بمثابة خط الدفاع الأول لحماية مياه الشرب من التلوث واحتمالية تعرض المواطنين لأخطار سمية بعض المواد.

وتعطي هيئات رسمية مسئولية الإشراف والرقابة في معظم دول العالم، كما تدعم بقدر من الأهمية لاتخاذ الاحتياطات اللازم تكوينها والقواعد التي تراعي في تحديد هذه الاحتياطات بما يكفل عدم تسرب أي من المنتجات الضارة بنوعية المياه وبصحة المستهلك إلى الأسواق.

1. الجهات الرسمية المسؤولة عن متابعة التلوث :

تتعدد الجهات الرسمية المسؤولة عن متابعة وحماية مصادر المياه من التلوث سواء كانت مياه البحر أو المياه الجوفية. وكثيرا ما تتشابك في اختصاصات تلك الجهات وذلك لاهتمام الدول بمثل هذه المصادر الحيوية منعا للتلوث. ومن الجهات الرسمية المسؤولة مسؤولية مباشرة لمتابعة مصادر المياه في دولة الكويت : هي الهيئة العامة للبيئة ووزارة الكهرباء والماء ووزارة الصحة العامة، وقد تكون هناك جهة واحدة أو أكثر مسئوله مسئولية مباشرة عن دخول المواد المستخدمة لأغراض مياه الشرب في الأسواق سواء كانت محلية أو دولية ولكنها لا ترقى إلي مستوى متابعة ومراقبة نوعية هذه المواد كما بباقي مراحل متابعة مياه الشرب.

2. المواصفات والمقاييس والتشريعات :- المواصفات هي مقاييس محلية أو دولية للمنتج الموجود سواء بمواصفات إنتاجه أو بطرق اختباره أو بشروط عدم تأثره بالظروف البيئية أو تأثيره على البيئة المحيطة به. ومن أجل تنفيذ هذه المواصفات والالتزام بها تكون هناك

تشريعات تلزم المنتج والمورد باتباع المواصفات والنظم الحاكمة لهذا الأمر. وعلى المستوى العالمي هناك العديد من مواصفات ومقاييس مواد وسائط حفظ ونقل المياه، كما توجد العديد من اللوائح والنظم والقوانين والتشريعات الملزمة، وفي دولة الكويت والمنطقة الإقليمية الخليجية والعربية توجد هيئات للمواصفات والمقاييس ولكنه ليس هناك مواصفات أو مقاييس أو تشريعات كاملة للتحكم في دخول الكثير من المواد الملامسة لمياه الشرب إلى الأسواق. إضافة إلي ذلك فأنه لا توجد شروط لوجوب وجود شهادات صلاحية مع المواد المتاحة بالأسواق بل نجد بعض المواصفات المتفرقة لبعض المنتجات التي قد لا تفي بالغرض والتي لا تتضمن كافة أنواع وسائط تخزين ونقل مياه الشرب، كما انه ليست هناك التشريعات الرادعة للمخالفين من أجل حماية المياه من التلوث وحماية المستهلك من الاستغلال.

رابعا:-نماذج دولية ومدى ملاءمتها للظروف المحلية:-

اتخذت معظم دول العالم منذ سنوات عدة خطوات جادة علي طريق إصدار مواصفات ومقاييس لوسائط تخزين ونقل مياه الشرب، وذلك حفاظا على نوعية مياه الشرب وحماية المستهلك من أي أضرار قد تلحق به. ولذا أصدرت هذه الدول التشريعات اللازمة وتدارست المواصفات القياسية لكل من هذه المواد وحددت الهيئات المسئولة والمختصة بهذا العمل ومن هذه الهيئات ما هو عالمي ومنها ما هو محلي كالأتي:-

- المواصفات العالمية للمنظمة العالمية للمواصفات والمقاييس (ISO)
- المعهد القومي الأمريكي للمواصفات (ANSI)
- الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM)
- هيئة أعمال المياه الأمريكية (AWWA)
- معهد المواصفات البريطاني (BSI)
- المعهد الألماني للمواصفات (DIN)

كما إن هناك بعض المواصفات الموحدة للبلدان العربية والبلدان الخليجية وبعض الهيئات للمواصفات المحلية المختلفة كالأتي:-

- المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس (ASMO) جامعة الدول العربية
- هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي
- شئون المواصفات والمقاييس الهيئة العامة للصناعة دولة الكويت

- الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس المملكة العربية السعودية
- الهيئة العامة للمواصفات والمقاييس جمهورية مصر العربية

وبتفحص معظم المواصفات القياسية العربية والإقليمية لم يكن هناك مواصفة محددة لكافة عناصر المواد المستخدمة والملامسة لمياه الشرب بل عدة مواصفات متفرقة لا تفي بالغرض كما يلي(6-9):-

- المواصفة الكويتية رقم 95/799 والخليجية رقم 95/588 لخزانات المياه المترلية المصنوعة من ألواح الصلب الطري المجلفن(6).
- المواصفة الكويتية رقم 95/37 والخليجية رقم 94/459 لخزانات مياه الشرب الأفقية المصنوعة من راتنجات البوليستر المقواه بالليف الزجاجي(6).
- المواصفة الكويتية رقم 82/140 لأنابيب البولي فينيل كلوريد الصلبة لاستعمالات المياه البارد(6).
- المواصفة الكويتية رقم 97/873 لفحص مبردات مياه الشرب(6).
- المواصفات السعودية رقم 76/14 ورقم 76/15 لأنابيب مياه الشرب من البلاستيك غير اللدن (عديد كلوريد الفينيل)، (7).
- المواصفات السعودية أرقام 407، 408،452/89 ورقم 86/454 ورقم 93/455ورقم 86/465 ورقم 87/499 ورقم 677و 91/678 لطرق اختبار مياه الشرب والمياه المعدنية الأجزاء من 1-13(7).
- المواصفة القياسية العربية رقم 951-88 لعدادات الماء البارد(7).
- المواصفات العربية رقم 643 و621 توصيات رقم 27و29و30 لأنابيب مواد اللدائن (البلاستيك) والأنابيب والوصلات المصنوعة من مواد اللدائن(8).
- المواصفة العربية رقم 1124-96 لعديد الفينيل المحبب المستخدم في إنتاج مياه الشرب(8).

وشملت بعض المواصفات العالمية بعض الاشتراطات والاختبارات للمواد المعدنية وغير المعدنية كالأتي:-

- المواصفة الأمريكية رقم AWWA B100-89 لعام 1989ورقم AWWA B100-72 لفحص مواد الفلاتر وغيرها(16، 17).

- المواصفة الأمريكية رقم AWWA B604-74 لعام 1974، ورقم AWWA B600-78 لعام 1987 لفحص الكربون النشط الحبيبات والبودرة علي التوالي(18، 19).
- المواصفة البريطانية رقم BS 6920 لعام 1996 وتتضمن ملاءمة المواد غير معدنية الملامسة لمياه الشرب للاستخدام الآدمي ومدى تأثيرها علي نوعية وجودة مياه الشرب(20).
- المواصفة البريطانية رقم DD 201 لعام 1991والمعدلة بالمواصفة رقم Bs 7766 لعام 1994 لصلاحية المواد المعدنية المستخدمة بالمياه المعدة للاستخدام الآدمي وتأثيرها علي نوعية المياه(21).
- المواصفة الأمريكية رقم NSF 53 & 42 لعام 1982 والتي تتضمن فحص أجهزة ووحدات معالجة المياه وأثرها الصحي (21و 24).
- المواصفة الأمريكية رقم NSF 61 لعام 1995 والتي تتضمن فحص مكونات أجهزة ووحدات معالجة المياه وأثرها الصحي (22).
- المواصفة الأمريكية رقم NSF 60 لعام 1988 والتي تتضمن فحص كيماويات معالجة المياه وأثرها الصحي(23).

وتعتمد مختبرات فحص المواد لوسائط نقل وحفظ مياه الشرب بالمراكز المتخصصة بالدولة على المواصفات العالمية لفحص المواد بكل أنواعها، حال عدم توافر مواصفات محلية أو إقليمية وفق إجراءات مختبريه لفحص وسائط نقل وحفظ مياه الشرب شرط تطابق شروط المواصفة والظروف التي نعيش بها في هذه المنطقة.

الظروف البيئية المحلية ووسائط نقل وحفظ مياه الشرب :-

تقع دولة الكويت ضمن الأقاليم شبه المدارية التي تتميز بدفئها في الشتاء وشدة حرارتها في الصيف، وقد تتطرف درجات الحرارة من يوم إلي آخر ومن شهر إلي آخر لتصل إلي معدلات عالية من درجات الحرارة خاصة في أشهر يونيو أغسطس(11). كما إن لمياه الشرب بدولة الكويت مواصفات خاصة كون أنها مياه منتجة من وحدات تحلية مياه البحر عن طريق التقطير الوميضي متعدد المراحل حيث تتميز بقلة محتواها الملحي مما يجعل لها خاصية الهجومية(9) التي تؤثر بدورها خاصة مع الظروف البيئية المحيطة بالتأثيرات السلبية علي وسائط نقل وتخزين مياه الشرب. مما يلزم إلي وجود اشتراطات خاصة محلية لوسائط

نقل وتخزين مياه الشرب تعتمد علي نوعية المياه والظروف المناخية والبيئية المحيطة. كما يجب أن تخضع لاختبارات دقيقة قبل استخدامها للتأكد من عدم تأثيرها سلبا علي صحة المستهلكين.

حيث يجب أن تتحمل المواد المستخدمة في وحدات معالجة المياه والمواد الملامسة لمياه الشرب شدة التعرض للظروف الجوية المختلفة، كما يجب أن تتصف هذه المواد بقدرة التحمل للتعرض للأشعة المباشرة للشمس في حالة تطبيقها خارج إطار المباني والمجمعات. والمواد المتصلة والملامسة لمياه الشرب يجب أن تكون غير سامة ويجب أن لا تسبب أي تغيير بالطعم أو اللون أو الرائحة. وعموما الوحدات المصممة للاستخدام في المياه الباردة يجب أن تتحمل درجات حرارة حتى 50 درجة مئوية.

إما بالنسبة لطريقة الفحص فيجب أن تتضمن الفحص البكتريولوجى والكيميائي وفحوصات أخرى لمعرفة وتعيين مدى صلاحية وحدات معالجة المياه والمواد الملامسة للمياه للاستخدام الآدمي لمياه الشرب.

ومياه الشرب الناتجة من هذه الوحدات يجب أن لا يكون لها أي آثار صحية ضاره ويجب أن تكون مطابقة لمواصفات منظمة الصحة العالمية WHO لعام 1993 وما بعدها(14).

خامسا – الإطار العام المقترح لسياسات الإشراف والرقابة وتحقيق فاعلية هذا الدور:-

من خلال ما سبق يتضح أهمية مراقبة ومتابعة وسائط نقل وحفظ مياه الشرب حرصا علي الصحة العامة وحماية الاقتصاد الوطني ولهذا تكون هناك عدة سياسات مقترحة وتوصيات تتلخص في الأتي:-

1- فاعلية دور الأشراف والرقابة :- تتحقق مراقبة ومتابعة وسائط نقل وحفظ مياه الشرب بتوافر عدة عوامل منها:-

- تحديد واعتماد جهات رسمية للمراقبة والإشراف يكون من أعمالها القدرة علي فحص واكتشاف المواد المخالفة بالأسواق بالإضافة إلى منع المواد المخالفة من الوصول إلى الأسواق المحلية.
- إصدار تشريعات تلزم كل مورد أو مصنع بالحصول على شهادة صلاحية لكل منتج بحيث لا ينتج عنه مواد ضاره قد تغير من نوعية مياه الشرب، كما تجرم أي مخالف لهذا المبدأ الهام.

- دراسة وبحث وإصدار مواصفات للمواد التي تستخدم أو تلامس مياه الشرب بحيث لا تنتج أو تتسبب في إنتاج مواد ضاره بالمستهلك. بحيث يجب إن يكون هناك مواصفات ومقاييس لكافة المواد المعدنية وغير معدنية المتوفرة بالأسواق والعمل على تطوير هذه المواصفات بما يتمشى مع التطور العالمي لظهور المواد الجديدة التي تغرق الأسواق.

ولا يقف الأمر عند هذا الحد بل يجب تحقيق فاعلية دور الإشراف والرقابة علي المواد المعدنية وغير المعدنية المرتبطة بمياه الشرب وذلك من خلال إطار عام للتوحيد القياسي للدولة بكافة مختبراتها ومراكزها المتخصصة، ومن خلال دعم الهيئات الرسمية المسئولة عن تنفيذ هذا العمل. كما يجب إن يكون هناك دور رقابي فعال علي دخول المواد العالمية الخارجية إلى الأسواق المحلية وتحديد جهات رسمية مسئولة للقيام بهذا العمل.

2- الأهمية الاقتصادية للأثر البيئي المترتب:- يجب إبراز وتقدير الأهمية الاقتصادية للتأثير من اثر تلوث مياه الشرب من مختلف نوعيات وسائط نقل وتوزيع المياه، فكلما أتضح الأثر البيئي والأهمية الاقتصادية التي قد يسببها تسرب إحدى المواد للأسواق، كلما زاد الاهتمام بدور الرقابة ودعمه بكافة الإمكانيات من أجهزة ومعدات وأفراد. فمعالجة أي تلوث تستلزم النفقات العالية، بل انه في بعض الأحيان قد يكون من الصعب معالجة التلوث وأزاله آثاره بسهولة كما حدث في حادث البرادات بدولة الكويت عام 1995، فلم يكن من السهل تجميع البرادات من المواطنين والعمل على تعديلها بالإضافة إلي أن سميات بعض المواد كالرصاص تعتبر من السميات المتراكمة بالجسم البشري مما قد يسبب أضرارا غير محسوبة بالمستقبل.

3- مواصفات قياسية موحدة :- فيجب إن تكون هناك أرضية لمواصفات قياسية موحدة لوسائط نقل وحفظ مياه الشرب محليا وإقليميا سواء علي الساحة الخليجية أو العربية أو حتى الدولية. كما يمكن الاستفادة من الخبرات العالمية في هذا المجال بتعديل المواصفات العالمية لفحص وسائط نقل وحفظ مياه الشرب حسب الشروط الخليجية في دول مجلس التعاون الخليجي وفقا للظروف البيئية الخليجية، وتعتمد المواصفات العالمية على طرق التحاليل لوسائط نقل وحفظ مياه الشرب حسب الظروف والشروط في تلك الدول العالمية لإصدار شهادات جودة تثبت عدم تأثير تلك المواد

على نوعية مياه الشرب وتلوثها أو انفصال أي مواد ومركبات ضارة تلوث نوعية المياه. وعادة ما تكون ظروف الفحص المتفق عليه عالميا محاكيا للظروف التي يتم بها تطبيق المنتجات التي تم تصنيعها. وعلى سبيل المثال فان اختيار درجة حرارة الفحص يجرى محاكيا لواقع تطبيق هذه المواد وفقا لأعلى درجة حرارة متوقعة في الدولة أو مجموعة الدول التي تصدر منها المواصفات.

وحيث إن درجة حرارة الفحص في تلك المواصفات لا تحاكى طبيعة الدول الخليجية ، فلذلك لا بد من مواصفات خليجية خاصة لفحص المواد والتي عادة تقوم بها مختبرات مركز تنمية مصادر المياه باختيار درجة حرارة الفحص عند 50 درجة مئوية.

4- شهادات صلاحية :- يجب إن يكون هناك إلزام بوجود شهادات صلاحية لكل منتج مرتبط بمياه الشرب من مراكز معتمدة من الدولة، حيث يجب إن تكون هناك تشريعات لإلزام أي مورد أو منتج لمنتج متعلق بمياه الشرب إن يلتزم بتقديم شهادات صلاحية للمنتج من جهات معتمدة بالدولة. كما يجب سن القوانين والتشريعات ووضع الإطار القانوني لحماية المستهلك في دول مجلس التعاون الخليجي من ملوثات وسائط نقل وحفظ مياه الشرب وتحديد المراكز المعتمدة من الدولة لاعتماد المواد بالإضافة إلى توحيد طرق القياس وتحقيق دور التعاون المثمر بوجود تبادل البيانات والمعلومات والخبرات وترابط المختبرات الرسمية.

5- جهات رسمية رقابية:- بالإضافة إلى إصدار التشريعات والقوانين والنظم والي دراسة وبحث وإصدار المواصفات يجب أن تكون هناك جهة رقابية معتمدة من الدولة تدعم بكافة الإمكانيات لكي تقوم بدورها من حيث اختبار وفحص المواد المتاحة بالأسواق وإصدار الشهادات الدالة على خلو تلك المواد من أي تغير لنوعية مياه الشرب وبالتالي الأضرار بصحة المواطنين، كما تكون مسئوله عن محاسبة ومراقبة الأسواق وتغريم وتجريم المخالف وتنفيذ القوانين واللوائح واعتماد المواصفات والعمل على تطويرها.

ومن ناحية أخرى فإن المؤسسات المعنية بالمحافظة على نوعية المياه مطالبة على المستوى المحلي بالعمل على توفير الخبرات البشرية المؤهلة والمدربة والتي يمكنها أن تستجيب للاحتياجات وتواجه المشاكل، وتكوين مثل هذه الكوادر يتطلب التنسيق

على المستوى المحلي والتعاون مع المنظمات الإقليمية والدولية لضمان الفاعلية والاستفادة من الخبرات السابقة.

6 – تفعيل دور القوانين والتشريعات:- فيجب العمل على تفعيل دور القوانين والتشريعات اللازمة لمنع التلوث في وسائط تخزين ونقل مياه الشرب، فليس المهم هو إصدار قوانين أو تشريعات أو مواصفات بل الأهم هو تفعيل دور هذه القوانين والمواصفات لتطبيقها ودعم الجهات المعنية بالتطبيق بكافة السبل لتنفيذ دورها وحماية المستهلك والاقتصاد العام من العابثين، وتوحيد جهود الإدارات المعنية في الدولة للحفاظ على نوعية مياه الشرب بالتنسيق والمتابعة.

7 – الوعي العام:- وتعتبر قضية التوعية والإعلام هي أهم القضايا بالنسبة لاستخدام وسائط نقل وحفظ مياه الشرب ، فيجب العمل على توعية المواطن بخطورة التلوث وأسبابه وانعكاساته السلبية على المدى البعيد وبوجوب وجود شهادات صلاحية من مختبرات رسمية معتمدة بالدولة وليس من جهات أجنبية لاختلاف الظروف البيئية لكل دوله، بالإضافة إلى شرح وتأويل المفاهيم السائدة بالمجتمع وطرح المعالجات. فالمحافظة على نوعية الموارد المائية لا يتأتى فقط عن طريق المراقبة أو تطبيق النصوص التشريعية والقوانين بل يتطلب أيضا جهدا في مجال الإعلام والتوعية يكون هدفه تعبئة المواطنين من مختلف المستويات ابتداء من التربية البيئية ومرورا بالبرامج التوجيهية والإرشادية وفي هذا الصدد يستدعي تكاتف الجهود من خلال المؤسسات المختصة وتعاون الهيئات والجمعيات الحكومية وغير الحكومية التي تتحمس للمحافظة على سلامة مياه الشرب.

8- ترابط وتوحيد المختبرات إقليميا:- يجب إن يكون هناك اتفاق على مختبرات فحص الجودة لوسائط نقل وحفظ مياه الشرب في كل دولة من دول مجلس التعاون الخليجي واعتماد الشهادات الصادرة منهم . وهناك مشروع نظام ترابط المختبرات في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية طبقا لقرار مجلس إدارة هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية في اجتماعه السادس المنعقد في أبوظبى بتاريخ 21 / 12 / 1986 م لإعداد نظام لترابط المختبرات بين الدول الأعضاء، واستنادا إلى هذين القرارين قامت الهيئة بإعداد مشروع نظام ترابط المختبرات في دول مجلس التعاون الخليج العربية(10).

ويهدف هذا النظام إلى تعاون المختبرات في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية على تحقيق أعلى مستوى من دقة النتائج وربط هذا المستوى بمستوى المختبرات العربية ، ومن ثم بالمستويات العالمية ، علاوة على دعم صلاحية هذه المختبرات للتحكيم في مشكلات التحليل على كل من المستوى المحلي والدولي. ويهدف نظام ترابط المختبرات في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية يهدف إلى تحقيق تكامل المختبرات في هذه الدول واعتمادها على نفسها خاصة في الاختبارات الدقيقة بما لا يضطرها إلى الالتجاء للمختبرات الأجنبية في هذه الاختبارات(10).

8- تبادل الخبرات والمعلومات والتقنيات والبيانات : مع انفتاح العالم وبزوغ شمس عصر المعلومات المذهل الذي نعيش فيه ومع التطور في تبادل المعلومات الهائل الذي يشهده العالم هذه الأيام تتضح أهمية تبادل المعلومات والبيانات بين مختبرات وهيئات الدولة نفسها ، كذلك علي المستويين الإقليمي والدولي. وهذا يستلزم ضرورة توحيد جهود المختبرات الخليجية وتبادل المعلومات للمواد التي تم فحصها في كل دولة والشهادات المعتمدة لها والمواد التي تم رفضها مع ذكر أسباب رفض هذه المواد.

9- تحليل وتقييم المواد المتوفرة بالأسواق:- من اجل الحفاظ على مياه الشرب من التلوث ولعدم تكرار حوادث أخرى كحادث البرادات عام 1995، ولحماية المستهلك من المخالفين حتى لا تصيبه أية أضرار صحية، فأنه يجب العمل على تحليل وتقييم المواد المتوفرة بالأسواق من خلال تكليف إحدى الهيئات الرسمية بذلك.

10- تعزيز مجال الدراسات والأبحاث:- يجب العمل على تعزيز مجالات التعاون للقيام بالدراسات الإقليمية وتكوين الخبرات المختصة وتوحيد مناهج العمل وتقريب مفاهيم النصوص التشريعية المتعلقة بحماية الموارد المائية، والعمل على تطوير البحوث والتجارب الخاصة بالتلوث وكيفية انتشاره في الأوساط المائية وطرق مكافحته ودارسة الانعكاسات البيئية ومدى تأثيرها على المجتمع، بالإضافة إلى تعزيز الآليات الإقليمية من أجل تنسيق السياسات والإستراتيجيات والبرامج التنفيذية لتنمية الموارد المائية والمحافظة عليها من أي من الملوثات بما فيها وسائط تخزين ونقل مياه الشرب.

11- دعم شبكة رصد نوعية المياه: يجب العمل على دعم شبكة رصد مراقبة نوعية المياه بالأجهزة والتكنولوجيات الحديثة لتشمل المزيد من النقاط بما فيها النقاط بداخل منازل المستهلكين لاكتشاف المواد الموجودة بالمنازل والمسببة للتلوث، بحيث يجب أن

تشتمل شبكة الرصد على كافة أنواع التحاليل بحيث يمكن تحديد المواد الملوثة وأسبابها ولهذا يجب العمل على التعاون بين المختبرات المسئولة عن شبكة الرصد فيما بينها حتى يتحقق سلامة كافة مصادر المياه من التلوث من مصادر إنتاجه وحتى وصوله إلى جوف المستهلك، وخاصة بأن بعض الشبكات الداخلية للمنازل يصل عمرها لأكثر من عشر سنوات مما قد يكون له بالغ الأثر نتيجة قدم المواد الداخلية بالشبكة أو نتيجة قدم المنتج والذي قد يكون محتوى على مواد كان مسموح بها في السابق كأنابيب الرصاص والحديد والأسبستوس وخلافه.

12- وضع برنامج للطوارئ لمكافحة التلوث:- يجب أن يكون هناك برنامج سريع وحاسم لمواجهة أي ظاهرة قد تظهر بالأسواق من سرعة اكتشاف المشكلة ووضع الحلول على المدى القريب والبعيد والاستفادة من الخبرات السابقة كحادثة تلوث مياه الشرب بالبرادات بدولة الكويت عام 1995.

المراجع

المراجع العربية :

1- ممو، ا. 1997. " الجوانب البيئية للموارد المائية". في مصادر المياه واستخدامها في الوطن العربي-المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي، والصندوق الكويتي للتنمية الاقتصادية العربية. أعمال الندوة العربية الثانية المعقدة بالفترة 8-10 مارس 1997 بدولة الكويت. ص. 355-436.

2- الفريج ،خ.م، عبد العليم ، م.ك. 1999. "المياه في دولة الكويت وتحديات القرن إلحادي والعشرين". ندوة الاحتفال باليوم العالمي للمياه ، المنعقدة في 22 مارس بمقر مركز تنمية مصادر المياه، دولة الكويت.

3- مركز تنمية مصادر المياه. 2000. " تكلفة المواد المعدنية والغير معدنية التي تم فحصها في مختبر فحص المواد خلال الفترة من يناير 1995-مايو 2000" مركز تنمية مصادر المياه، وزارة الكهرباء والماء، دولة الكويت.

4- الفريج، خ.م. الهولي، س. عبد العليم ، م.ك. و زهران، ه. 1997. " تلوث مياه الشرب في مبردات المياه بعنصر الرصاص في دولة الكويت:. مؤتمر الخليج الثالث للمياه ، مسقط في 8-13مارس 1997.المجلد العربي، صفحة 171-183.

5- مركز تنمية مصادر المياه. 1997. " مشروع استبيان عن نوعية المياه في دولة الكويت". مركز تنمية مصادر المياه، وزارة الكهرباء والماء، دولة الكويت.

6- الهيئة العامة للصناعة. 1998. "دليل المواصفات القياسية الكويتية" شئون المواصفات والمقاييس الهيئة العامة للصناعة- دولة الكويت.

7- الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس. 1994. "دليل المواصفات القياسية السعودية". الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، الرياض، المملكة العربية السعودية.

8- المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس. 1977. "دليل المواصفات القياسية العربية" شئون المواصفات والمقاييس المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس.

9- هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي. 1998. "دليل المواصفات القياسية لدول مجلس التعاون الخليجي". هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي.

10 هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي. 1987. "مشروع نظام ترابط المختبرات في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية".

11- شرف ، ع.ط. 1980. " مناخ الكويت". الطبعة الأولي ، مؤسسة الثقافة الكويت ، الإسكندرية / ج.م.ع.

ب- المراجع الأجنبية:

12- Al Fraij, Kh. M., Abd El Aleem, M.K. and Al Ajmy, H. 1999. " Comparative study of potable and mineral waters available in the State of Kuwait". Desalination No. 123, Elsevier Science, pp. 253-264.

13- WHO, 1996. "Guideline values for drinking water quality, 2nd edition, WHO, Geneva.

14- Seiler, H.G., Sigel. H and Sigel, A. 1988. "Handbook on Toxicity of Inorganic 14-Compounds". Marcel Dekker, Inc., NewYork.
De Zuane, J. 1990 "Drinking Water Quality: Standards and Controls". Van

15- American water work association -AWWA (1989). AWWA standard for Filtration materials-No. B100-89, AWWA, Colorado, U.S.A.

16- American water work association -AWWA (1972). AWWA standard for Filtration materials-No. B100-72, AWWA, Colorado, U.S.A.

17- American water work association -AWWA (1978). AWWA standard for Powdered activated carbon, ANSI/AWWA No. B600-78, AWWA, Colorado, U.S.A.

18- American water work association -AWWA (1974). AWWA standard for Granular activated carbon - No. B604-74, AWWA, Colorado, U.S.A.

19- British standard institution (1994). Suitability of metallic for use in Contact with water intended for human consumption with regard to their effect on the quality of water, BS 7766: part 1: 1994, British standard Institution, England.

20- British standard institution (1988). Suitability of non-metallic for use in Contact with water intended for human consumption with regard to their effect on the quality of water, BS 6920: part 1: 1988, British standard Institution, England.

21- NSF. 1982. "Drinking water treatement units, health effects". NSF standard No. 53, NSF, USA.

22- NSF. 1995. "Drinking water System componentss, health effects". NSF standard No. 61, NSF, USA.

23- NSF. 1988. "Drinking water treatement chemicals, health effects". NSF standard No. 60, NSF, USA.

24- NSF. 1982. "Drinking water treatement units, health effects". NSF standard No. 42, NSF, USA.

مراقبة نوعية مياه الشرب وتكاليفها بدولة الكويت

م. خليفة محمد الفريج، ك. محمد كمال عبدالعليم، ك. حمد العجمي

مراقبة نوعية مياه الشرب وتكاليفها بدولة الكويت

م.خليفة محمد الفريج* ك.محمد كمال عبد العليم* ك.حمد العجمي*

* مركز تنمية مصادر المياه وزارة الكهرباء والماء دولة الكويت

الملخص

تعتمد دولة الكويت اعتماداً كلياً في الحصول علي مياه الشرب من تحلية مياه البحر عن طريق محطات التقطير الوميضي متعدد المراحل، حيث تمر مياه الشرب بعدة مراحل من منبعها حتى تصل إلى المستهلك ، ومن أهم تلك المراحل هي مرحلة متابعة نوعية المياه المنتجة .

وفي هذه الورقة سوف يتم مناقشة مراحل متابعة مياه الشرب والجهات المكلفة بالتحاليل بدولة الكويت والتحاليل التي تجرى على العينات كيميائيا وبيولوجيا والتي وصلت إلى 68 تحليل للعينة الواحدة ، كما سوف يلقي الضوء علي تكاليف التحاليل بكافة الجهات المعنية بدولة الكويت والإجراءات التي تتبع والمواصفات التي تحكم جودة مياه الشرب بدولة الكويت. وأوضحت نتائج هذا البحث أن تكاليف التحاليل السنوية التي تجرى علي عينات مياه الشرب بلغت أكثر من مليون وأربعمائة وخمسون ألف دينار كويتي.

مفاتيح البحث: مياه الشرب تحاليل – كيميائية – بيولوجية – تكاليف

المقدمة

تعتبر المياه من أهم الموارد في وجود الحياة علي الأرض حيث أن هذا المورد الإنتاجي يعتبر أهم محددات الإنتاج الصناعية و الزراعية. ولا يوجد أي مصدر من مصادر ثروات الحياة يعتبر استراتيجي مثل المياه ، فالماء هو عصب الحياة ، فهو أساسي لكافة الكائنات ويستخدم على نطاق واسع في معظم نشاطات الحياة الاقتصادية والمعيشية. فهو حيوي للصحة والزراعة والصناعة وتوليد القوى الكهربائية.

وتعد دولة الكويت من دول المنطقة التي تعاني من مشكلة ندرة المياه، ولهذا لجأت الدولة إلى تصنيع مياه الشرب عن طريق تحلية مياه البحر. ولا تقتصر مشكلة المياه على إنتاج المياه بل تمتد إلي نوعية المياه المنتجة ، التي تعتبر من العوامل الهامة التي تولى لها الدولة الاهتمام حيث تقوم العديد من المختبرات في الدولة بمراقبة نوعية مياه الشرب بدأ من مراحل إنتاجه الأولية حتى وصوله إلى المستهلك لضمان كفاءة عمليات إنتاج المياه وضمان جودة ونوعية المياه المتاحة إلى المستهلك لتطابق مواصفات مياه الشرب العالمية.

وتعتبر مراقبة نوعية مياه الشرب والمحافظة عليها من المهام الرئيسية لقطاعات المياه المسؤولة عن إنتاج وتوزيع المياه ، حيث تتحمل الجهات المعنية التكلفة العالية في مراقبة نوعية مياه الشرب في مراحل متعددة حيث يتم عمل متابعة ومراقبة نوعية المياه بكافة مراحل الإنتاج والتوزيع حتى وصولها للمستهلك.

وتكاليف عمليات المراقبة هذه تعد أحد عوامل تكاليف إنتاج المياه بالإضافة إلى أثرها البيئي في حماية المواطنين من الإصابة بالأضرار والأمراض التي قد تتسبب من المياه مما يعود علي الدولة بتوفير نفقات العلاج. فعمليات مراقبة جودة المياه تعد من أهم بوابات أمن البلاد.

ونتيجة للاهتمام المثمر والجهد المبذول فقد قامت هيئة الأمم المتحدة منذ عام 1993 بتصنيف دولة الكويت من الدول ذات التنمية البشرية العالية بتوفير مياه آمنة للمواطنين بنسبة 100%(1).

مراحل إنتاج المياه بدولة الكويت

تقوم وزارة الكهرباء والماء بدولة الكويت بإنتاج مياه الشرب عن طريق تحلية مياه البحر من خلال محطات التقطير الوميضي متعدد المراحل ، وتمر مراحل إنتاج مياه الشرب بعدة مراحل منها (2&3):-

- مرحلة تحلية مياه البحر عن طريق محطات التقطير الوميضي متعدد المرحل:- وهي محطات تقوم بتحلية مياه البحر عن طريق التبخير والتكثيف وإنتاج مياه مقطرة خالية من الأملاح باستخدام أسلوب التبخير الوميضي متعدد المراحل وتتكون كل محطة تقطير من عدد من المراحل تتراوح بين 24-26 مرحلة وتتراوح سعة الوحدات الإنتاجية بين 5-6 مليون جالون إمبراطوري يوميا لكل وحدة (تصل إلى 7.2 مليون جالون إمبراطوري يوميا في بعض الوحدات التي تم تشغيلها علي درجات الحرارة العالية في محطتي الدوحة الغربية والزور الجنوبية)، وتوجد في دولة الكويت خمس محطات موزعة على مناطق الشويخ والشعيبة والدوحة الغربية والشرقية والزور الجنوبية، وقد بلغت السعة الإنتاجية عام 1999 لهذه المحطات 283 مليون جالون إمبراطوري.
- مرحلة خلط المياه المقطرة بالمياه قليلة الملوحة :- لإنتاج المياه العذبة يتم خلط المياه المقطرة عديمة الأملاح بمياه قليلة الملوحة لتعديل نوعيتها لتتطابق مع معايير مياه الشرب العالمية لمنظمة الصحة العالمية حيث توجد في دولة الكويت عدة مناطق تحتوى علي مياه قليلة الملوحة كمناطق الشقايا وأم قدير والصليبية ، فتقوم الوزارة بجلب واستغلال هذه المياه وخلطها بنسب محسوبة مع المياه المقطرة المنتجة من وحدات التقطير الوميضي ، وفي هذه المرحلة يتم معادلة الرقم الهيدروجيني للمياه وتعقيم المياه بإضافة مادة الكلور ومن ثم دفعها إلى الخزانات الأرضية الموجودة بمحطات الضخ، وتتم عملية تصنيع المياه العذبة في محطات تسمي محطات الخلط والمزج وهذه المحطات تكون قريبة من ناحية الموقع من محطات التقطير وهي موزعة جغرافيا على مناطق أربع هي الشويخ والشعيبة والدوحة والزور.
- مرحلة ضخ وتوزيع المياه إلى المستهلك :- حيث تقوم محطات الضخ بضخ المياه المخزنة بالمحطات إلى المستهلك عبر الشبكة والى الأبراج العلوية والخزانات الأرضية بالدولة لتلبية حاجة المواطنين، حيث يشتمل نظام توزيع المياه العذبة بدولة الكويت علي شبكة مياه عذبة تمتد بطول 12796 كيلومتر. كما تشتمل شبكة التوزيع علي خزانات أرضية تعمل بالانسياب الطبيعي وتصل سعتها إلى 1138 مليون جالون إمبراطوري وخزانات أرضية تعمل بالضخ تصل سعتها إلى 1020 مليون جالون إمبراطوري بالإضافة إلى بعض الأبراج المرتفعة والتي وصلت سعتها إلى 25 مليون جالون إمبراطوري.
- مرحلة مراقبة المياه وهي ليست مرحلة بذاتها بل هي مراقبة ومتابعة خلال كافة مراحل الإنتاج والتوزيع حيث تعد عملية مراقبة المياه من المراحل الهامة في عملية إنتاج المياه

حيث تخضع كافة المراحل إلى رقابة شديدة من قبل العاملين بوزارة الكهرباء والماء ويتم مراقبة المياه في محطات التقطير ومحطات الضخ والخلط بالإضافة إلى مركز تنمية مصادر المياه التابع للوزارة، حيث يتم جمع العينات من المياه المقطرة والمياه قليلة الملوحة وكذلك من المياه العذبة خلال رحلتها الطويلة وحتى وصولها إلى المستهلك وذلك من نقاط مختلفة على الشبكة والمحطات وذلك في سبيل المحافظة على نوعية المياه العذبة لتكون مطابقة في مواصفاتها لمواصفات منظمة الصحة العالمية.

كما تقوم جهات أخرى كوزارة الصحة العامة والهيئة العامة للبيئة بمتابعة ومراقبة نوعية مياه الشرب في نقاط متعددة لدى المستهلك.

المناقشة

انقسم العمل إلى ثلاث مراحل متتالية وهي:-

أولا:- حصر مراحل متابعة ومراقبة مياه الشرب وحصر المختبرات الرسمية الموجودة والموزعة علي دولة الكويت والأجهزة ونوعيات وعدد التحاليل التي تجرى علي عينات المياه.

ثانيا:- بحث أسعار تحليل العنصر الواحد بمياه الشرب علي كافة الأجهزة من خلال أحد المراكز المتخصصة كعينة تمثيلية.

ثالثا:- حساب تكاليف مراقبة نوعية مياه الشرب بدولة الكويت

أولا:- حصر مراحل متابعة ومراقبة مياه الشرب وحصر المختبرات الرسمية الموجودة والموزعة علي دولة الكويت والأجهزة ونوعيات وعدد التحاليل التي تجرى علي عينات المياه (4):-

تقوم هيئات عدة بمراقبة نوعية مياه الشرب في الكويت عن طريق مختبراتها المتخصصة وتتباين هذه المختبرات فيما بينها من حيث نوعيات التحليل التي تقوم بها وأماكن العينات التي تجمعها بحيث تتكامل جميعها لعمل مراقبة محكمة لمياه الشرب حرصا على صحة المواطنين.

وتصنف مراحل متابعة ومراقبة مياه الشرب إلى مرحلة جمع العينات من الأماكن المحددة من قبل على خريطة الشبكة يليها مرحلة التحاليل المختلفة التي تقوم بها المختبرات ومن ثم مرحلة تأويل النتائج وتقييمها وكتابة التقارير اليومية والشهرية والسنوية عنها.

وفي المختبرات المائية تم تصنيف العناصر التي تحلل بمياه الشرب إلى عناصر فيزيائية وتشمل درجة الحرارة والتوصيلة بالمياه والرقم الهيدروجيني والعسر الكلي والقلوية الكلية بالإضافة إلى

مجموع الأملاح المذابة. وعناصر كيميائية والتي تم تصنيفها إلى عناصر أساسية ككاتيونات الصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم وأنيونات الكلوريدات والكبريتات والكربونات والبيكربونات والنترات والفوسفات والامونيا والنيتريت والسيانيد والسيلكا. وعناصر نادرة مثل الحديد والكادميوم والرصاص والزئبق والنيكل والسيلينيوم والانتيمون والقصدير والالومنيوم والنحاس والبورون والزنك والباريوم والموليبدنم والمنجنيز والاسترنشيوم والفانديوم والخارصين والكوبالت. ومجموعات عضوية الهالوميثانات والفينولات وكلوريدات البنزين والمجموعات الحلقية الأخرى بالإضافة إلى محتوى الكربون العضوي الكلي.

كما تم تصنيف التحاليل المائية التي تجرى علي مياه الشرب أيضا إلى مجموعات التحاليل البكتريولوجية والتي تشمل العد الكلي للبكتريا وبكتريا القولون وبكتريا الايشريشيا والبسودوموناس والحديد والكبريت والسالمونيلا والاستافيلوكوكس. بالإضافة إلى تحليل نسبة الكلور والأكسجين المذاب.

وتنقسم المختبرات المتخصصة بالدولة إلى عدة وزارات وهيئات كالتالي:-

1- مختبرات وزارة الكهرباء والماء

2- مختبرات الهيئة العامة للبيئة

3- مختبرات وزارة الصحة العامة

وحيث تتباين المسئوليات من مختبر إلى الأخر وتختلف نوعيات التحاليل وأماكن جمع العينات فتقوم وزارة الكهرباء والماء بمتابعة نوعية المياه بمختبراتها بكافة مراحل الإنتاج بالمحطات وخطوط الشبكة لكل من المياه المقطرة المنتجة والمياه قليلة الملوحة ومياه الشرب وتقوم مختبرات وزارة الصحة والهيئة العامة للبيئة بمراقبة نوعية مياه الشرب بأطراف الشبكة عند نقاط المستهلكين كما يتضح فيما يلي:-

1- وزارة الكهرباء والماء :

قامت دولة الكويت في عام 1951 بإنشاء دائرة الكهرباء ، وسرعان ما اتسعت مهمات دائرة الكهرباء لتشمل أيضاً إنتاج المياه العذبة عن طريق إزالة ملوحة مياه البحر بواسطة التقطير في موقع محطة توليد الكهرباء وذلك باستغلال الطاقة الحرارية الكامنة في البخار بعد أدارته للتوربينات وفي عام 1961 تم إنشاء وزارة الكهرباء والماء والتي أخذت على عاتقها العبء الكبير لتوفير مياه شرب آمنة للمواطنين وتطويع العلم والتكنولوجيا لتوفير أفضل المصادر لمياه الشرب(5) وتقوم وزارة الكهرباء والماء بتوفير مياه الشرب عن طريق محطات تحلية مياه البحر

لإنتاج المياه المقطرة، حيث يتم خلط المياه المقطرة بالمياه الجوفية قليلة الملوحة وتعقيمها طبقا للمواصفات العالمية المسموح بها من منظمة الصحة العالمية ثم ضخها إلى الشبكة العامة للمياه. وللتأكد من سلامة المياه من أي من الملوثات بدأ من مراحل إنتاجها ووصولا إلى المستهلك عبر الشبكة العامة للمياه يتم أخذ عينات مياه بصفة دورية عن طريق جهات متعددة في الوزارة للتأكد من صلاحية المياه ومطابقتها للمواصفات العالمية وتحليلها في مختبراتها المائية والتي تشمل مختبرات محطات توليد القوى الكهربائية وتقطير المياه ومختبرات إدارة الاعمال الكيماوية ومختبرات مركز تنمية مصادر المياه كما يلي:-

1.1 – مختبرات محطات توليد القوى الكهربائية وتقطير المياه :

تقوم مختبرات محطات توليد القوى الكهربائية وتقطير المياه والموزعة على خمس مناطق هي مناطق إنشاء المحطات وهى مناطق الشويخ والشعيبة الجنوبية والدوحة الشرقية والغربية والزور الجنوبية بمتابعة ومراقبة مياه البحر ونسبة حقن الكلور بمياه البحر ، بالإضافة إلي متابعة نوعية المياه المقطرة ومراحل إنتاجها في المحطة نفسها وقد بلغ المعدل السنوي لعينات المياه المقطرة 48180 عينة تجرى لكل عينة ثلاثة تحاليل كيميائية وفيزيائية كما هو مبين بجدول رقم (1,1) وجدول (1,2):

جدول (1,1) : يوضح معدل عينات المياه المقطرة التي يتم تحليلها سنويا في مختبرات محطات توليد الكهرباء وتقطير المياه :

نوع المياه	مياه مقطرة	مياه قليلة الملوحة	مياه شرب	الإجمالي
عدد العينات	48180	--	--	48140

جدول (1,2) : يوضح عدد التحاليل التي تجرى لعينة المياه الواحدة في مختبرات محطات توليد الكهرباء وتقطير المياه :

نوع التحاليل	التحاليل الفيزيائية	العناصر الرئيسية	العناصر النادرة	المواد العضوية	التحاليل البكتيرية	الإجمالي
عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة	2	1	--	--	--	3

1.2– إدارة الأعمال الكيميائية :

تقوم إدارة الأعمال الكيميائية وهي إحدى إدارات وزارة الكهرباء والماء بمتابعة عملية إضافة مادة الكلور في محطات الخلط والضخ والمحطات الفرعية في الشبكة العامة لضمان تعقيم المياه وصلاحيتها.

وتقوم ببعض التحاليل الكيميائية لتقييم ومتابعة نوعية المياه في الشبكة ، وقد بلغ متوسط مواقع جمع العينات السنوية في عموم الشبكة(77) موقع تشمل محطات الخلط والضخ والخزانات والأبراج ومحطات التعبئة ومناطق سكنية مشتملة على مياه مقطرة ومياه قليلة الملوحة ومياه شرب موزعة(6) كالتالي :

جدول (1,3): يوضح عدد العينات وتوزيعها بمختبرات إدارة الأعمال الكيماوية

نوع المياه	مياه مقطرة	مياه قليلة الملوحة	مياه شرب	الإجمالي
عدد العينات	1560	1248	8112	10920

كما بلغ عدد التحاليل الكيميائية لعينة المياه الواحدة (26) تحليلا كيميائيا موزعة كالتالي:

جدول (1,4): يوضح عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة وتصنيفها بمختبرات إدارة الأعمال الكيماوية

نوع التحاليل	التحاليل الفيزيائية	العناصر الرئيسية	العناصر النادرة	المواد العضوية	التحاليل البكتيرية	الإجمالي
عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة	4	10	1	--	--	15

1.3 مركز تنمية مصادر المياه :

أنشئ مركز تنمية مصادر المياه في دولة الكويت عام 1968 بالتعاون مع البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة حيث ظل تحت إشراف الأمم المتحدة حتى عام 1977 وتم إلحاقه بوزارة الكهرباء والماء لدعم جهود تنمية القدرات المختلفة لتحلية المياه ودعم النشاطات المختلفة بالوزارة.

ويقوم المركز بمتابعة نوعية المياه من مصادر الإنتاج وحتى وصولها للمستهلك في الشبكة العامة للمياه وذلك بالقيام بتحاليل شاملة علي عينات المياه حيث تشمل العناصر الكيميائية الرئيسية في المياه والمعادن النادرة والسامة بالإضافة إلى المواد العضوية والتحاليل البكتريولوجية، وذلك

عبر نقاط متعددة في مواقع مختلفة من الشبكة تمثل المياه المقطرة والمياه قليلة الملوحة ومياه الشرب، وقد بلغ متوسط عدد العينات السنوي 6067 موزعة(7&8)كالتالي:

جدول (1,5): يوضح عدد العينات وتوزيعها بمختبرات مركز تنمية مصادر المياه

نوع المياه	مياه مقطرة	مياه قليلة الملوحة	مياه شرب	الإجمالي
عدد العينات	353	360	5354	6067

وقد بلغ إجمالي عدد مواقع جمع العينات في عموم الشبكة العامة للمياه (66) موقع ، تشمل محطات الخلط والضخ والخزانات الأرضية والأبراج ومحطات التعبئة ومناطق سكنية متفرقة.
كما بلغ عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة (62) تحليل كيميائي و (6) تحاليل بكتيرية موضحة كالتالي:

جدول (1,6): يوضح عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة وتصنيفها بمختبرات مركز تنمية مصادر المياه

نوع التحاليل	التحاليل الفيزيائية	العناصر الرئيسية	العناصر النادرة	المواد العضوية	التحاليل البكتيرية	الإجمالي
عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة	8	14	24	16	6	68

1.1.3- المختبرات الخارجية العالمية

وبهدف زيادة التواصل ونقل الخبرات بين مختبرات وزارة الكهرباء والماء والمختبرات العالمية في مجال تحليل المياه، ورغبة في مزيد من التأكد وضمان سلامة مياه الشرب وفعالية المعالجات والتحاليل قام مركز تنمية مصادر المياه بإرسال عينات سنويا إلى بعض المختبرات العالمية كما هو مبين بجدول (1,7) لتحليل بعض العناصر والمركبات الكيميائية بمياه شبكة الوزارة وبلغ متوسط تكاليف التحاليل الخارجية حوالي سبعة عشر ألف دينار كويتي سنويا.

جدول (1,7): يوضح المختبرات العالمية المرسل إليها عينات للتحليل

السنة	اسم المختبر	الدولة
عام 1993	Thames water	المملكة البريطانية
عام 1994	Thames water	المملكة البريطانية
عام 1996	Pasteur	فرنسا
عام 1998	Kiwa	هولندي
عام 1999	Fresenious	الألماني

جدول (1,8): يوضح المتوسط السنوي لعدد العينات المرسلة للمختبرات العالمية وتصنيفها:-

نوع المياه	مياه مقطرة	مياه قليلة الملوحة	مياه شرب	الإجمالي
عدد العينات	3	4	16	23

جدول (1,9): يوضح المتوسط السنوي لعدد التحاليل المرسلة للمختبرات العالمية وتصنيفها:-

نوع التحاليل	التحاليل الفيزيائية	العناصر الرئيسية	العناصر النادرة	المواد العضوية	التحاليل البكتيرية	الإجمالي
عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة	--	5	17	53	--	75

2- الهيئة العامة للبيئة

هي هيئة أنشئت عام 1995 لدعم السياسات العامة لحماية البيئة بدولة الكويت وتقوم الهيئة العامة للبيئة ممثلة بإدارة رصد تلوث المياه بإجراء الرقابة الدورية على مياه الشرب بعد وصولها للمستهلك(9) وذلك للتحقق من احتفاظ هذه المياه بالمواصفات التي أنتجت بها. ويتم جمع عينات شهرية من أحد عشر موقعا بحيث تكون ممثلة لنوعية المياه في الشبكة العامة لتوزيع المياه وتؤخذ العينات بعد مرورها من المرشح المترلي أي من نهايات الشبكة بالمنازل(10). وبلغ المتوسط السنوي لعدد عينات مياه الشرب فقط التي تجمع وتحلل بمختبرات الهيئة العامة للبيئة 434 كالتالي:-

جدول (1,10): يوضح المتوسط السنوي لعدد العينات وتصنيفها بمختبرات الهيئة العامة للبيئة

نوع المياه	مياه مقطرة	مياه قليلة الملوحة	مياه شرب	الإجمالي
عدد العينات	--	*144	434	434

*لا تستخدم لإنتاج مياه الشرب العذبة بل للزراعة فقط وهي خارج نطاق البحث

وتخضع العينات لعدة تحاليل للكشف عن الخواص الطبيعية والكيميائية والبكتيريولوجية لها، حيث تخضع العينة الواحدة من مياه الشرب لعدد (6) تحاليل فيزيائية و عدد (8) تحاليل لقياس العناصر الرئيسية و (9) تحاليل لقياس العناصر النادرة وتحليلا واحدا لقياس المواد العضوية وعدد (3) تحاليل بكتيريولوجية بما فيها تركيز الكلور الحر المتبقي(10) كالتالي :

جدول (1,11): يوضح عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة وتصنيفها بمختبرات الهيئة العامة للبيئة

نوع التحاليل	التحاليل الفيزيائية	العناصر الرئيسية	العناصر النادرة	المواد العضوية	التحاليل البكتيرية	الإجمالي
عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة	6	8	9	1	3	27

3- وزارة الصحة العامة :

يتم مراقبة المياه بوزارة الصحة من خلال وحدة صحة البيئة التابعة لقسم الصحة الوقائية بوزارة الصحة العامة، وتشتمل أعمال هذه الوحدة على أربع شعب رئيسية(11) هي :

- شعبة مراقبة المياه والفضلات.
- شعبة مراقبة الأغذية ومتداوليها.
- شعبة الاستقصاء البيئي للأمراض المعدية.
- شعبة مراقبة المرافق العامة.

ويتم جمع العينات الدورية حسب المناطق الصحية التابعة لوزارة الصحة العامة شاملة على المراكز الصحية ، والمستشفيات، ومحطات التوزيع والمرافق العامة وتشمل على (مصانع أغذية ، مساجد ، مدار س ، مطاعم ، أسواق مركزية، برادات مياه السبيل وغيرها من المرافق العامة).وقد بلغ متوسط عدد عينات مياه الشرب السنوية التي يتم فحصها بشكل دوري 8291 عينة(12) كالتالي:

جدول(1,12): يوضح المتوسط السنوي لعدد العينات بمختبرات وزارة الصحة

نوع المياه	مياه مقطرة	مياه قليلة الملوحة	مياه شرب	الإجمالي
عدد العينات	---	---	8291	8291

حيث تقوم وحدة صحة البيئة التابعة لقسم الصحة الوقائية بوزارة الصحة بالتركيز علي عمل التحاليل البكتريولوجية والتي شملت 8291 تحليلا سنويا حيث تقوم بعمل عدد (8) تحاليل فحص بكتيرلوجى لعينة مياه الشرب الواحدة كالتالي:-

جدول (1,13): يوضح المتوسط السنوي للتحاليل الدورية للعينات بمختبرات وزارة الصحة

نوع التحاليل	التحاليل الفيزيائية	العناصر الرئيسية	العناصر النادرة	المواد العضوية	التحاليل البكتيرية	الإجمالي
عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة	--	--	--	--	8	8

ثانيا:- بحث أسعار تحليل العنصر الواحد بمياه الشرب علي كافة الأجهزة من خلال أحد المراكز المتخصصة كعينة تمثيلية:-

من خلال دراسة ميدانية تحليلية سابقة لكافة العناصر التي يتم تحليلها بمياه الشرب والأجهزة المستخدمة بالتحاليل وتكاليف تحليل كل عنصر من عناصر المياه علي حدا طبقا لنوع الجهاز المستخدم بأخذ عينة فرضية لأحد المراكز الرسمية بالدولة المتخصصة بمراقبة نوعية مياه الشرب وهو مركز تنمية مصادر المياه(13). حيث روعي في هذه الدراسة إمكانية تحليل العناصر المختلفة علي مختلف الأجهزة والتي يتم علي أساسها تقييم لتكاليف التحاليل التي تجرى بالمركز للشركات والهيئات والمؤسسات، كما صنف في هذا البحث أساس تكاليف كل عنصر من سعر الجهاز وتكاليف الصيانة وتكاليف تشغيل الجهاز ومختلف الأصول الثابتة.

ثالثا:- حساب تكاليف مراقبة نوعية مياه الشرب بدولة الكويت:

1. نوعيات وعدد العينات التي تجرى علي مياه الشرب:

تتنوع نوعية وعدد عينات المياه التي تجمع من مواقع متعددة في الدولة لتحليلها في المختبرات الرسمية ، وذلك من خلال جهاز فني لجمع ومتابعة العينات وفق الأسس العلمية والمعايير الدولية.

وقد بلغ متوسط إجمالي العينات السنوي (73892) شملت مختبرات وزارة الكهرباء والمـــاء ، وزارة الصحة ، والهيئة العامة للبيئة وتصنف كالتالي:

جدول (2,1): يوضح المتوسط السنوي لعدد العينات وتوزيعها بين المختـــبرات الرسميـــة بالدولة

	وزارة الكهرباء والماء			الهيئة العامة للبيئة	وزارة الصحة العامة	الإجمالي
	مختبرات محطات التحلية	إدارة الأعمال الكيماوية	مركز تنمية مصادر المياه	إدارة رصد تلوث المياه	إدارة وحدة صحة البيئة	
عدد العينات	48180	10920	6067	434	8291	73892

2. عدد التحاليـــل لعينـــة الميـــاه الواحـــدة :

تشمل المختبرات المائية على العديد من الأجهزة المعتمدة والحديثة لتحليل المياه ، كما تشـــمل على القوة العاملة الفنية ذات الخبرة في تحليل المياه، وهذه الأجهزة تتطور بشكل سريع مما يخدم عملية متابعة نوعية المياه وحمايتها من التلوث.

وتحاول المختبرات المائية الوصول إلى النتائج الدقيقة التي يعتمد فيها اتخاذ القرار السريع تجنبـــا لتلوث مياه الشرب وحمايتها.

وقد بلغ أعلى عدد تحاليل لعينة المياه الواحدة (68) تحليل وذلك في مركز تنمية مصادر الميـــاه بوزارة الكهرباء والماء كما يلي:

جدول (2,2): يوضح عدد التحاليل التي تجرى لعينة المياه الواحدة في المختبرات الحكومية

	وزارة الكهرباء والماء			الهيئة العامة للبيئة	وزارة الصحة العامة
المختبرات	مختـــبرات محطـــات التحلية	إدارة الأعمال الكيماوية	مركز تنمية مصادر المياه	إدارة رصد تلوث المياه	إدارة وحدة صحة البيئة
إجمالي التحاليل لعينة المياه الواحدة	3	15	68	27	8

3. إجمالي التحاليـــل الســـنويـــة :

قد بلغ إجمالي التحاليل السنوية اللازمة لمراقبة مياه الشرب (466114) تحليل ، منـــها نســـبة 83% يتم بمختبرات وزارة الكهرباء والماء ،و14% بمختبرات وزارة الصحة، و3% بمختـــبرات الهيئة العامة للبيئة كالتالي:

جدول (2,3): يوضح إجمالي التحاليل السنوية التي تجرى بمختبرات الدولة:

	وزارة الكهرباء والماء			الهيئة العامة للبيئة	وزارة الصحة العامة	الإجمالي
	مختبرات محطات التحلية	إدارة الأعمال الكيماوية	مركز تنمية مصادر المياه	إدارة رصد التلوث	إدارة وحدة صحة البيئة	
إجمالي التحاليل / سنويا	144540	147420	96108	11718	66328	466114

4. إجمالي تكاليف التحاليل السنوية:-

ولحساب تكاليف مراقبة نوعية مياه الشرب بدولة الكويت تم حصر عدد التحاليل التي تتم لكل عينة علي حدي بكل مختبر وجمع عدد العينات وحساب تكاليف العينة الواحدة ومن ثم حساب إجمالي تكاليف تحليل العينات والذي بلغ (1450051 د.ك.) التالي:-

جدول (2,4): يوضح إجمالي تكلفة التحاليل في المخـــتبرات الرسميـــة بدولـــة الكويـــت

الهيئات الرسمية	وزارة الكهرباء والماء			الهيئة العامة للبيئة	وزارة الصحة العامة	الإجمالي
المخـــتبرات	مختبرات محطات التحلية	إدارة الأعمال الكيماوية	مركز تنمية مصادر المياه	إدارة رصد التلوث	إدارة وحدة صحة البيئية	
تكلفة التحاليل سنويا د. ك.	117540	297570	*480627	56854	497460	1450051

- تم إضافة مبلغ 17,2 ألف دينار كويتي كتكاليف العينات الخارجية

ونجد من خلال هذا أن مختبرات وزارة الكهرباء والماء بدولة الكويت تقوم بجمع اكثر من 65167 عينة مياه موزعة بين مياه مقطرة ومياه شرب ومياه قليلة الملوحة وهي تمثل 88% من إجمالي العينات التي تقوم بها باقي مختبرات المتابعة لمياه الشرب في الدولة. كما أن مختبرات وزارة الصحة تقوم بتحليل 8291 عينة مياه تمثل 11% من إجمالي العينات يليها الهيئة العامة للبيئة بنسبة 1% ويجرى علي هذه العينات حوالي 466114 تحليل كيماوي وبكتريولوجي، حوالي 83 % منهم تتم بمختبرات وزارة الكهرباء والماء وحوالي 14% تتم بمختبرات وزارة الصحة العامة وقد بلغ تكاليف التحاليل السنوية التي تجرى علي عينات مياه الشرب أكثر من مليون وأربعمائة وخمسون ألف دينار كويتي تتحمل منهم وزارة الكهرباء والماء نسبة 62% ووزارة الصحة نسبة 34% والهيئة العامة للبيئة 4%. حيث تتنوع التحاليل التي تجرى علي العينات من مختبر إلى أخر فتراوح عدد التحاليل التي تجرى علي العينة الواحدة من ثلاثة تحاليل فقط تجرى علي المياه المقطرة بمختبرات محطات التحلية بوزارة الكهرباء والماء إلى ثمانية تحاليل بكتريولوجية بمختبرات إدارة وحدة صحة البيئة بوزارة الصحة العامة وعدد 15 تحليل بمختبرات إدارة الأعمال الكيماوية بوزارة الكهرباء والماء و27 تحليل بمختبرات إدارة رصد التلوث بالهيئة العامة للبيئة ووصلت عدد التحاليل التي تجرى علي العينة الواحدة إلى 68 تحليل بمختبرات مركز تنمية مصادر المياه بوزارة الكهرباء والماء كما هو موضح بالأشكال (1-7).

الاستنتاج

من خلال ما تقدم نجد أن دولة الكويت تولى اهتمام خاص بأهمية متابعة ومراقبة نوعية مياه الشرب لتصل إلى المستهلك سليمة خالية من أي ملوثات. وتعتبر مراقبة نوعية مياه الشرب والمحافظة عليها من المهام الرئيسية لقطاعات المياه المسؤولة عن إنتاج وتوزيع المياه ، حيث تتحمل الجهات المعنية التكلفة العالية في مراقبة نوعية مياه الشرب في مراحل متعددة حتى وصولها للمستهلك. وتقوم هيئات عدة بمراقبة نوعية مياه الشرب في الكويت عن طريق مختبراتها المتخصصة وتتباين هذه المختبرات فيما بينها من حيث نوعيات التحليل التي تقوم بها وأماكن العينات بحيث تتكامل جميعها لعمل مراقبة محكمة لمياه الشرب حرصا على صحة المواطنين.

وقد بلغ إجمالي عدد العينات السنوية اكثر من 73 ألف عينة يجرى عليها اكثر من 466 ألف تحليل موزعة بين مختبرات وزارة الكهرباء والماء ووزارة الصحة والهيئة العامة للبيئة بتكلفة

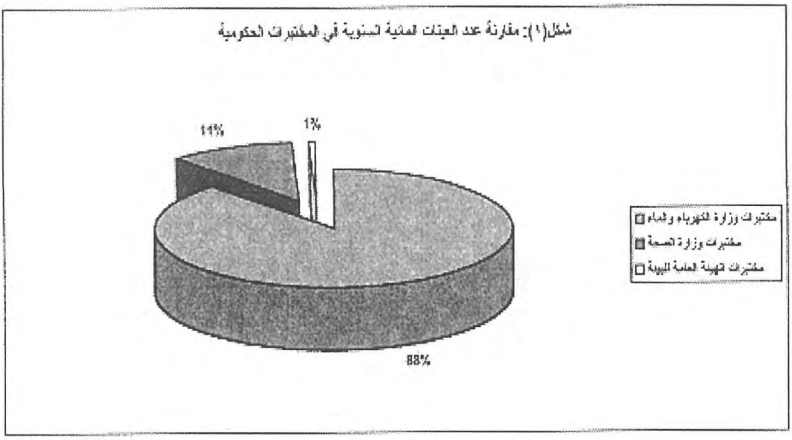
إجمالية بلغت مليون وأربعمائة وخمسون دينار كويتي كتكلفه سنوية لعمليات مراقبة مياه الشرب بدولة الكويت.

المراجع

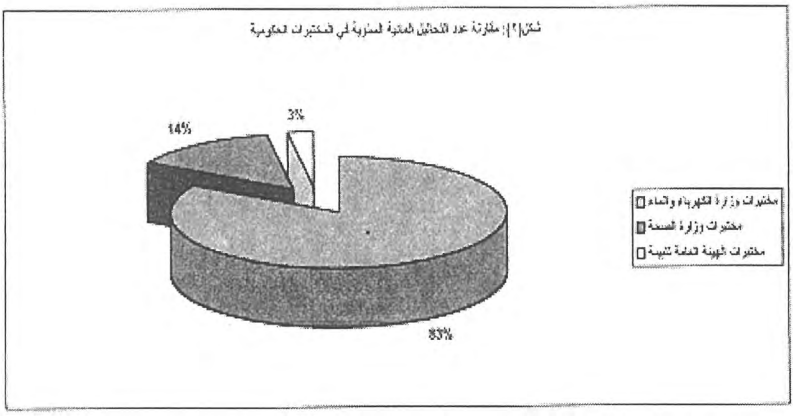
1. البرنامج الإنمائي الأمم المتحدة UNDP." التنمية البشرية التقرير السنوي 1999". هيئة الأمم المتحدة، جنيف.
2. وزارة الكهرباء والماء. 2000. "كتاب الإحصاء السنوي – المياه ". إدارة الإحصاء ومركز المعلومات . – وزارة الكهرباء والماء دولة الكويت.
3. وزارة الكهرباء والماء. 2000. " الطلب على المياه وتوفيرها". وثائق الندوة المنعقدة في مركز تنمية مصادر المياه بمناسبة أسبوع المياه لدول مجلس التعاون الخليجي في 25 مارس 2000– دولة الكويت.
4. مركز تنمية مصادر المياه. 1998. "دليل مختبرات وزارة الكهرباء والماء" . ديسمبر 1998. مكتبة مركز تنمية مصادر المياه وزارة الكهرباء والماء– دولة الكويت.
5. بشارة، أ. ، الخولى ، أ.، وجرجس ، م. (1985). دور العلم والتكنولوجيا في التنمية بالكويت ، الطبعة الأولى ، كاظمة للنشر والترجمة والتوزيع ، الكويت.
6. وزارة الكهرباء والماء. 1999. "إحصائيات وبيانات من إدارة الأعمال الكيماوية". إدارة الأعمال الكيماوية – وزارة الكهرباء والماء دولة الكويت.
7. مركز تنمية مصادر المياه 1998. " مراقبة نوعية المياه المنتجة بدولة الكويت التقرير السنوي لعام 1998". مكتبة مركز تنمية مصادر المياه وزارة الكهرباء والماء– دولة الكويت.
8. مركز تنمية مصادر المياه 1999. " مراقبة نوعية المياه المنتجة بدولة الكويت التقارير الشهرية لمراقبة نوعية المياه". مكتبة مركز تنمية مصادر المياه وزارة الكهرباء والماء– دولة الكويت.
9. الهيئة العامة للبيئة . 1996. " قانون إنشاء الهيئة العامة للبيئة رقم 21 لسنة 1995 والمعدل تحت رقم 96/16 والسياسات العامة لحماية البيئة في دولة الكويت"– مكتبة الهيئة العامة للبيئة دولة الكويت

10. الهيئة العامة للبيئة . 1999. " النتائج الشهرية للرصد البيئي لدولة الكويت"- مكتبة الهيئة العامة للبيئة دولة الكويت.
11. وزارة الصحة العامة 1995. "التقرير السنوي لقسم الصحة الوقائية". إدارة الصحة العامة- وزارة الصحة- دولة الكويت.
12. وزارة الصحة العامة 1998. "إحصائيات وبيانات من وحدة صحة البيئة لعام 98". وحدة صحة البيئة إدارة الصحة العامة- وزارة الصحة - دولة الكويت.
13. عبد العليم. م.ك. 1997. "تقرير أسعار فحص العناصر المختلفة بمركز تنمية مصادر المياه"-وزارة الكهرباء والماء- رقم م ت م م / ب ت/ م ك/97/4. مكتبة مركز تنمية مصادر المياه وزارة الكهرباء والماء- دولة الكويت.
14. الفريج. 1999. " تكاليف تحاليل مياه الشرب والتشريعات المتعلقة بذلك ومنع تلوث المياه". مركز تنمية مصادر المياه، مكتبة مركز تنمية مصادر المياه وزارة الكهرباء والماء- دولة الكويت.

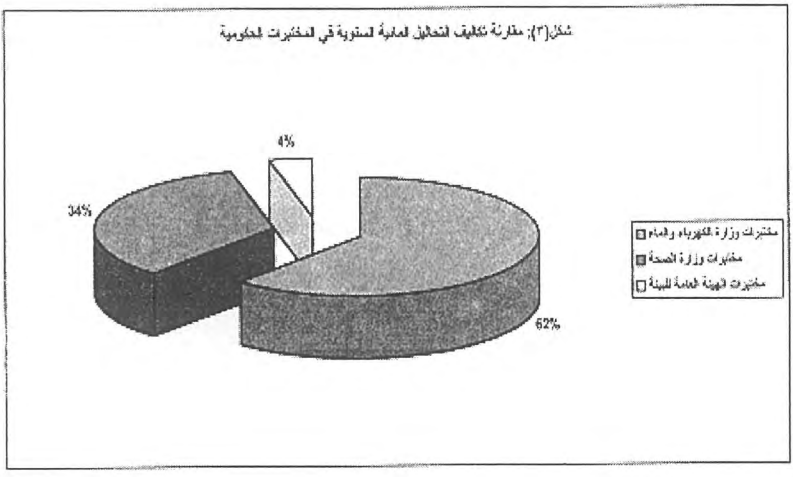
شكل(١): مقارنة عدد العينات المائية السنوية في المختبرات الحكومية



شكل(٢): مقارنة عدد التحاليل المائية السنوية في المختبرات الحكومية

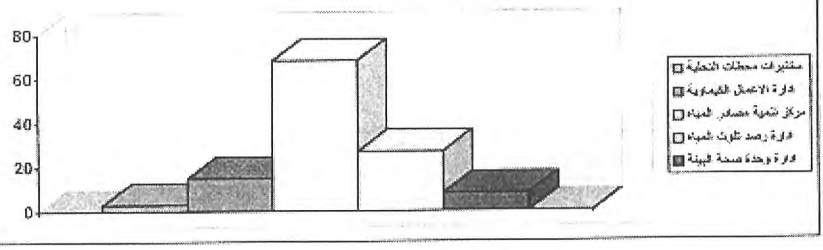


شكل(٣): مقارنة تكاليف التحاليل المائية السنوية في المختبرات الحكومية

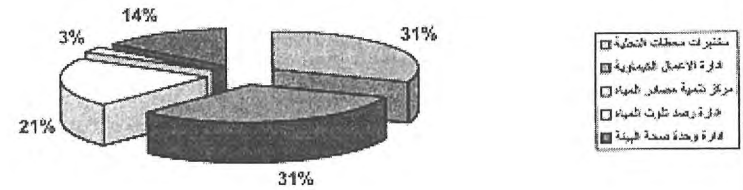


شكل(٤): عدد عينات مياه الشرب الروتينية في المختبرات الحكومية

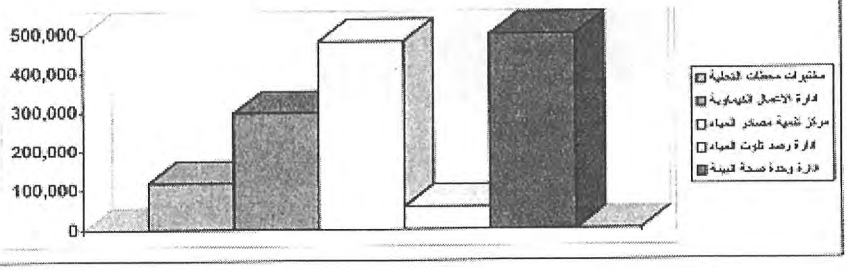
شكل (٥): عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة



شكل(٦): عدد التحاليل البكتيرية السنوية في المختبرات الحكومية



شكل(٧): تكلفة التحاليل المائية في المختبرات الحكومية



أمثلية استخدام المياه في دول مجلس التعاون الخليجي

د. نوزار عبدالرحمن الهيتي، د. عصام عبدالحميد الحديثي

أمثلية استخدام المياه في دول مجلس التعاون الخليجي

د. نوزاد عبد الرحمن الهيتي
كلية الاقتصاد – جامعة الفاتح
طرابلس– ليبيا

د. عصام عبد الحميد الحديثي
كلية الزراعة–جامعة الفاتح

الملخص

لم يعد خافيا أن أزمة المياه ستزداد حدة في الربع الأول من القرن الحالي ما لم يتم تبني سياسات مائية جديدة تحقق الإدارة المثلى لترشيد استهلاك المياه والمحافظة على نوعيتها.

لوحظ أن الاستخدام الأكبر لموارد المياه في دول مجلس التعاون الخليجي يتمثل بالاستخدام المنزلي ويمثل نحو 50 % من مجموع المياه المستثمرة، في الوقت الذي تصل فيه هذه النسبة إلى 44% للأغراض الزراعية ونحو 6% للأغراض الصناعية. كما لاحظنا أن نسبة استثمار المياه تبلغ نحو 93% من المياه المتاحة لعموم دول مجلس التعاون الخليجي، ويعزى ذلك إلى أن نسبة استثمار المياه في كل من المملكة العربية السعودية وعمان تبلغ 80% و 27% على التوالي في الوقت الذي تمتلكان فيه أكثر من 50% من المياه المتاحة في المنطقة.

تقع دول مجلس التعاون الخليجي دون حد خط الفقر الشديد للمياه إذ أن معدل حصة الفرد السنوية تبلغ أقل من 500 م^3 ويبلغ إجمالي معدل حصة الفرد من المياه المتاحة 257 م^3/سنة.

يتناول هذا البحث دراسة نسب ترشيد الهدر في المياه واستخدام الموارد المائية البديلة للحد من العجز المائي، وبما أن النسبة العليا للمياه المستخدمة تتمثل في الاستخدام المنزلي ثم القطاع الزراعي فإن البحث يركز على إدارة شبكات إمداد المياه وكذلك الموارد المائية البديلة وطرق الإدارة الحقلية الحديثة لمشاريع الري التي تضمن تأمين نحو ثلث احتياجات ماء الري من مياه مالحة لا تصلح للزراعة بوضعها الطبيعي.

مفاتيح الكلمات

- سياسات مائية
- الإدارة المثلى

- الأغراض الزراعية
- الموارد المائية

المقدمة

تقع معظم أراضي دول مجلس التعاون الخليجي والبالغة مساحتها حوالي 2.667 مليون كم2 في المناطق شبه الجافة أو الجافة، وتعاني من ضغوط شديدة على مواردها المائية المتاحة، ومن المتوقع أن تزداد الحالة المائية سوءاً في الربع الأول من القرن الحادي والعشرين، نتيجة لتوقع زيادات في الطلب على المياه بمعدلات عالية لمواكبة النمو السكاني المطرد، مما سينعكس سلباً على مسار التنمية الشاملة في منطقة الخليج، ما لم تتخذ الدول الخليجية سياسة مائية تهدف إلى تخفيض استهلاك المياه والحد من تبذيرها وتلوثها وترشيد استخدامها، وتوفير موارد مائية إضافية لضمان استمرارها لصالح الأجيال القادمة.

يتناول هذا البحث استعراض حجم الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية، وكذلك استخدامات الموارد المائية للأغراض الزراعية والصناعية والمترلية، كما يتناول وضع البدائل الممكنة لتحقيق أمن مائي مستقبلاً متضمنة الموارد المائية البديلة وأساليب الإدارة الحقلية وكذلك السياسات اللازم اتخاذها على الصعيد المؤسسي والتشريعي.

يركز البحث الحالي على أهم الموارد المائية البديلة وأكثرها توفراً والمتمثل بالمياه المالحة، حيث نشطت الدراسات للاستفادة من هذا الموارد في العقود الثلاثة الأخيرة من القرن العشرين (الحديثي، 1997).

المبحث الأول : الموارد المائية المتاحة

أولا- سقوط الأمطار وتصريفها :-

تقع أغلب أراضي دول مجلس التعاون الخليجي في مناطق شديدة الجفاف وشبه جافة باستثناء بعض المناطق الساحلية، ويتسم هطول الأمطار فيها بالتذبذب والشحة على مدار العام، وبتغيرات كبيرة من عام لآخر وتغطي الرقعة الصحراوية 96 % من إجمالي مساحة دول مجلس التعاون الخليجي (البياتي، 1998) تقدر كمية الأمطار الهاطلة في دول مجلس التعاون الخليجي بنحو 147 مليار م3 /سنوياً، كما هو موضح في الجدول رقم (1) ومنه نلاحظ أن توزيعها جغرافيا وكمياً متفاوت إلى حد كبير بين دول مجلس التعاون الخليجي، إذ تقدر حجم الأمطار

التي تمطل سنوياً على المملكة العربية السعودية وعمان بـــ 143 مليار م3، أي 96 % من كمية الأمطار الهاطلة في دول مجلس التعاون الخليجي، وأن السعودية تنفرد بما يناهز 86 % من مجموع الأمطار.

وعلى الرغم من إسهام مياه الأمطار في تنمية الزراعة المستدامة وتغذية المياه الجوفية في دول مجلس التعاون الخليجي، إلا أن الجزء الأكبر من مياه الأمطار يفقد عن طريق التبخر أو التدفق إلى البحر عبر الأودية.

ثانياً – الموارد المائية التقليدية.

يعد تقييم الموارد المائية في الوطن العربي ومن ضمنه دول مجلس التعاون الخليجي والذي قدمه المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد، 1997) في الندوة الثانية لمصادر المياه واستخداماتها في الوطن العربي، من أحدث الدراسات التي تناولت موضوع الموارد المائية. ويتبين من نتائج ذلك التقييم والموضح في الجدول رقم (1) أن مجموع الموارد المائية التقليدية المتجددة المتاحة في دول مجلس التعاون الخليجي مجتمعة تناهز 8.13 مليار م3 سنويا، ومنها حوالي 3.27 مليارم3 مياه جوفية متجددة، وبالاستناد على العدد الحالي لسكان مجلس التعاون الخليجي فأن حصة الفرد من هذه الموارد يناهز 277 م3/سنة، كما أن هذه الحصة سوف تتناقص إلى 79.5 م3/سنة عام 2025 بسبب معدلات النمو السكاني المتزايدة.

وطبقاً للتصنيفات العالمية، فإن وضع الموارد المائية يتصف بالحراجة إذا انخفضت حصة الفرد عن 1000 م3/سنة، كما توصف الحالة بالفقر المائي الخطير الذي يمكن أن يعيق المسيرة التنموية إذا انخفضت حصة الفرد عن 500 م3/سنة (صندوق النقد العربي وآخرون، 1997).

جدول رقم (1) الموارد المائية التقليدية المتاحة في دول مجلس التعاون الخليجي وحصة الفرد منها

الدول	المياه التقليدية المتجددة مليار م3			حصة الفرد (م3/سنة)	
	سطحية	جوفية	المجموع	1996	2025
الإمارات	0.19	0.12	0.13	125	32
البحرين	0.01	0.11	0.12	200	85
السعودية	3.21	2.34	5.55	296	96
عمان	1.45	0.48	1.93	877	206
قطر	0.00	0.04	0.04	61	14
الكويت	0.00	0.18	0.18	103	44
المجموع الكلي	4.86	3.27	8.13	277	79.5

المصدر: المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد، 1997)، الموارد المائية واستخداماتها في الوطن العربي، ورقة مقدمة إلى الندوة العربية الثانية لمصادر المياه واستخداماتها-الكويت، 8-10 مارس،1997.

ويكشف الجدول رقم (1) عن حالة المياه المتأزمة في دول مجلس التعاون الخليجي كافة، حيث ستقل حصة الفرد من الموارد المائية المتجددة عام 2025 عن سقف الفقر المائي الخطير.
وصفوة القول فأن دول مجلس التعاون الخليجي تستغل مواردها المائية التقليدية كافة، علاوة على لجوئها إلى استخدام الموارد غير التقليدية كالتحلية والمياه غير المتجددة.

ثالثاً – الموارد المائية غير التقليدية :-

إن تزايد نقص المياه سوف يؤدى بالتأكيد إلى المزيد من الانتباه للموارد المائية غير التقليدية والتي تشتمل على الموارد المائية غير المتجددة، ومياه التحلية، ومياه الصرف الصحي والزراعي.

1. الموارد المائية غير المتجددة :-

يوجد في دول مجلس التعاون الخليجي بالإضافة إلى الموارد المائية المتجددة مخزون جوفي من المياه الإحفورية **(fossil water)**، يرجع تجمعها إلى آلاف السنين، ويقدر مجموع هذا المخزون المائي بـ 2170 مليار م3 منها ما يقارب (1970) مليار م3 في المملكة العربية السعودية، وتتغير نوعية المياه منه من عذبة إلى مالحة، ويستعمل جزء بسيط منها لأغراض الشرب بدون معالجة خاصة، ولا يتم تغذيتها مرة أخرى.

2. تحلية المياه :-

تزايد اعتماد دول مجلس التعاون الخليجي خلال العقود الثلاثة الأخيرة على تحلية المياه، وقد ساعد توفر مصادر الطاقة في تطور تكنولوجيا تحلية مياه البحر، مما جعل المياه المحلاة المصدر الرئيس للمياه في دول المجلس كافة.
ويوضح الجدول رقم (2) الإنتاج السنوي للمياه المحلاة والذي يبلغ مجموعه 1751 مليون م3 في دول مجلس التعاون الخليجي كافة، أي ما يقارب 25 % من إجمالي الموارد المائية المتجددة، وتتفاوت الدول الخليجية في استخدام مياه التحلية ما بين 795 مليون م3 في السعودية كحد

أقصى و75 مليون م3 في البحرين كحد أدنى، وهذه المياه لا تستخدم في الزراعة وإنما تستخدم فقط في الأغراض المترلية والشرب (جدول رقم 2).

3. مياه الصرف الزراعي :-

يعد استعمال مياه الصرف الزراعي قليلاً في دول مجلس التعاون الخليجي حيث يلاحظ استخدام مياه الصرف الزراعي في مشروع الري والصرف في منطقة الإحساء بالمملكة العربية السعودية.

4. مياه الصرف الصحي المعالجة :-

تستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة بصفة عامة في ري بعض الزراعات والمساحات الخضراء، وبلغ إجمالي مياه الصرف الصحي المعالجة 302 مليون متر م3 سنوياً، وتتفاوت دول مجلس التعاون الخليجي في استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة ما بين 108 مليون م3 في الإمارات و6 مليون م3 في عمان.

جدول رقم (2) الموارد المائية غير التقليدية المتاحة في دول مجلس التعاون الخليجي (مليون م3)

القطر	التحلية	مياه الصرف الزراعي	مياه الصرف الصحي	الإجمالي
الإمارات	385	_	108	493
البحرين	75	_	11	86
السعودية	795	_	100	895
عمان	47	_	6	53
قطر	99	_	35	134
الكويت	350	_	42	392
المجموع الكلي	1751	_	302	2053

المصدر : ورقة أكساد المقدمة الندوة الثانية لمصادر المياه واستخداماتها، الكويت 8-10 مارس 1997.

المبحث الثاني –استخدامات الموارد المائية :–

تبلغ الكميات المستخدمة سنوياً من المياه حوالي 7.55 مليار م3، يستهلك القطاع المترلي حوالي 3.72 مليار م3، أي ما يعادل 49 %، ثم يلي القطاع المترلي القطاع الزراعي الذي يستهلك 3.32 مليار م3، أي حوالي 44 % ثم القطاع الصناعي والذي يستخدم 0.52 مليار م3، أي حوالي 7 % وكما موضح في الجدول رقم (3).

وخلاصة القول أن الموارد المائية المتوفرة في دول مجلس التعاون الخليجي والتي ذكرت تفاصيلها آنفا، غير كافية لتحقيق الأمن الغذائي، لذا فلا بد من التفكير باستخدام موارد مائية بديلة لعل من أهمها المياه الجوفية المالحة ومياه البحر المخففة.

جدول رقم (3) استخدامات الموارد المائية في دول مجلس التعاون الخليجي حسب الأغراض

الدولة	المياه المتاحة		المياه المستخدمة			توزيع استخدامات المياه					
	مليار م3	نصيب الفرد م3 في السنة	الجملة مليارم3	نسبة المستخدم من المياه إلى المتاح %	نصيب الفرد م3 في السنة	مترلي		صناعي		زراعي	
						الكمية	النسبة	الكمية	النسبة	الكمية	النسبة
الإمارات	0.31	112	1.42	456	512	0.25	0.17	0.07	0.05	1.10	0.78
البحرين	0.12	187	0.24	196	374	0.09	0.38	0.01	0.04	0.14	0.58
السعودية	5.55	281	4.46	80	226	2.86	0.64	0.36	0.08	1.25	0.28
عمان	1.93	832	0.53	27	229	0.03	0.05	0.01	0.03	0.49	0.92
قطر	0.04	55	026	648	354	0.03	0.46	0.02	0.08	0.12	0.46
الكويت	0.18	77	0.64	356	275	0.12	0.58	0.05	0.08	0.22	0.34
الإجمالي	8.13	257	7.55	294	328	0.37	0.49	0.52	0.07	3.32	0.44

المصدر:صندوق النقد العربي وآخرون، التقرير الاقتصادي العربي الموحد لعام 1999، أبو ظبي، سبتمبر، 1999، ص227.

المبحث الثالث – أمثلية استخدام الموارد المائية البديلة

نظرا لأن ما يقارب من نصف الموارد المائية المتاحة في دول مجلس التعاون الخليجي يستخدم لأغراض زراعية، فستركز هذه الدراسة الاهتمام على ترشيد استهلاك مياه الري واستخدام الموارد البديلة مثل المياه الجوفية المالحة ومياه البحر المخففة وذلك وفق تقانات الإدارة الحقلية الحديثة التي اعتمدت أسلوب مناوبة الريات (FAO, 1989) أو نظام الري الثنائي (الحديثي، 1998).

أشارت الدراسات الحديثة حول استخدام المياه المالحة في الري إلى إمكانية توفير 30 % من المياه الري من مصادر مرتفعة الملوحة لا تصلح للري بوضعها الطبيعي، وبهذا فان استخدام هذه التقانات في دول مجلس التعاون الخليجي يعنى استحداث موارد مائية إضافية

تساوى نحو 15 % من الموارد الحالية كما يمكن زيادة هذه الكمية عن طريق تحسين كفاءة نظم الري واستخدام أساليب الري التكميلي بدلاً عن الري المستديم في المناطق التي لا تقل فيها معدلات سقوط الأمطار السنوية عن 200 مم.

يمثل أسلوب مناوبة الريات تجهيز المزارع بمياه مالحة وبمعدل رية واحدة أو اكثر في الموسم الزراعي وذلك بحسب درجة ملوحة المياه المستخدمة ونوع المحصول وكذلك نوع التربة وعوامل المناخ لما لها من تأثير على تحمل الملوحة وغسيل التربة.

أما نظام الري الثنائي فقد عرفه الحديثي (1998) بأنه نظام ري سطحي أو ممكنن تجهز فيه مياه الري على دفعتين أولاهما مياه مالحة تليها الدفعة الثانية من المياه الري العذبة قبل أن ينخفض المحتوى الرطوبي إلى دون السعة الحقلية.

يتطلب كل من الأسلوبين المذكورين آنفاً استحداث منشآت إضافية لمشروع الري بالإضافة إلي ما يترتب على استخدام المياه المالحة من انخفاض في الإنتاج لذا ينبغي إجراء دراسة الجدوى الاقتصادية للتحقق من فائدة هذين النظامين والتوصية بصلاحية استخدامهما أو عدمها من خلال معايير معينة، ولعل احتساب دليل إنتاجية المحصول يعد معياراً مقبولاً في هذا المجال (الحديثي، 1997).

دليل إنتاجية المحصول.

حيث أن مياه الري ليس لها أسعار محددة ينبغي اعتماد الأسلوب النسبي لتحديد دليل الإنتاجية وتوقع الربح أو الخسارة.

إن استخدام مياه مالحة في الري بنسب معينة سيوفر كميات من المياه يمكـــن اســـتخدامها في التوسع الأفقي للمساحات المزروعة مما يساهم في زيادة الإنتاج، إلا أن المياه المالحة سينتج عنها انخفاض في معدلات الإنتاج وذلك وفق معادلة خطية توصل إليها (**Maas, 1984**) وكما هـــو مبين أدناه:

$$YR = 100 - \beta (Ece - A) \quad \ldots\ldots (1)$$

YR : الإنتاج النسبي للمحصول. نسبة مئوية

A : درجة الملوحة التي يبدأ عندها تأثير المحصول المعين بالملوحة وتنخفض إنتاجيته خطياً مـــع زيادة الملوحة عن هذه الدرجة، دسي سيمنز/م

β: انحدار العلاقة الخطية بين الإنتاج والملوحة.

Ece : الايصالية الكهربائية لمحلول التربة المشبعة دسي سيمنز/م

فإذا افترضنا أن إنتاجية وحدة حجم الماء للمشروع المعين تبلغ (λ) دينار/م3، فان المبلغ الذي يمكن توفيره جراء استخدام المياه المالحة بنسب معينة في الري يحسب على النحو الآتي:-

$$X = VS \times \lambda \quad \ldots\ldots (2)$$

X : المبلغ الذي يوفر جراء استخدام المياه المالحة. دينار /موسم

VS : حجم الماء العذب الذي يتم توفيره خلال ذلك الموسم، (متر مكعب).

إن انخفاض الإنتاج جراء استخدام المياه المالحة معرف كنسبة مئوية من الإنتـــاج (**Δ YR**) ، ويحسب من المعادلة:

$$YR = 100 - YR \quad \ldots\ldots (3)$$

حيث أن :-

YR: الإنتاج النسبي من المحصول عند استخدام المياه المالحة مع المياه العذبة في الـــري، نســـبة مئوية.

فإذا كانت عائدات الإنتاج الكلى للمشروع تساوى (**Y**) فإن الخسارة الكلية جراء اســـتخدام المياه المالحة يمكن حسابها من المعادلة:

$$L = \Delta YR \times Y \quad \text{..... (4)}$$

إن التعبير عن عائدات الإنتاج الكلي للمشروع بدلالة إنتاجية وحدة حجم الماء يسهل حساب نسبة الربح إلى الخسارة ويحسب من المعادلة :-

$$Y = VT \times \lambda \quad \text{..... (5)}$$

حيث VT : حجم الماء العذب الكلي المستخدم للري بدون استخدام المياه المالحة في الـري، (متر مكعب).

وبتعويض المعادلة (5) في المعادلة (4) وحساب نسبة الربح إلى الخسارة نحصل على الصيغـــة التالية لحساب دليل إنتاجية المحصول (**الحديثي، 1997**).

$$CPI = \frac{VS \times \lambda}{\Delta YR\ \% \times VT \times \lambda}$$

$$CPI = \frac{VS / VT}{\Delta YR / 100} \quad \text{..... (6)}$$

حيث أن :

CPI : دليل إنتاجية المحصول.نسبة مئوية

وعند التعبير عن حجم الماء بوحدة حجم واحدة، أي أن :-

$$VT = 1 \quad \text{..... (7)}$$

فان حجم الماء العذب الذي يتم توفيره عند استخدام مياه مالحة يحسب على النحو الآتي:

$$VS = 1 - MXR \quad \text{..... (8)}$$

M X R: نسبة حجم المياه العذبة إلى حجم ماء الري الكلي.

وبتعويض المعادلات 8،7،3 في المعادلة 6 مع التبسيط نحصل على الصيغة الآتية لدليل إنتاجيـــة المحصول **CPI**

$$CPI = \frac{(1 - MXR)}{1 - (YR / 100)} \quad \text{..... (9)}$$

إن المحاصيل الحساسة للملوحة تعطى قيم منخفضة للدليل (CPI) لذا كان لا بد من حســـاب هذا الدليل لكافة المحاصيل التي يمكن زراعتها في مشروع معين من أجل تحديد المحاصيل الـــتي تعطى قيما مقبولة لهذا الدليل والتي يجب أن تزيد عن (1) كي يكون الربح أكبر من الخســـارة وحيث يتطلب استخدام مياه في الري استحداث منشآت إضافية، لذا كانت القيمة الحرجـــة لدليل إنتاجية الماء لا بد من أن تغطي هذه التكاليف الأولية وبهذا تحسب القيمة الحرجة لدليـل الإنتاجية على النحو الآتي :-

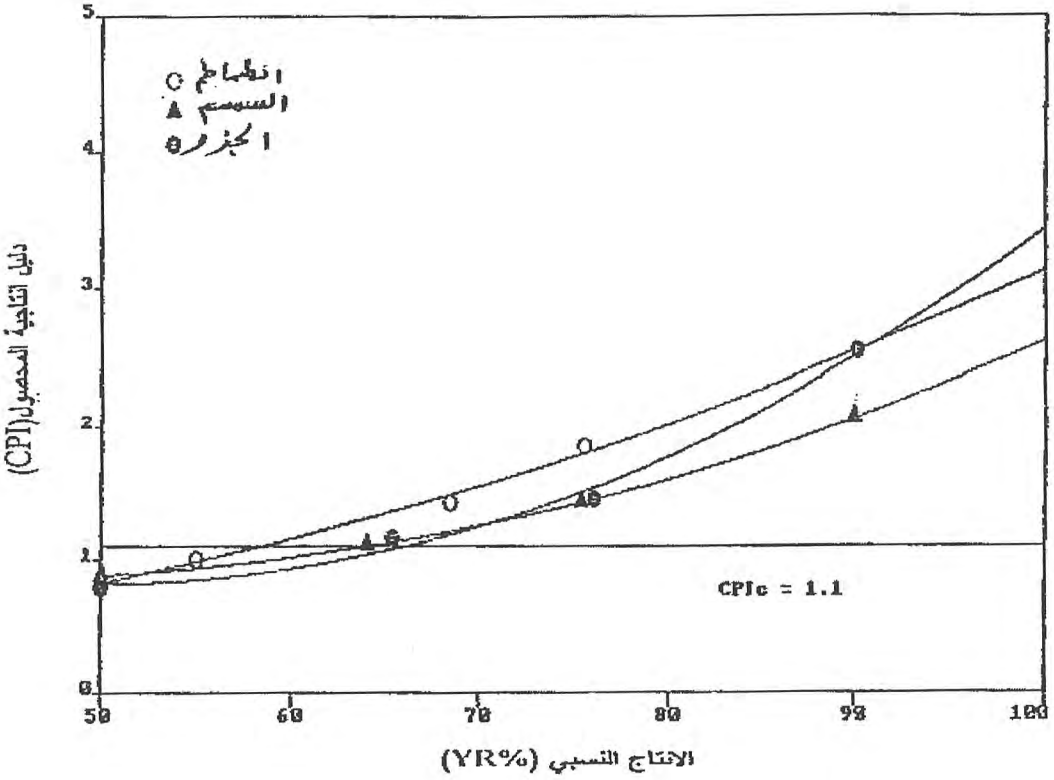
CPIC = 1 + β ..... (10)

حيث أن:

CPIC : القيمة الحرجة لدليل إنتاجية الماء.

β : مجموع التكاليف الاولية وتكاليف الصيانة لاستخدام مياه الصرف كنسبة من عـــائدات الحقل.

وقد جرى تطبيق هذا النموذج على عدد كبير من المحاصيل الاستراتيجية فوجد أن الدليل CPI للمحاصيل الحساسة للملوحة لا يتجاوز قيمته الحرجة إلا إذا زاد الإنتاج عن 60 % إلى 65 % من الإنتاج الأمثل، ويبين الشكل (1) رسماً بيانياً للعلاقة بين **CPI** والإنتاج النسبي لعدد مـــن المحاصيل الحساسة للملوحة.



شكل (1) علاقة دليل الإنتاجية CPI بالإنتاج النسبي YR لثلاث محاصيل زراعية حساسة للملوحة (الحديثي، 1997)

الاستنتاجات والتوصيات

أكدت أحدث الدراسات أن دول مجلس التعاون الخليجي تقع جميعها دون حد الفقر المائي مما يتطلب رسم سياسات مائية جديدة في إدارة الموارد المائية المتوفرة واستحداث موارد مائية بديلة وتوصى هذه الدراسة بالأتي:

1. تعد الإدارة المثلى للموارد المائية هي مفتاح التخفيف من حدة ندرة المياه في المستقبل وتفادى إلحاق المزيد من الأضرار بالنظام الايكولوجي المائي.
2. ينبغي موازنة الاهتمام فيما بين محاولة حل مشكلة المياه عن طريق توسيع نطاق الموارد المائية، وبين دراسة نمط الطلب والاستخدام، وإذا لم يتم التصرف بخصوص تغيير هيكل الطلب فسوف يستمر بالزيادة مع النمو السكاني وارتفاع مستويات المعيشة بحيث يتجاوز الواردات المحتملة في المستقبل القريب.
3. ضرورة مراجعة السياسات التنموية الهادفة إلى تشجيع رأس المال الخاص في المشاركة في مجالات التنمية المختلفة المتعلقة باستثمارات مائية، وذلك من خلال وضع شروط وضوابط ومعايير لاستخدامات المياه والمحافظة عليها كماً ونوعاً.
4. الاهتمام بدراسة الموارد المائية البديلة والتركيز على استثمارات المياه المالحة في الزراعة والتي إذا ما وفرت نحو ثلث احتياجات ماء الري فإنها ستوفر نحو 1.1 مليار م3 سنوياً أي ما يقابل نحو 1.5 مليار دولار إذا ما قورن بمياه التحلية. ومن الضرورة عدم السماح بالتوسع في استخدام المياه المالحة إلا وفق رقابة علمية رصينة تحفظ التربة والمياه الجوفية من التدهور.

المصادر

1. البياتي، ع. هـ،1998 ، التصحر وبعض آثاره على دول مجلس التعاون الخليجي، مجلة التعاون، العدد (48)، الأمانة العامة لمجلس التعاون الخليجي، الرياض، السعودية، ص ص 96–98.
2. الحديثي، ع.م، 1997 ، نمذجة استخدام المياه المالحة في الري، اطروحة دكتوراه، هندسة الري والصرف،كلية الهندسة، جامعة بغداد، 165 ص.
3. الحديثي،ع.م، 1998، نظام الري الثنائي، مقترح رسالة ماجستير مقدم إلى قسم التربة،كلية الزراعة، جامعة بغداد.
4. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، 1997، الموارد المائية واستخداماتها في الوطن العربي، الندوة العربية الثانية لمصادر المياه، 8–10 مارس، الكويت، 1997.
5. صندوق النقد العربي وآخرون، 1997، التقرير الاقتصادي العربي الموحد، أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة، ص ص 161–193.
6. **F.A.O., 1989, Water Quality For Agriculture, In: Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.1, Rome ,174 P.**
7. **Maas, E.V., 1984, Salt Tolerance of Plants, In: The Handbook of Plant Science in Agriculture. B.R., Christie. Florida, USA.**

مزايا ترشيد استهلاك المياه بالنسبة للفرد والمجتمع

المهندس: إبراهيم محمد أبو عباة، الدكتور: حسن محمد الحاجي

مزايا ترشيد استهلاك المياه بالنسبة للفرد والمجتمع

المهندس: ابراهيم محمد أبو عباة
مدير برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض

الدكتور: حسن محمد الحاجي
استشاري برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض

الملخص

تصنف المملكة العربية السعودية ضمن البلدان التي تعاني من ظروف مناخية صحراوية قاسية، وتفتقر للموارد المائية الطبيعية ،وندرة الأمطار وشح الأمطار وقلة المخزون من المياه الجوفية. ومن هذا المنطلق، فقد تحتّم على الجهات المعنية في المملكة أن تكون على دراية تامة بالموارد المائية المتاحة وإيجاد السبل الكفيلة بتطويرها وتحسين طرق إنتاجها، والمحافظة عليها وترشيد استهلاكها بما يحقق الأهداف المنشودة والمتمثلة في ضمان استمرارية تدفق مياه الشرب للمستهلكين على مختلف مستوياتهم وأياً كانت مواقعهم .

ويعتبر ترشيد استهلاك المياه مطلب استراتيجي في هذا الاتجاه، يحضّ عليه ديننا الحنيف وشريعتنا السمحاء، وتفرضه اليوم متطلبات العصر الحالي وظروفه المعقدة، وهو بالطبع أحد الروافد التي تساهم في تحقيق الأهداف المنوه عنها آنفاً، ومن هنا تبرز أهمية هذا البحث الذي يتطرق إلى الوضع المائي الراهن في المملكة، ثم يستعرض مفهوم الترشيد تعريفاً وهدفاً وأهم المزايا التي يحققها ترشيد استهلاك المياه بالنسبة للفرد والمجتمع، كما يتطرق البحث إلى الأسباب المؤدية إلى زيادة استهلاك المياه بشكل عام للأغراض المختلفة أو هدر وسوء استخدام المياه الصالحة للشرب على صعيد الشبكة، ثم يستعرض البحث أهم السبل والوسائل التي يتوجب العمل بها للمحافظة على المياه مثل معالجة التسربات التي تحدث نتيجة الانكسارات العشوائية بسبب تقادم الشبكة وازدياد الضغوط فيها، أو نتيجة للأعمال المدنية والحفريات التي تتم من قبل الجهات الأخرى دون تنسيق مسبق مع الجهة المختصة في مصلحة المياه المعنية، مما يتسبب في حدوث انكسارات وأعطال مختلفة تؤدي بالتأكيد إلى هدر وإضاعة كميات معتبرة من مياه الشرب، ويكون لها انعكاسات خطيرة في ارتفاع منسوب المياه الجوفية وتلوثها بسبب انحلال الملوثات المختلفة في المياه المتسربة تحت الأرض، وتصدع الأبنية أو الجدران نتيجة خلخلة أساساتها وهبوط الطرق، وهذا يعني حرمان المواطن من الاستفادة من كميات المياه،

بالإضافة إلى أنها تكلف الجهات الفنية الفنية في الشبكة جهوداً وتكاليفاً وأعباءً إضافية لمعالجة وإصلاح تلك الأضرار وإزالة الآثار الناجمة عنها. ومما لاشك فيه أن اتباع الإجراءات الترشيدية المناسبة يساهم في تقليل الهدر وسوء الاستخدام مما يعني تخفيف الأعباء المادية على المواطن وعلى الدولة في آن واحد، وتوفير كميات من مياه الشرب يمكن أن تلبي طلبات مستهلكين آخرين في الحاضر والمستقبل. فالترشيد في استهلاك المياه يصب في مصلحة الفرد والمجتمع على حد سواء. ويبرز البحث دور المستهلك للمياه في ترشيد الاستهلاك، لأن الإهمال واللامبالاة في مراقبة التوصيلات الداخلية للمستهلكين والتحقق من سلامتها، وعدم وعيهم وإدراكهم لأهمية ذلك يؤدي إلى زيادة استهلاك المياه بشكل غير مبرر، لذا لابد من اتخاذ إجراءات وتدابير لمعالجة هذه الظاهرة ، مثل فرض غرامات مادية صارمة على المقصرين و المستهترين باستهلاك المياه والتأكيد على أهمية ترشيد المياه من خلال حملات التوعية عبر وسائل الإعلام المسموعة والمرئية والمقروءة، وتشجيع المستهلكين على تركيب أدوات ترشيد الاستهلاك نظراً لأنها قد تساهم في خفض الاستهلاك إلى نسبة كبيرة بالمقارنة مع الوضع الراهن.

كما يتطرق البحث إلى الوسائل الأخرى التي تساعد على المحافظة على المياه مثل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في بعض الأغراض الصناعية والزراعية وذلك بعد معالجتها معالجة ثلاثية، وتجميع مياه الأمطار واستخدام أنظمة الري الحديثة في الزراعة، والإدارة المتكاملة للموارد المائية وذلك لتحقيق الأهداف المنشودة من وراء ذلك بما يكفل المحافظة على تأمين الحصص المائية للأجيال القادمة .

مفاتيح الكلمات :

ترشيد استهلاك المياه *Conservation of Water Consumption* معالجة التسربات *Leakage Treatment*

التوعية الإعلامية *Information Awareness* أدوات الترشيد (المخفضات) *Conservation Tools*

تلوث المياه الجوفية *Pollution of Ground Water*

1- المقدمة

مما لاشك فيه أن الماء هو نعمة من الله تعالى، وعصب الحياة ، وهو أهم الموارد الموجودة على سطح الأرض ، التي تقوم بها الحياة فوق هذا الكوكب ، فهو مصدر الحياة ، ومصدر الغذاء وأساس التقدم والنماء، قال تعالى في كتابه العزيز " وجعلنا من الماء كل شيء حي " ، ومع أن الماء على المستوى العالمي يعتبر مورد متجدد، إلا أنه يتناقص مع سوء استخدام الإنسان له فقد تزايدت أهميته في الوقت الحاضر كمورد حيوي في مختلف الدول والبلدان ، نتيجة للضغط السكاني المتزايد باضطراد ، وارتفاع مستوى المعيشة مما دفع الإنسان إلى الاهتمام بهذا المورد الطبيعي ذو الأهمية الاقتصادية والبيئية المتزايدة حتى أصبحت دراسات المياه من أهم المواضيع التي تؤكد العلاقة القوية بين الأرض والإنسان على وجه المعمورة .

وتزداد أهمية المياه في ظل الظروف المناخية القاسية الصحراوية والجافة وندرة كميات المياه المتدفقة أنهاراً وسيولاً ، ويتجلى ذلك بوضوح مع ازدياد النمو السكاني والعمراني والزراعي والصناعي كما هو الحال في المملكة العربية السعودية ، وما ينجم عن كل ذلك من زيادة الطلب على المياه وارتفاع معدلات استهلاكها مما يؤدي في نهاية الأمر إلى عجز الموارد المحلية عن الوفاء بمتطلبات المياه ويزيد حجم الأعباء الملقاة على عاتق الجهات المعنية في المملكة بقطاع المياه ، ليس فقط لضرورة توفير كميات من المياه تفي بالاحتياجات الحالية المختلفة كماً ونوعاً فحسب ، بل لضرورة المحافظة على الموارد المائية الحالية وتنميتها والبحث عن موارد جديدة لمواجهة الطلب على المياه مستقبلاً وهذا لن يتحقق ما لم تتعاون الجهات المعنية في هذا المجال، وما لم يتعاون القطاع الحكومي والقطاع الخاص والأفراد، وتتكامل الجهود لتصب في هدف واحد، ألا وهو تأمين كمية المياه المطلوبة للمستهلك بشكل أمثل يتماشى مع النظم والمعايير الدولية فنياً واقتصادياً.

2- الموقع والمناخ والمصادر المائية في المملكة

- ***الموقع وعدد السكان :***

تقع المملكة العربية السعودية في جنوب غرب آسيا ، وهي أكبر دولة عربية مساحة في هذه القارة ، حيث تبلغ مساحتها حوالي (2.25) مليون كيلو متر مربع ، وتشكل حوالي (80%) من مساحة شبه الجزيرة العربية وتمتد أراضي المملكة بين خطي عرض 16 و 32.12 درجة شمالاً ، وخطي طول 34.36 و 56 درجة شرقاً .

ولقد بلغ عدد سكان المملكة في سبتمبر عام 1992 حوالي (16.924.000) مليون نسمة .ويقدر الآن بحوالي (21) مليون نسمة.

– المناخ :

إن القسم الأعظم من أراضي المملكة العربية السعودية يقع ضمن النطاق الصحراوي المداري الجاف لغرب القارات وهي تقع أيضاً في منطقة الضغط المداري المرتفع وتكون عرضة للرياح الجافة شتاءً كما أنها معرضة لهبوب الرياح القارية الجافة من جنوب آسيا صيفاً .

لذا فإن مناخ المملكة العربية السعودية يتميز بالجفاف على مدار السنة وكذلك بارتفاع حرارتها صيفاً وتسيطر على المملكة صيفاً (من شهر يونيو حتى شهر أغسطس) الكتل الهوائية المدارية القارية الجافة ويكون خلاله الجو حاراً وجافاً جداً ماعدا الجزء الجنوبي الغربي فتسقط عليه الأمطار صيفاً بسبب تعرضها للجبهة الهوائية المدارية الرطبة وما يصاحبها من منخفضات مدارية مطيرة وأعاصير .

أما في فصل الشتاء (ديسمبر حتى فبراير) فتكون المملكة عرضة للكتل الهوائية الجافة والباردة التي تهب من أواسط آسيا وسيبيريا وتتسبب في ارتفاع الضغط الجوي وانخفاض الحرارة وجفاف الجو ، وقد يتشكل الصقيع بسببها في المناطق الشمالية [1].

كما تهب خلال هذا الفصل كتل هوائية رطبة من أوربا والأطلسي عبر المتوسط وتتسبب في سقوط الأمطار على شمال وغرب المملكة أما في فصل الربيع والخريف (مارس حتى مايو وسبتمبر حتى نوفمبر) فتسيطر فيها الكتل الهوائية البحرية القطبية ، والكتل الهوائية القارية الاستوائية ، وتهب فيها العواصف الرملية من المناطق الصحراوية والرياح المثيرة للغبار .

وبالنسبة للأمطار فهي تسقط غالباً ما بين أكتوبر وأبريل باستثناء المرتفعات الجنوبية الغربية التي تهطل أمطارها صيفاً ويتراوح معدل الأمطار في المناطق الشمالية والوسطى والشرقية مما بين (50 إلى 125) مم في السنة وفي بعض المناطق الصحراوية يقل عن (50) مم في السنة بينما تصل أعلى المعدلات السنوية في المرتفعات الجنوبية الغربية حيث تتراوح ما بين

(200 إلى600) مم في السنة .

يتميز مناخ المملكة بارتفاع درجة الحرارة خلال فصل الصيف حيث أن متوسط درجات الحرارة يتراوح ما بين (23 و 35) درجة مئوية ، وقد تصل درجة الحرارة العظمى إلى 48 درجة مئوية في المناطق الداخلية ما عدا النماص وأبها في منطقة عسير وبلجرشي في منطقة أبها حيث تراوح متوسط درجة الحرارة ما بين (15 ، 18) درجة مئوية أما في الشتاء (ديسمبر)

وحتى (فبراير) فيكون متوسط درجة الحرارة ما بين من (8 إلى 27) درجة وقد تهبط إلى ما تحت الصفر في المناطق الشمالية والشمالية الغربية وخصوصاً في شهر يناير .

ومع أن المياه تحيط بالمملكة من جهتين مختلفتين (البحر الأحمر والخليج العربي) إلا أن الرطوبة النسبية منخفضة حيث يتراوح معدلها في الصيف بحدود (15 إلى 25%) في المناطق الداخلية و (35 إلى 60%) في المناطق الساحلية ، ويرتفع معدلها شتاءً إلى (40 إلى 70%) في المناطق الداخلية و (50إلى 70%) في المناطق الساحلية أما معدلات التبخير اليومية والسنوية فهي مرتفعة في معظم مناطق المملكة باستثناء عسير .. ويعزى ذلك للظروف المناخية الحارة والجافة وانخفاض الرطوبة النسبية إذ يصل معدل التبخر السنوي إلى حوالي (3000) مم في السنة في المملكة كما يصل معدل التبخر السنوي حوالي (5500) مم سنوياً في السليل في جنوب المملكة و (2300) مم سنوياً في أبها [2].

◆ – **مصادر المياه :**

أ. **المياه الجوفية :**

تتواجد المياه الجوفية في المملكة في حالتين :

الحالة الأولى :

وهي المياه الجوفية المتجددة المختزنة في رواسب الأودية الضحلة وما تحتها من صخور مشققة ومفتتة والتي تتسرب من مياه السيول وتعتمد كمياتها على كثافة الأمطار ومدى تكرارها . وتنتشر رسوبيات الأدوية على هيئة أشرطة ضيقة لا يتجاوز عرضها (100) متر وبسمك لا يزيد عن (10) أمتار ، وتميزت الأودية الشرقية بامتدادها لعدة كيلو مترات وبعرضها وسماكة رسوبياتها التي تتراوح ما بين (30 60) متر أما في أودية المنطقة الجنوبية الغربية فتتميز بقصرها وشدة انحدارها ويتراوح سمك رسوبياتها في الجزء العلوي بين (10–20) متر ويزيد إلى حوالي (100) متر في الأجزاء السفلية ، ونوعية هذه المياه جيدة بشكل عام ، حيث تتراوح ملوحتها بين (300 و 2000) جزء بالمليون .

الحالة الثانية :

المياه الجوفية غير المتجددة المختزنة في الصخور الرسوبية العميقة في الرف العربي ، تغطي هذه المنطقة حوالي (1.5) مليون كم^2 ومعدل سمكها حوالي (5500) متراً ، وهي تضم المنطقة الوسطى والشرقية والشمالية والربع الخالي [1].

ب. المياه السطحية :

المياه السطحية هي مياه السيول والفيضانات الناتجة من الأمطار التي تجري في الأودية الجافة لمدد متفاوتة حسب كثافة الأمطار وتوجد أكبر السيول في أودية المنطقة الجنوبية الغربية التي تشكل الساحل الغربي المتصلة بمرتفعات البحر الأحمر . وتشكل هذه الأراضي حوالي (10 %) من مساحة المملكة إلا أنها تحتوي على أكثر من (65%) من مجموع السيول وقدرت كميات تصريفات مياه السيول في الأودية المنتشرة في المناطق المحاذية للبحر الأحمر بحوالي (1450) مليون م^3 سنوياً حيث يصل في هطول الأمطار إلى حوالي (500) مم في جبال السروات ويبلغ مقدار الكمية الكلية لمياه السيول على مستوى المملكة بحوالي (2230) مليون م^3 [4].

ج. مياه التحلية :

مع توسع المدن السعودية وازدياد عدد سكانها وامتداد رقعتها فوق مساحات شاسعة وقيام النهضة الصناعية على أراضيها زادت الحاجة إلى استعمال المياه وكان لا بد من دخول تقنية التحلية وتحلية مياه البحر وجعله أحد المصادر الهامة لتغذية المدن السعودية بالمياه وقد توسعت الدولة في استخدام هذا المصدر الجديد لدعم الموارد الطبيعية للمياه ولتوليد الطاقة الكهربائية .

د. مياه الصرف الصحي :

بدأت الأبحاث الكثيفة منذ أكثر من (40) سنة لدراسة إعادة استعمال مياه الصرف الصحي بأي شكل من الأشكال مع المحافظة على البيئة والصحة العامة لبني البشر إذ أن الزيادة المضطردة على طلب المياه قد أدت بالكثير من الدول إلى وضع الخطط الكفيلة بإعادة استعمال مياه الصرف الصحي في الزراعة والصناعة وحتى في بعض الأغراض المترلية .

ولقد أنشئت مصالح المياه والصرف الصحي التابعة لوزارة الشئون البلدية والقروية في المملكة ومن مهامها معالجة مياه الصرف الصحي بغية إعادة استعمالها فأنشأت لذلك محطات لتنقية ومعالجة مياه الصرف الصحي في معظم مدن وقرى وهجر المملكة وذلك إلى المرحلة الثانية والمتقدمة تبعاً لأغراض الاستفادة منها ويبلغ حجم مياه الصرف الصحي المعالجة في المملكة أكثر من (500) مليون متر مكعب سنوياً ويستخدم جزء من هذه المياه المعالجة حوالي (220) ألف متر مكعب في اليوم لري حوالي (300) مزرعة غرب الرياض ، كما يتم استخدام المياه المعالجة بشكل جزئي في مناطق الطائف والجبيل والظهران والأحساء [2].

3- الترشيـــــد:

♦ - تعريف الترشيد:

يمكن تعريف ترشيد استهلاك المياه بأنه الاستخدام الأمثل لها بحيث يؤدي إلى الاستفادة منـــها بأقل كمية من الاستهلاك وبأرخص التكاليف المالية الممكنة، وذلك في جميع مجالات النشاطات الزراعية والصناعية والعمرانية والاستخدامات الشخصية [3].

♦ - الهدف من الترشيد:

يهدف الترشيد إلى توعية المستهلك بأهمية المياه باعتبارها عصب الحياة والمصـــدر الأساســي لإنتاج الغذاء وأساس التقدم والنماء، وأن هدر المياه أو سوء استخدامها يعني صرف مبـــالغ مالية إضافية كان من الممكن صرفها في أوجه تنموية أخرى [4]، ويهدف الترشيد أيضـاً إلى عدم سرقة أو استتراف حصص الأجيال القادمة من المياه.

♦ - مزايا الترشيد:

1- غرس الحس الوطني والشعور بالمسؤولية لدى المستهلك في مجال الحد من استهلاك الماء؛

2- توفير في الفاتورة الشهرية التي يدفعها المستهلك؛

3- تربية النشء وتوعيتهم في مجال المحافظة على الثروات الوطنية ومن بينها الثروة المائية؛

4- التقليل من المخاطر الناجمة عن تسرب المياه ، سواءً داخل المترل أو خارجه؛

5- المحافظة على بيئة نظيفة خالية من الملوثات المختلفة الناجمة عن تسرب المياه النقيـــة أو المبتذلة؛

6- المحافظة على البنية التحتية والمرافق العامة من خلال تجنب الآثار الناجمة عن التســربات المختلفة؛

7- الاستفادة القصوى من عناصر المنظومة المائية (مضخات-أنابيب-صمامـــات-أجـــهزة تحكم)من خلال استيفائها لعمرها التشغيلي؛

8- الاقتصاد في مصاريف التشغيل والصيانة لكافة عناصر المنظومة المائية؛

9- حماية الموارد المائية من الهدر ، مما يعني إمكانية الاستفادة منها في ظل النمو الاقتصـادي المشهود في جوانب اقتصادية أخري دون الحاجة إلى البحث عن موارد مائية إضافيـــة جديدة ، وبالتالي توفير الكثير من الأموال والجهد [5]؛

10- المساهمة في تقليل الخلل في التوازن بين العرض والطلب على المياه؛

11- الحفاظ على المخزون الجوفي من المياه الجوفية بعيداً عن التلوث أو ازدياد نسبة الملوحة بسبب السحب الجائر منها، وبالتالي الإبقاء على جزء من مخزوناتها للأجيال القادمة؛

12- الامتثال للتعاليم الدينية التي حث عليها ديننا الحنيف في مجال الترشيد وعدم الإسراف في استهلاك الماء، قال تعالى "ولا تسرفوا إنه لا يحب المسرفين" ، وقال صلى الله عليه وسلم "لا تسرف ولو كنت على نهر جار" ؛

13- تقليل التكلفة الاقتصادية المرتفعة للموارد المائية سواء كانت مياهاً جوفية أو محطات تحلية، وما يتبع ذلك من تكاليف استخراج ونقل ومعالجة وتوزيع المياه للمستهلكين؛

14- تحقيق العدالة والمساواة بين جميع أفراد المجتمع ، عندما يستهلك كل فرد حصته المائية دون إفراطٍ أو تفريط، أو تعدّ على حق الغير من خلال السحب الجائر أو والاستهلاك المفرط في الماء.

- **العوامل التي تؤدي إلى زيادة الاستهلاك:**

قد تكون هناك عوامل معينة تساهم في زيادة الاستهلاك وتتحدد تلك العوامل بحسب موقع البلد الجغرافي ووضعه الاقتصادي والمستوى الثقافي لأبنائه ودرجة وعيهم وأنماط معيشتهم، ويمكن على سبيل المثال تحديد هذه العوامل المساعدة على زيادة الاستهلاك المائي في المملكة العربية السعودية على النحو التالي:

1- البيئة الجغرافية وطبيعة المناخ:

وتشمل مايلي:

- ***درجات الحرارة المرتفعة:***

إذ ينجم عن ارتفاع درجات الحرارة زيادة في استهلاك المياه سواء على المستوى الفردي أو بالنسبة للمحاصيل الزراعية.

- ***ندرة الأمطار:***

إن عدم سقوط الأمطار أو ندرتها تؤدي إلى زيادة الضغط على موارد المياه الجوفية، وبالتالي استنزاف أكبر قدر من مخزوناتها ، كما أن قلة سقوط الأمطار تؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة ،وبالتالي ازدياد معدل الاستهلاك المائي من قبل المحاصيل الزراعية المختلفة.

- ***زيادة معدلات التبخر:***

تسبب قلة سقوط الأمطار وارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف خصوصاً ازدياد معدلات التبخر من المسطحات المائية والبحيرات خلف السدود ، وكذلك من خلال عمليات النتح أو ري المزروعات.

- ***نوعية المياه:***

تؤدي جودة نوعية المياه في الشبكة إلى زيادة معدل استهلاكها، فالمياه المحلاة من البحر تعد الأكثر نقاء ثم مياه الآبار فمياه الأنهار.

- ***لأماكن السياحية:***

تجذب المناطق السياحية والقريبة من الأماكن المقدسة العديد من السياح والزوار، ولذا فإن تعدد المواسم السياحية و الأنشطة المتعلقة بها يساهم إلى حد كبير في زيادة استهلاك المياه.

2- تزايد السكان ونوعياتهم :

يعتبر تزايد السكان من أهم العوامل التي تزيد من استهلاك المياه إذ أن تزايد السكان إلى الضعف يعني انخفاض حصة الفرد من المياه إلى النصف، كما أن نوعية السكان تؤثر أيضاً في الاستهلاك ، فسكان الريف مثلاً أقل استهلاكاً للمياه من سكان المدن، والسكان ذوو الدخول المادية المرتفعة هم أكثر استهلاكاً للمياه نظراً للتجهيزات التي يمكن أن تكون بحوزتهم كالمسابح والحدائق وغير ذلك، فالمستوى المعيشي للأفراد هو أحد المؤثرات الأساسية في استهلاك المياه [6].

3- تكاليف إنتاج المياه وتوزيعها:

يمثل ارتفاع تكاليف المياه عاملاً مهماً في مدى استهلاك المياه، ويقصد بتلك التكاليف كل ما يتعلق بكلف البحث والتنقيب والاستخراج والتنقية والنقل والتوزيع والصرف الصحي والتشغيل والصيانة، ولاشك أن ارتباط هذه الكلف بمستوى الدخل الفردي والوطني له دور بارز في عملية استهلاك المياه، إذ أن زيادة تكاليف إنتاج المياه وإيصالها للمستهلك سيساهم في رفع ثمن المبيع للمتر المكعب الواحد، مما يعني زيادة في فاتورته الشهرية التي لا يستطيع تحملها ذوو الدخل المحدود مادياً مما يعني اضطرارهم إلى تقنين استهلاك المياه وترشيد استخدامها في الأغراض المختلفة.

4- النشاطات والفعاليات الاقتصادية:

يرتبط استهلاك المياه إلى حد كبير بالنشاط الاقتصادي الذي يقوم به السكان، فالذين يعملون منهم بالزراعة يستهلكون كميات أكبر من المياه ممن يعملون بالصناعة، وهذا مرده إلى أن النشاط الزراعي مرتبط بأنشطة وعوامل أخرى يمكن أن تساهم في زيادة استهلاك المياه مثل نوعية المحاصيل والتربة وطرق الري والصرف الزراعي، أما الصناعة فتأتي في المرتبة الثانية من الأنشطة الاقتصادية المستهلكة للمياه.

5- الفقد أو الهدر المائي:

تتعدد مظاهر الهدر المائي وتتنوع بحسب طبيعة استهلاك المياه، مثل طرق الري الزراعي التقليدية، أو التسربات المختلفة في المنازل والأبنية التجارية أو الحكومية، وضعف الصيانة في شبكات النقل والتوزيع المائية، ونوعية الأدوات الصحية المستخدمة، وقلة الوسائل والأدوات المستخدمة في الترشيد ، كل ذلك من شأنه أن يساهم في زيادة الهدر وتكاليف المنظومة المائية.

4- أهم الإجراءات والتدابير التي ينبغي اتخاذها للمحافظة على المياه وترشيد استخدامها:

أ- مياه الشرب:

- **معالجة التسربات الداخلية والخارجية :**

تتفاوت أعمار شبكات المياه الموضوعة في الخدمة حالياً في مدينة الرياض،فمنها ما هو متقادم نسبياً ولكنه مازال في وضع مقبول فنياً، ومنها أجزاء قد أصبحت في طور الاهتلاك أي أنها قد تجاوزت بكثير عمرها التشغيلي الافتراضي، مما يؤدي عملياً إلى حدوث انكسارات ظاهرة أو غير ظاهرة تتسبب في هدر كمية لا يستهان بها من مياه الشرب، وتؤدي إلى أضرار جسيمة بيئية واقتصادية نتيجة لتسربها في باطن الأرض أو على سطحها من جهة، فضلاً عن أن هذه المياه المهدرة تعتبر خسارة بحد ذاتها نظراً لقيمتها الاقتصادية، ولذلك فإن معالجة التسربات بالشكل الأمثل تساهم في خفض الفاقد الكبير الذي يحصل نتيجة لهذه التسربات سواءً كانت داخلية ضمن المباني أم خارجية في الشبكة،

إن أهم الوسائل لمعالجة التسربات التي تحدث في الشبكة العامة هي اتخاذ التدابير الكفيلة بمعالجة أسباب تلك التسربات، ويمكن استعراض أهم الأسباب التي تؤدي إلى الانكسارات في الخطوط وتسرب المياه منها بما يلي:

1- الحفريات المختلفة التي تقوم بها جهات أخرى دون التنسيق مع مصالح المياه لتحديد مسارات الخطوط بشكل مسبق قبل البدء بعمليات الحفر؛

2- وجود نقاط ضعف في مادة الخط أو الوصلات ضمن الخط أو في التفريعات والردميات؛

3- ارتفاع الضغوط في الشبكة أو تكرار حدوث المطرقة المائية؛ أو تقادم أو اهتلاك مادة الخط؛

4- وجود تسربات خارجية من مياه الأمطار أو السيول أو الصرف الصحي، مما يؤدي إلى جرف الطبقة الرملية المحيطة بالخطوط وبالتالي تصبح شبه معلقة وتتعرض إلى إجهادات الشد والضغط؛

5- الظروف الجوية كارتفاع درجة الحرارة، أو الإجهادات التي يتعرض لها الخط نتيجة مرور السيارات والآليات الثقيلة فوقه، وعدم تقيدها بالأحمال المطلوبة [7].

يتضح مما سبق أن حسن انتقاء المواد الأولية لعناصر الشبكة وحسن تنفيذها واستثمارها بالشكل الأمثل كفيل بالحد من تسربات الخطوط في الشبكة، مما يعني بالضرورة مراقبة الشبكة والفحص الدوري على النقاط التي يتوقع احتمال حدوث التسرب فيها أكثر من غيرها مثل تقاطعات الشوارع والمناطق الصناعية ومحطات البنزين وغيرها من الأماكن المماثلة الأخرى، كما أن أمثل الحلول الفنية الدائمة لهذه المشاكل هو استخدام نظام الأنفاق الخدماتية التي تساعد على كشف الخلل في حينه وتسهل أعمال المتابعة الدائمة والصيانة.

ولتوثيق كافة الأعمال المتعلقة بكشف وإصلاح التسربات في الشبكة يمكن إنشاء قسم خاص للترشيد والتسربات يتبع لإدارة الشبكة ويتولى المهمة في تحري مواقع التسربات في خطوط الشبكة، التي تحدث نتيجة لأحد الأسباب الواردة أعلاه، أو نتيجة لبلاغات المواطنين بهذا الشأن أو نتيجة الاستهلاك الزائد في الفاتورة، كما أن هذا القسم يقوم بالكشف الدوري على الخطوط ومعالجتها بشكل وقائي وذلك بالتنسيق مع مناطق الصيانة، ويعتبر قسم التسربات في شبكة مياه الرياض مثال للاستشهاد على ما ذكر أعلاه.

- **العمل على تركيب المخفضات وأجهزة الترشيد:**

يساهم تركيب المخفضات وأجهزة الترشيد إلى حد كبير في إنقاص كمية المياه المنتجة والموزعة للشرب، ويتضح ذلك لدى بعض المستهلكين الذين تزيد حدود استهلاكهم عن الاحتياجات البشرية العادية مثل محطات البترين ومغاسل السيارات وكذلك الاستراحات ، ويمكن أيضاً تعميم هذا المفهوم على المجمعات والأبنية السكنية، إذ أن تركيب أجهزة الترشيد فيها يساهم

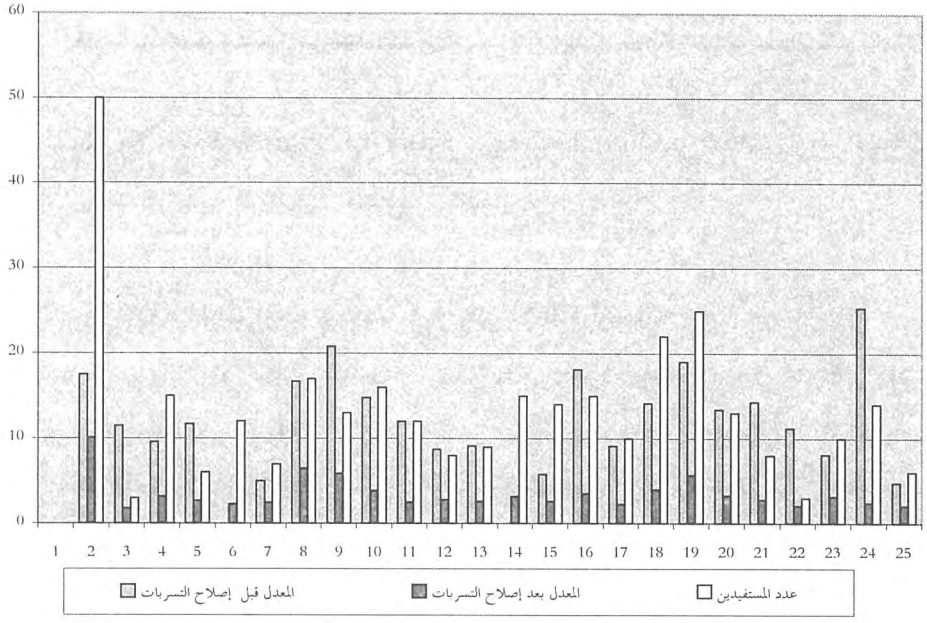
في تخفيض معدلات الاستهلاك بنسبة تتراوح بين (20 إلى 30) % من الاستهلاك الطبيعي للأفراد الذين يشغلون هذه العقارات، وإذا كانت المخفضات تعني بالنسبة للصنف الأول (الاستراحات ومحطات البترين) تقليل قطر التغذية من خلال تركيب نقّاص لهذا الغرض،فإن تركيب أجهزة الترشيد في داخل الأبنية السكنية يساهم بشكل ملحوظ في تخفيض الاستهلاك ، وهذا يصب بالطبع في مصلحة الفرد والمجتمع على حد سواء. يبين الجدول (1) مدى الفرق بين كمية المياه المستهلكة قبل وبعد تركيب المخفضات ، وهي عبارة عن نقّاصات تركب قبل العداد، وتحد من تدفق المياه [7].

جدول 1. مقارنة استهلاك المياه لبعض محطات البترين ومغاسل السيارات وذلك قبل وبعد تركيب أجهزة الترشيد (المخفضات).

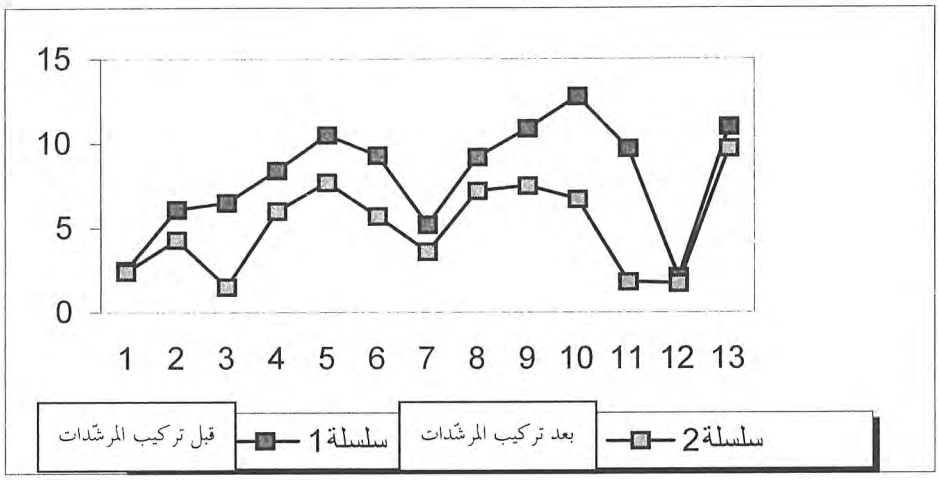
الرقم المتسلسل	معلومات خاصة بالشبكة			المعدل قبل تركيب المخفضات	المعدل بعد تركيب المخفضات
	رقم المنطقة	رقم الحصر	رقم العداد		
1	8/4	600560	91267067	2.5	2.4
2	1/40	530510	16461659	6.1	4.3
3	1/48	010830	00058311	6.5	1.5
4	3/48	552115	21365907	8.4	6
5	4/48	660510	92441867	10.5	7,7
6	1/85	120701	44400741	9.3	5.7
7	0/85	520010	00916412	5.2	3.6
8	1/24	070850	91290629	9.2	7.2
9	7/4	150790	90260902	10.9	7.5
10	6/43	605250	00074243	12.8	6.7
11	0/51	060510	44402247	9.7	1.8
12	0/29	042100	91284752	2.1	1.7
13	5/45	604325	18462365	11	9.7

يبين الشكل (1) الفارق الكبير بين حالتي الاستهلاك قبل وبعد إصلاح التسربات، ويتضح من هذا الشكل أن هناك وفراً هائلاً في كميات المياه الصالحة للشرب يمكن أن تكون متاحة

للمستهلكين بمجرد إصلاح الأعطال الناجمة عن تسرب المياه بأشكاله المختلفة، وخصوصاً ما يتعلق منها بانكسارات الخطوط الرئيسية أو خطوط التوزيع وما ينجم عنها من تسربات غير ظاهرة تسبب أضراراً جسيمة غير مباشرة فضلاً عن كمية المياه التي تخسرها الشبكة من جرّاء تلك التسربات [7]. ويبين الشكل (2) مقارنة لبعض كبار المستهلكين مثل محطات البترين والاستراحات بعد تركيب المخفضات لهم من قبل الجهة المختصة في شبكة مياه الرياض، ويستنتج من ملاحظة الفارق الكبير بين مرحلتي ما قبل وبعد تركيب تلك المخفضات ضرورة تعميم هذه التجربة على مصالح المياه الأخرى في المملكة، والعمل على إلزام المستهلك باستخدام هذه المخفضات، خاصةً وأنها قليلة التكلفة المادية، ولكنها عظيمة الفائدة في توفير كميات كبيرة من المياه الصالحة للشرب.



الشكل (1) مقارنة الاستهلاك قبل وبعد إصلاح التسربات في أجزاء مختارة من شبكة مياه الرياض. المصدر: [7]



الشكل (2) مقارنة الاستهلاك قبل وبعد تركيب المخفضات لبعض محطات البنزين ومغاسل السيارات في مدينة الرياض. المصدر : كالسابق.

- **إطلاق حملات توعية ترشيدية في وسائل الإعلام المختلفة:**

تعتبر وسائل الإعلام المرئية والمسموعة و المقروءة من الطرق المفيدة نسبياً في نشر قدر معقول من الوعي والشعور بالمسؤولية لدى عامة الناس ، ويمكن أن يتم ذلك من خلال إعداد برامج مناسبة لهذا الغرض بالإضافة إلى أفلام وتمثيليات قصيرة ومسرحيات هادفة بهذا الاتجاه بحيث تغرس في نفوس عامة البشر صغيرهم وكبيرهم ضرورة التقيد باستهلاك المياه في حدود المعقول، إدراكاً منهم قبل ذلك أن الماء هو ثروة قومية ووطنية هامة يجب المحافظة عليها وترشيد استهلاكها مطلب ضروري، خصوصاً في البلدان التي تتميز بندرة مواردها المائية وقسوة مناخها الصحراوي الحار مثل المملكة العربية السعودية وبعض دول الخليج العربي الأخرى، ويمكن الاستشهاد بما قامت به مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض في هذا المجال إذ يبدو أنها أدركت قبل غيرها من المصالح الحكومية أهمية هذا الموضوع، فأنشأت قسماً خاصاً لهذه المهمات هو قسم التوعية والإعلام، وقد دأب هذا القسم على إصدار النشرات والكتيبات والمطبوعات الترشيدية إضافة إلى حملات التوعية الترشيدية في المدارس وكافة الهيئات التعليمية الحكومية والخاصة، وهو يعمل على تنظيم حملات إعلامية وتوعية تتضمن ندوات

ومسابقات في مجال التوعية الترشيدية، وبمعدل لايقل عن مرتين في السنة، ومن شـــأن ذلـــك بالطبع أن يغرس في نفوس النشء حب الوطن والمحافظة على ممتلكاته وبنيته التحتيـــة ســـواءً بالنسبة للمياه أو غيرها من المؤسسات الخدمية المختلفة [8].

ب – معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها:

مع تزايد عدد السكان والنقص في مصادر المياه الجوفية فقد تزايدت الحاجة إلى استخدام ميـــاه الصرف الصحي المعالجة في المشروعات الزراعية للري أو المشروعات الصناعية كاستخدامها في مياه التبريد وغير ذلك.

ومن هنا فقد أصبحت معالجة مياه الصرف الصحي قبل التخلص منها مهمة حتمية وضرورية لأنها تحقق هدفين أساسيين :

الأول هو حماية المصادر المائية من التلوث البكتيري والجرثومي والكيميائي؛

والثاني هو توفير قدر لابأس به من المياه الآمنة لاستعمالات الري والأغراض المناسبة الأخرى [9].

ويعتبر إنشاء مصالح المياه والصرف الصحي التابعة لوزارة الشئون البلدية والقروية في المملكـــة خطوة في هذا الاتجاه، حيث تفهمت تلك المصالح ومنذ بداية إنشائها ضرورة معالجـــة ميـــاه الصرف الصحي بغية إعادة استعمالها فقامت بتشييد محطات لتنقية ومعالجة ميـــــاه الصـــرف الصحي في بعض مدن المملكة، وقد سبقت الإشارة سابقاً أن حجم مياه الصـــرف الصحـــي المعالجة في المملكة قد تجاوز أكثر من (500) مليون متر مكعب سنوياً ويستخدم جزء من هذه المياه المعالجة حوالي (220) ألف متر مكعب في اليوم لري حوالي (300) مزرعة غرب الرياض ، كما يتم استخدام المياه المعالجة بشكل جزئي في مناطق الطائف والجبيل والظهران والأحســاء [2].

يبين الجدول (2) كميات المياه الناتجة عن الصرف الصحي في المدن الرئيســـية في المملكـــة ويلاحظ أن إجمالي هذه الكمية تزيد عن (1.3) مليون متر مكعب في اليوم في عـلم (1995م) فمعالجة هذه الكميات من المياه الكبيرة توفر على المملكة الكثير من المخزون الاحتياطي المائي ، وخصوصاً في مجال الري وحتى في توفير الأسمدة الكيميائية [10].

جدول 2. كميات مياه الصرف الصحي مقدرة بآلاف الأمتار المكعبة .

المدينة	الكمية	المدينة	الكمية
الرياض	420	الدمام	187.143
جدة	118	الخبر	96
بريدة	42.5	القطيف	30
عنيزة	15	المدينة المنورة	100
الأحساء	200	-----	-----

المصدر: [10]

ج- تجميع مياه الأمطار:

مع قلة الأمطار وندرتها فإن تجميعها والاستفادة منها يساهم إلى حد كبير في توفير قدر مفيد من المياه التي يمكن أن تهطل على مدار السنة، ويمكن أن يتم ذلك وفق أحد الإجراءات التالية:

1- تجميع مياه الأمطار من أسطح المنازل في برك بلاستيكية أو اسمنتية؛
2- حجز مياه الوديان والسيول ضمن خزانات تجميعية للمياه، أو عمل سدود مائية؛
3- التحكم في مياه الجريان السطحي حسب طبيعة التربة والانحدار وذلك باستخدام الوسائل الفنية المناسبة.

إن العمل على تطبيق تقنية تجميع مياه الأمطار يساهم في خفض معدلات الاستهلاك الزراعية التي تعتبر أكبر مستهلك للمياه، وسوف يؤدي أيضاً تحسين نوعية المياه الجوفية، ورفع كفاءة الآبار العاملة مما يعود بالأثر الإيجابي على المياه المستعملة للأغراض المترلية[11].

د- استخدام نظم الري الحديثة:

إن اعتماد سياسة الأمن الغذائي أو عدم التبعية الغذائية يقتضي دفع مسيرة التنمية الزراعية خطوات إلى الأمام، ولابد حينئذٍ من زيادة كفاءة استخدام المياه في المجالات الزراعي، ولقد كان نظام الري السطحي بالغمر هو النظام السائد حتى فترة زمنية ماضية ليست ببعيدة، ونظراً لما لنظام الري هذا من آثار لاتحمد عقباها في مجال تدني كفاءة استخدام المياه والهدر الناجم عن ذلك والذي يؤدي إلى تدني خصوبة التربة، فإن الحاجة تبدو ماسة وملحة لاستخدام نظم الري الحديثة التي تساهم في زيادة كفاءة المياه ومن هذه الطرق مايلي:

1- الري بالرش (الرذاذ):

وتتناسب مع جميع أنواع الأراضي الخفيفة والثقيلة، ولاتحتاج إلى تسوية للأرض، وتناسب محاصيل زراعية عديدة، ويمكن تقليل التكاليف وإنشاء شبكة نصف متنقلة. ومن مزايا هذه الطريقة عدم احتياجها إلى أقنية أو مصارف وتوفر في مياه الري أكثر من 25% وتزيد المردود أو الكفاءة بنسبة لاتقل عن 35 % ، كما أن استخدام نظام الري بالرش يساعد في مكافحة الصقيع والتخفيف من درجات الحرارة.

2- الري بالتنقيط :

ويمكن استخدام نظام الري هذا في كافة أنواع الأراضي ، وخاصة في المناطق قليلة المياه، ومن أهم ميزاته التوفير في اليد العاملة، ويوفر في كمية مياه الري بحدود55 % وتزداد كفاءة استخدام المياه إلى أكثر من 40 % .

3- تطوير طرق الري السطحي:

وذلك باستخدام الري عن طريق البواكي، أو عن طريق التدويس (المصاطب)، أو عن طريق الدوائر أو الأقلام [12].

هـ - الإدارة المثلى للمياه:

إن محدودية الموارد المائية المتاحة، والتوقعات بتزايد الطلب على المياه، وتفاقم العجز المائي وانعكاساته السلبية على المسيرة التنموية بشكل عام يحتم ضرورة وضع مفهوم جديد للإدارة المتكاملة للموارد المائية يمكن بموجبه التغلب على كافة المشاكل والقضايا المتعلقة بهذا المورد الحيوي الهام، ومن بين هذه القضايا التزايد المضطرد في الطلب على المياه، والزيادة البطيئة في الموارد المائية، والتدهور المستمر في نوعية المياه، وانخفاظ انتاج الأحواض الجوفية بسبب استغلالها المفرط، وتقصير البرامج المتعلقة بمعالجة مياه الشرب والصرف الصحي، تصاعد النزاعات أحياناً حول بعض موارد المياه السطحية أو الجوفية المشتركة، والنمو السكاني السريع ونقص الوعي الجماهيري بأهمية المياه [13].

لقد بدأت الأزمة المائية تلقي بظلالها في أرجاء الوطن العربي وبشكل خاص في دول الخليج العربي ومنها المملكة العربية السعودية، بسبب اعتماد سيسات اقتصادية طموحة دون الاستناد الدقيق للواقع الفيزيائي للموارد المائية، وكذلك بسبب ضعف تنفيذ التشريعات الخاصة باستثمار المياه واستخدامها، والحاجة إلى تطويرها بما يتناسب والظروف المرحلية المحيطة [14]،

ولذا فإنه لابد من أن تتكيف السياسات مع واقع المياه، [15] فالسياسة المائية الواعدة بالنجاح هي تلك التي تعتمد على الحقائق العلمية وتنطلق من فهم حقيقي لمصادر المياه المتجددة وغير المتجددة، وتتخذ مجموعة من الاجراءات والتدابير المناسبة مثل: دعم الهيئات والمؤسسات المعنية بشؤون المياه، من حيث توفير الكوادر العلمية والفنية، وتأمين الدعم المادي اللازم، ويمكن في هذا الصدد تكوين فرق عمل متخصصة في الشؤون المائية، في مجال الاحصاءات وبنك المعلومات المائية والمسح الجغرافي والجيولوجي والهيدرولوجي، إضافة إلى فرق أخرى معنية بالبحوث واستخدام التقنيات الحديثة وإدارة واستغلال المياه وإنشاء وتشغيل وصيانة الشبكات المائية والكهرمائية، وتخطيط المشاريع المائية المستقبلية [16].

5- الاستنتاج:

يعتبر ترشيد استهلاك المياه وضمان توفيرها تحت كافة الظروف مطلباً وطنياً هاما ليس للمحافظة على عصب الحياة فقط بل ولحماية النهضة الشاملة التي تعيشها البلاد والمحافظة على الأمن الذي تنعم به إذ غدا الماء أهم سلعة استراتيجية تحتاجها المملكة العربية السعودية ودول الخليج العربية لافتقارها إلى مصادره الطبيعية المتجددة. لذا فإن العمل على ترشيد استهلاك الماء سيكون له أكبر الأثر في المدى القصير والطويل في الحد من استهلاك الماء مما يعني اعتباره أحد أهم عناصر خطة الأمن المائي .

يتبين للباحثين من خلال استعراض الوضع المائي الراهن في المملكة ومدى التوازن بين الطلب على المياه الصالحة للشرب ومراحل تطور استهلاكها أن هناك ضرورة ملحّة لدراسة الإجراءات والتدابير الواردة في هذا البحث والمتعلقة بالحد من هدر المياه وسوء استعمالها والعمل على ترشيد استهلاك المياه وذلك تحاشياً لما يمكن أن تسببه كميات المياه المتسربة من أضرار طويلة الأجل تتمثل في رفع منسوب المياه الجوفية السطحية وتلوثها إلى حدود تفوق المعايير المتعارف عليها. كما أن نظرة تحليلية واقعية لمصادر المياه المتاحة في الأفق المنظور وكميات الطلب على مياه الشرب المتوقعة للسنوات العشر القادمة تؤكد بالحاح ضرورة معالجة المشكلة المطروحة حالياً والمتمثلة في عجز مصادر المياه عن تلبية حاجة المستهلكين من المياه، ومن بين الحلول والاقتراحات لتلك المشكلة ما ورد عرضه في هذا البحث مثل تشجيع المستهلكين على ترشيد الاستهلاك بشكل ودي ، وذلك من خلال برامج توعية هادفة عبر وسائل الإعلام المسموعة والمقروءة والمرئية، أو بشكل قسري من خلال إجبار المستهلكين

الذين تحتوي عقاراتهم في بعض مدن المملكة على مسطحات خضراء على حفر آبار سطحية لريها وفرض غرامات مالية على كل متسبب في حدوث أي انكسار أو تسرب في خطوط الشبكة، ومعالجة التسربات الداخلية والخارجية التي تحدث في الشبكة نتيجة للظروف المختلفة، ويمكن أن يساهم تخصيص عدّاد مستقل لكل شقة أو دور في المجمعات والأبنية السكنية متعددة الطوابق بشكل كبير في حصر المسؤولية ومحاسبة المقصرين، وإنصاف الملتزمين باستهلاك المياه بالحدود المعقولة التي يمليها علينا ديننا الحنيف وشريعتنا السمحاء.

يشمل ترشيد استهلاك المياه جميع أوجه استخداماتها المختلفة في الزراعة والصناعة والاستعمالات المترلية التي يبرز من خلالها دور المواطن في ترشيد استهلاك الماء. ولابد من وضع السياسات المناسبة والتشريعات الضرورية لحماية المصادر المائية من الاستهلاك الجائر للأغراض الزراعية باعتبارها المستهلك الأكبر للمخزون المائي، ولعل من بين الإجراءات والتدابير التي يمكن أن تساهم في تحقيق مفهوم الترشيد كواقع ملموس هو ضرورة إعادة النظر في تسعيرة المياه وباستعمالاتها المختلفة، وخصوصاً في مجال الاستهلاك المترلي، بحيث يدفع الناس جزءاً من قيمتها الحقيقية، مما يعني تعاون وتكاتف الأفراد والدولة على تنفيذ الخطط طويلة الأمد والاستراتيجيات المناسبة التي تكفل للأجيال القادمة حصتها من المياه .

6- المراجـــــع:

[1] د.وليد أحمد عبدالرحمن ، التصحر وهجرة السكان في الوطن العربي ، معهد البحـوث والدراسات العربية ، القاهرة 1995 ص291 وما بعدها .

[2] مصطفى نوري عثمان ، الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية ، مطبوعـات تهامة ، جدة ، السعودية 1983م ص29 .

[3] حسن محمد الحاجي ، ابراهيم محمد أبو عباة، التنبؤ بالطلب على كمية المياه وعـــدد التوصيلات المترلية باستخدام التقريب الاحتمالي، بحث تم نشره في مؤتمر الخليج الرابع للمياه الذي انعقد في دولة البحرين في الفترة(13-17) فبراير 1999 تحت عنـوان" الماء وتحديات القرن الحادي والعشرين" ؛

[4] أحمد عبد الله غرم الغامدي، متى ندرك أهمية ترشيد استهلاك المياه، المجلـــة الزراعيـــة ،العدد الأول –أبريل 2000 ، وزارة الزراعة والمياه، الرياض، ص 14؛

[5] د. ابراهيم بن محمد علي الفقي، ترشيد استخدام المياه المترلية، ورقة بحثية منشـورة في الندوة الأولى لترشيد استهلاك المياه التي عقدتها وزارة الزراعة والمياه في الريـــاض في الفترة من 14 – 18 أبريل 1999 م؛

[6] د. ابراهيم بن محمد علي الفقي، لماذا أصبح ترشيد استهلاك المياه مطلباً وطنياً، النشرة الدورية" أخبار المصلحة " – مصلحة المياه والصرف الحي بمنطقة الرياض ، العـــدد الثاني – السنة الثانية 1420؛

[7] حسن محمد الحاجي ، ابراهيم محمد أبو عباة ، أساليب ترشيد استهلاك مياه الشـــرب وآثارها الاقتصادية، ورقة بحثية منشورة في الندوة الأولى لترشيد استهلاك المياه الـــتي عقدتها وزارة الزراعة والمياه في الرياض في الفترة من 9 إلى 13 محـــرم 1421 هـــــ الموافق لـــ 14 – 18 أبريل 1999 م؛

[8] مصطفى نوري عثمان، أبجديات ترشيد استهلاك المياه، بحث تم نشـــره في مؤتمـــر الخليج الرابع للمياه الذي انعقد في دولة البحرين في الفترة (13-17) فبراير 1999 تحت عنوان" الماء وتحديات القرن الحادي والعشرين" ؛

[9] معالجة المياه والصرف الصحي ، مجلة عالم المياه العربي، المجلد 24، العـــدد رقـــم 3، حزيران (يونية) 2000 بيروت، لبنان؛

[10] علي الجلود ، علي عبدالرحمن الطخيس ، إدارة استخدام المياه وإدارتها في المملكة العربية السعودية ، ورقة بحثية مقدمة في المؤتمر الدولي " مياه العرب 1998م " المنعقد في القاهرة بتاريخ (26-28 أبريل 1998م . ص 7؛

[11] د. يوسف أبو مايلة ، دراسة لبعض الحلول لمشكلة المياه في قطاع غزة، ، بحث تم نشره في مؤتمر الخليج الرابع للمياه الذي انعقد في دولة البحرين في الفترة(13-17) فبراير 1999 تحت عنوان" الماء وتحديات القرن الحادي والعشرين"، المجلد العربي (ص 1-10)؛

[12] خليفة عبدالله الكويتي، مساعد سلمان الظفر، عبدالرحمن سلمان الجغيمان، جهود هيئة الري والصرف بالاحساء في رفع كفاءة استخدام الري، مؤتمر الخليج الرابع للمياه الذي انعقد في دولة البحرين في الفترة(13-17) فبراير 1999 تحت عنوان" الماء وتحديات القرن الحادي والعشرين"، المجلد العربي (ص 265 -283)؛

[13] أزمة المياه تشتد فأين الإدارة الرشيدة، مجلة البيئة والتنمية، المجلد 5 ، العدد 25، أبريل 2000 ص 48 ، بيروت لبنان؛

[14] مصطفى انطاكي، الأمن المائي العربي ، مجلة تشرين الأسبوعي، العدد الصادر بتاريخ 4 أبريل 2000 م دمشق ؛

[15] د. محمود يوسف عبد الرحيم، مياه العرب في القرن الحادي والعشرين، مجلة البيئة والتنمية، المجلد 5، العدد 25، أبريل 2000 م ، بيروت ، لبنان، ص 6 ؛

[16] د. السيد البشرى، مشكلة المياه وأثرها على الأمن القومي العربي، أكاديمية نايف العربية للعلوم الأمنية-الرياض،1998م.

ترشيد استخدامات المياه في القطاع المنزلي والزراعي والصناعي في المملكة العربية السعودية

إعداد الدكتور: إبراهيم محمد علي الفقي

ترشيد استخدامات المياه في القطاع المترلي والزراعي والصناعي في المملكة العربية السعودية

إعداد الدكتور : إبراهيم محمد علي الفقي

أستاذ الجغرافيا السياسية المساعد

معهد الدراسات الدبلوماسية- وزارة الخارجية- المملكة العربية السعودية

ملخص البحث

شهدت المملكة العربية السعودية انطلاق عدد من الخطط التنموية منذ عام 1970 م والتي أسهمت بصورة ملموسة في تنمية القطاعات المترلية والزراعية والصناعية ، وقد رافقت عمليات التنمية نموا متزايدا في استخدامات المياه في هذه القطاعات مما شكل عبئا متزايدا على الموارد المائية المحدودة في المملكة مما جعل ترشيد استخدامات المياه مطلبا ضروريا وحيويا بهدف مواجهة التزايد في الطلب على المياه والتوسع في استخدامات المياه في القطاعات المترلية والزراعية والصناعية .

استخدامات المصادر المائية – ترشيد – القطاع المترلي- القطاع الزراعي- القطاع الصناعي

مقدمة

تقع المملكة العربية السعودية في جنوب غرب من آسيا و تشغل مساحة تبلـــغ 2,250,000 كم2 أي نحو72% من مساحة شبه الجزيرة العربية و قد أدى موقع المملكة الجغرافي بين دائرتي عرض 16-32 شمال خط الاستواء إلى أن تصبح معظم أراضي المملكة واقعة ضمـــن المنطقـــة المدارية الصحراوية التي تغلب عليها صفة الجفاف (الرويثي ، 1419 هـــ)

ويتأثر مناخ المملكة بالعديد من العوامل المناخية التي أدت إلى نشوء ظاهرة الجفاف التي تغلـب على المملكة باستثناء المناطق الجنوبية الغربية من المملكة . ويمتاز سقوط الأمطار بالمملكة عموما بالتذبذب من حيث الكمية و الفصلية و الموقع . ونتيجة لموقعها في وسط جغرافي جاف يمتاز بقلة أمطاره ، فقد اتجهت المملكة نحو البحث عن موارد مائية تسهم بصورة فاعلة في التنميـــة الاقتصادية التي تشهدها المملكة منذ انطلاق الخطط التنموية .

وتنقسم موارد المياه في المملكة إلى الأقسام الرئيسة التالية :-

1- **المياه السطحية** وهي المياه الناجمة عن تساقط الأمطار وتجمعه في الأودية وتقدر كمية المياه في الأودية المتجهة نحو البحر الأحمر بنحو 1265 مليون م3/ السنة وتمثل نحو 62 % مـــن مجموع المياه السطحية في المملكة

2- **المياه الجوفية السطحية المتجددة** وهي المياه المتواجدة في مناطق أودية سهول تهامة عسـير وجنوب غرب المملكة وأودية المناطق الداخلية مثل وادي الرمـــة وودي حنيفـــة ووادي الدواسر .

3- **المياه الجوفية العميقة** وهي المياه التي تكونت خلال العصور المطيرة ويصل عمق هذه المياه إلى مئات الأمتار وتحتفظ الطبقات الرسوبية بكميات ضخمة من هذه المياه كما تتعـــدد الطبقات الرئيسية الحاملة للمياه بالمملكة ومن أهم هذه التكوينات تكوين الساق والوجيد والمنجور وتبوك ووسيع وأم رضمة والدمام والنيوجين (سقا، 1998) ويبلغ الاحتيـــاطي المؤكد للطبقات الرئيسية الحاملة للمياه ب337,500 مليون م3.(المؤسسة العامة لتحليـــة المياه المالحة_تحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية : نشأتها .تطورها. دورهـــا في التنمية،1419هـــ).

4- **المياه المحلاة** منذ إنشاء أول محطة لتحلية مياه البحر في عام 1969 م في مدينة الوجه ، توالى إنشاء محطات التحلية على الساحلين الشرقي والغربي للمملكة لتصل إلى نحو 27 محطة بلغت طاقتها التصديرية التصميمية 2.167.545 م3/ اليوم أو ما يعادل 572.665.389 جالون / اليوم وتغطي المحطات الواقعة على الساحل الشرقي نحو 57 % (423.035.944 م3) بينما تسهم محطات الساحل الغربي ب43 % (322.683.166 م3) (المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة التقرير السنوي 1419/18).

5- **السدود** اتجهت المملكة العربية السعودية نحو تنمية مواردها المائية من خلال التوسع في بناء السدود و زيادة عددها بهدف حفظ مياه السيول في الأودية وتزويد السكان و المناطق الزراعية بالمياه . ويبلغ عدد السدود المنشأة في المملكة حتى الآن 190 سدا تتوزع جغرافيا على النحو التالي :

المنطقة	عدد السدود
الوسطى	59
مكة المكرمة	24
المدينة المنورة	13
عسير	53
حائل	14
الباحة	25
نجران	1
جيزان	1
المجموع	190

المصدر:(السدود في المملكة العربية السعودية، بدون تاريخ)

وتبلغ كمية المياه التي تحتجزها السدود نحو 775 مليون م3 (السدود في المملكة العربية السعودية ، بدون تاريخ).

6- **مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة** تعد مياه الصرف الصحي و الصناعي المعالجة أحد موارد المياه التي اتجهت المملكة العربية السعودية نحو الاعتماد عليها كمورد مائي مهم يمكن الاعتماد عليه في الأغراض الزراعية و الصناعية ويشير ميزان المياه الوطني

خلال خطة التنمية السادسة إلى الاتجاه نحو استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة كـأحد الأهداف لتنمية موارد المياه فقد ارتفعت كمية مياه الصرف الصحي المعالجة خلال الخطة الخمسية الخامسة من 150 مليون م3 /السنة إلى 300 مليون م3/ السنة كرقم مستهدف إلا أن كمية المياه المستغلة وطبقا للخطة الخمسية السادسة فقد بلغت كمية ميـــاه الصـــرف الصحي المعالجة نحو 1,1 مليون م3 /اليوم يستغل منها ما مقداره 200 ألف م3 / اليـــوم للأغراض الزراعية و الصناعية و البلدية (خطة التنمية السادسة ،1416). وفي دراسة أخرى وصلت المياه المستخدمة من مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة والصناعة نحـــو 520 ألف م3/ اليوم (المقرن،2000)

أولا– استهلاك المياه في القطاع المترلي والزراعي والصناعي

تتفق معظم خطط التنمية في المملكة على أن المستهلك الأول للمياه في المملكة هـــو القطـــاع الزراعي الذي يستهلك ما بين 78,4 % إلى 90% بينما يستهلك القطاعين الصناعي و المـــترلي النسبة المتبقية و يؤكد ذلك ميزان المياه الوطني خلال الخطط الخمسية الثالثة و الرابعة والخامسة و السادسة ، ففي القطاع الزراعي تشير الخطة الرابعة 1405–1410 هـــ إلى أن القمح يعـــد المحصول الأول في استهلاكه للمياه بنسبة تصل إلى 37.5 % ثم يليه الحبـــــوب الأخـــرى و الخضار و الأعلاف بنسب 17.5 % ، 15.1 % ، 15.5 % على الترتيب (الخطة الخمسـية الرابعة ، 1405 هـــ) حيث يستهلك القطاع الزراعي ما نسبته 84 % من إجمالي موارد الميـاه المتاحة خلال الخطة .وقد استمر الوضع خلال الخطة الخمسية التالية نتيجة للتوسع الســريع في الزراعة و خصوصا القمح (الخطة الخمسية الخامسة 1410– 1415 هـــ) أما الخطة الخمســـية السادسة فقد تطرقت بإيجاز إلى الاتجاه نحو خفض إنتاج القمح بحيث لا يتجاوز الاســـتهلاك المحلي نتيجة لاستهلاك القمح الشديد للمياه و الرغبة في زراعة محاصيل ذات قيمة عالية وأقـــل استهلاكا للمياه (خطة التنمية السادسة، 1416 هـــ)

أما القطاع المترلي ، فقد شهد أيضا ارتفاعا في معدلات استهلاك المياه ففي الرياض باعتبارهـــا المدينة الرئيسية الأولى في المملكة إضافة إلى توفر المعلومات المتعلقة باستهلاك الفرد من المياه في الرياض الذي وصل في عام 1411 هـــ إلى 519 لتر/اليوم لينخفض عام 1419 هـــ الى303 لتر /اليوم (مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض التقرير السنوي 1419 هـــ) وقـــد

يرجع انخفاض معدلات استهلاك المياه إلى إصلاح التسربات واستخدام الأدوات المقتصدة في استهلاك المياه والتوعية والترشيد .وقد يرجع انخفاض معدل استهلاك الفرد في الرياض و المدن الأخرى إلى معدل تزايد السكان و ما يرافق ذلك من محدودية الموارد المائية و ازدياد الهدر في استخدام المياه المترلية . وتشير إحدى الدراسات إلى أن معدل استهلاك الفرد من المياه يختلف من مدينة لأخرى حسب حجم المدينة ،ففي المدن التي يزيد سكانها عن 3مليون نسمة يصل إلى 360لتر/ اليوم ويصل إلى 200 لتر / اليوم للمدن التي يقل عدد سكانها عن 120000 نسمة (الطخيس ،1421)

عرفت المملكة العربية السعودية الصناعة حديثا في فترة لا تزيد عن الثلاثين عاما منذ انطلاقة الخطة الخمسية الأولى (1390ه-1970 م) ولهذا جاء استهلاك المياه في الصناعة مرتبطا بالاستهلاك المترلي في كثير من الإحصائيات الخاصة بالموارد المائية . ويشير (Bushnak, 1989) إلى أن استهلاك الصناعة من المياه في الخليج عموما يعد استهلاكا معتدلا خاصة وأن الصناعات الأساسية ومصافي البترول تقوم ببناء محطات خاصة بها لتزويدها بالمياه اللازمة لهذه الصناعات وهذه المياه إما محطات للتحلية أو استخدم مياه الصرف الصناعي المعالجة .

وقد شهد استهلاك المياه في القطاع الصناعي في المملكة بدوره ارتفاعا في معدلات الاستهلاك . ومن العوامل التي تؤدي إلى زيادة استهلاك الصناعة للمياه ، التنوع الكبير في الصناعات نفسها ، فهناك صناعات تصل استخداماتها للمياه إلى نحو 1893 م3 / طن ، وصناعات أخرى تستهلك مياها بهدف التبريد وصناعات تدخل المياه ضمن عمليات التصنيع نفسها إلا أن الصناعات البتر وكيماوية تعتبر أكثر الصناعات استهلاكا للمياه كما هو الحال في المملكة العربية السعودية (المقرن ، 1416) و تعد الصناعات المعدنية والبترولية وصناعة الأخشاب والجلود والورق وصناعة المشروبات والأطعمة من الصناعات الأكثر استهلاكا للمياه .و يبلغ معدل متطلبات المياه لبعض الصناعات مثل إنتاج الصلب 246م3 /طن بينما تستهلك المنسوجات 530م3 / طن أما محطات الكهرباء الحرارية فتستهلك 30, م3 / كيلو فولت ساعة أما تكرير البترول فيستهلك 3 م3 / برميل . (العزيري ، 1407) ويصل استهلاك صناعة الخيوط الصناعية والورق والنحاس إلى أكثر من 400م3 / طن ويبلغ استهلاك صناعات الغزل والنسيج والصلب والأسمدة الكيماوية وتكرير البترول إلى كميات من المياه تتراوح ما بين 40

400 م3 /طن (الزهراني ومنصور ،1412) وتقوم الصناعات بتوفير المياه الخاصة بها من عدة مصادر تتراوح ما بين المياه الجوفية أو إنشاء محطات لتحلية مياه البحر أو إعادة استخدام ميـاه الصرف الصحي والصناعي المعالجة . كما تتراوح نوعية المياه المستخدمة بين عالية النقـاوة أو مياها عادية أو مياها مالحة .

وقد قدر الطلب على المياه في القطاع الصناعي في عام 1410 هـ بنحو 74 مليون م3/ السنة ليزداد الطلب على المياه في هذا القطاع في عام (1420 هـ / 2000م) بنحو 182 مليون م3 / السنة (نوري،1404 هـ) بنما تقدر دراسات حديثة الطلب على المياه في القطاع الصناعي في المملكة بحوالي 500 مليون م3 ويتوقع أن يرتفع في عام 2000 م ليصل إلى 800 مليـون م3 (المعتاز ، 1418 هـ) ولعل التباين بين الأرقام الواردة أعلاه تشير إلى زيادة معدل اسـتهلاك المياه في القطاع الصناعي بالمملكة خاصة وأن الصناعات الحديثة في المملكـة تعـد صناعـة مستهلكة للمياه.

يعتبر إنشاء مدينتي ينبع و الجبيل الصناعيتين في المملكة ، الانطلاقة الحقيقية للتصنيع في المملكة ومن هذا المنطلق

سنقتصر في دراستنا على استهلاك المياه في مدينتي ينبع و الجبيل الصناعيتين لدراسة استخدام وترشيد المياه في القطاع الصناعي السعودي .

تبلغ الطاقة الإنتاجية لمحطة تحلية المياه في مدينة الجبيل الصناعية 73,000 م3 /اليوم تقوم بـتزويد نحو سبعة عشر صناعة أساسية للبتروكيماويات و صناعة تكرير النفط و الأسمدة الكيماويـة و الحديد بالإضافة إلى 14 صناعة ثانوية ويتم معالجة مياه الصرف الصحي و الصناعي والذي يبلغ 74.9 ألف م3 /اليوم منها 41.7 ألف م3/اليوم من مياه الصرف الصناعي المعالجـة و 33.2 ألف م3/ اليوم من مياه الصرف الصحي (وزارة التخطيط- منجـزات خطـط التنميـة ، 1417)وطبقا للمصادر الحالية فان الفرد في مدينة الجبيل يستهلك 240 لتر / اليوم (الهيئة الملكية للجبيل وينبع ـ ترشيد استهلاك المياه، 1418هـ:5)

تقع مدينة ينبع الصناعية في الجزء الغربي من المملكة وفي قلب منطقة الدرع العربي المتميز بقلة موارده المائية ولمواجهة هذا العائق ، تم إنشاء محطة لتحلية المياه تصل كمية المياه المنتجة المستخدمة للشرب والأغراض الصناعية إلى أكثر من 77 ألف م3 يتم توزيعها من خلال ستة شبكات للمياه منها شبكة لاستخدام المياه المعالجة للأغراض الصناعية بطاقة 24000م3 / اليوم وشبكة لمعالجة مياه الصرف الصحي بطاقة 27 ألف م3 /اليوم (الهيئة الملكية للجبيل وينبع مدينة ينبع الصناعية نظرة شاملة ، 1406 هـ)وقد بلغت الطاقة الإنتاجية لشبكتي مياه الصرف الصناعي والصحي المعالجة إلى 41 ألف م3/ اليوم و33 ألف م3 / اليوم على الترتيب (وزارة التخطيط _ منجزات خطط التنمية ، 1417هـ).

في ينبع يصل استهلاك المياه للقطاعين الصناعي والسكني إلى 70 ألف م3/اليوم ، يستخدم منها نحو 40 ألف م3/اليوم للشرب .بمعدل يصل إلى 780 لتر / اليوم في عام 1419 هـ وهو معدل مرتفع لاستهلاك الفرد من المياه مقارنة .بمعدل استهلاك الفرد في سويسرا (250 لتر/ اليوم) وبلجيكا(110 لتر/اليوم) أما الصناعات فتستعمل ما مقداره 30 ألف م3/ اليوم من مياه التحلية. واستخدمت مدينة ينبع الصناعية ما مقداره 16.450 م3 / اليوم من المياه المعالجة والتي تقدر ب 17.315م3 /اليوم (الحجيلي ،1421) وهي خطوة نحو استخدام مصادر أخرى للمياه مثل مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة.

ثانيا _ترشيد استخدامات المياه

وسائل ترشيد استخدامات المياه في القطاع المترلي

أ- المرأة ودورها في ترشيد المياه بالقطاع المترلي

للمرأة دور مهم لا يمكن إغفاله وذلك من خلال اهتمامها بشئون أسرتها وخصوصا الأطفال من حيث تنشئتهم وتعليمهم و إرشادهم إلى الاستخدام الأمثل للموارد المائية بصفة خاصة

وقد دعا مؤتمر دبلن للمياه والبيئة والذي عقد في عام 1992 م من خلال عدد من التوصيات إلى أهمية الدور الذي تمارسه المرأة في ترشيد المياه ، حيث طالبت التوصية الثالثة المرأة بأن

تمارس دورا أساسيا في ترشيد المياه و إدارتها من خلال سياسة إيجابية على جميع مستويات برامج الموارد المائية.(درويش ،1992)

ويمكن للمرأة أن تقوم بدور كبير في ترشيد المياه المترلية من خلال

1-توعية أسرتها بأهمية المياه وأهمية حماية المياه من الهدر وذلك من خلال الممارسة الفعلية في الاقتصاد في استعمال المياه مما يشعر أفراد الأسرة وخصوصا الأطفال بأهمية دورهم في الحفاظ على المياه .

2- توعية العمالة المترلية الوافدة من الخارج بأهمية الثروة المائية وأهمية المحافظة عليها .

3-توعية المرأة من خلال عقد الندوات و إلقاء المحاضرات وتوزيع النشرات و الإرشادات التي توضح أهمية دور المرأة في ترشيد المياه والوسائل المتبعة في الترشيد .

4-توعية المرأة بأهمية تحديد معدل احتياجات أسرتها المائية اليومية ، بحيث لا تتجاوز كمية المياه استهلاك الأسرة بصورة معتدلة .

5- توعية المرأة باستعمال الأدوات الصحية المناسبة ذات الاستهلاك القليل للمياه خاصة صناديق الطرد وغسالات الصحون وغسالات الملابس ومكافحة التسرب من الصنابير و الأنابيب أو هدر المياه بري الحدائق بصورة عشوائية أو غسل الأسوار بصورة دائمة مما يؤدي إلى ارتفاع استهلاك الأسرة للمياه .

6-توعية المرأة من خلال البرامج الإذاعية والتلفزيونية والمقرؤة الموجهة لهذا الغرض بهدف نشر التوعية بين أفراد الأسرة بأهمية ترشيد المياه .

7-توعية المرأة بأهمية الصيانة الدورية والوقائية لأنظمة المياه في المترل والتي تشمل الأنابيب والخزانات والتوصيلات المائية والصنابير ومكافحة التسربات .

ب -المدرسة ودورها في ترشيد المياه

تمثل المدرسة أحد الروافد المهمة في ترشيد المياه المترلية ، حيث يعد طلاب و طالبات المدارس رجال و امهات المستقبل والذين تقع عليهم المحافظة على الثروة المائية . ويمكن للمدرسة أن تقوم بدور كبير في ترشيد المياه من خلال :-

1- إقامة معارض دائمة للمياه وطرق المحافظة عليها في المدارس أو المناطق التعليمية .

2- تنظيم رحلات مدرسية إلى المشاريع المائية مثل محطات التحلية ومصالح المياه ومحطات تنقية المياه.

3- تعليم الطلاب و الطالبات وسائل وطرق ترشيد المياه في المترل والمدرسة والمرافق العامة .

4- تدريس الطلاب من خلال المناهج المدرسية الحقائق الجغرافية التي تعيشها المملكة مثل محدودية الموارد المائية والموقع الجغرافي للمملكة ضمن المناطق الصحراوية وإيضاح الآثار السلبية الناجمة عن هدر المياه .

5- تكوين جمعيات مدرسية بين الطلاب للتوعية بأهمية المياه ووسائل ترشيدها .

6- مشاركة طلاب المدارس في أسابيع المياه على المستويات المحلية أو الوطنية أو الإقليمية بالأبحاث أو المقالات التي تحث على ترشيد المياه .

ج الدين ودوره في ترشيد المياه

الماء نعمة كبرى أنعمها الله على البشر . قال الله سبحانه وتعالى " وجعلنا من الماء كل شيء حي " (الأنبياء ، الآية 30) وقد نهى الله سبحانه وتعالى عن الإسراف في كثير من مناحي الحياة قال تعالى (ولا تسرفوا انه لا يحب المسرفين) (الأنعام ،الآية141) وقال تعالى (وكلوا واشربوا ولا تسرفوا انه لا يحب المسرفين) (الأعراف ،الآية31).

وقد نهى الرسول الكريم صلى الله عليه وسلم عن الإسراف في الماء ، فقد جاء في الحديث عن عبد الله بن عمر رضي الله عنهما أنه صلى الله عليه وسلم مرّ بسعد وهو يتوضأ فقال ما هذا السرف ؟ فقال : أفي الوضوء سرف ؟ قال : نعم وان كنت على نهر جار . وفي الحديث الشريف عن عبد الله بن عيسى عن عبد الله بن جبر عن أنس رضي الله عنه أن النبي صلى الله عليه وسلم كان يتوضأ بالمد ويغتسل بالصاع (سنن الترمذي ، الجزء الثاني) .والمد مكيال لأهل المدينة ويساوي رطلا وثلث الرطل ، أما الصاع فيساوي أربعة أمداد أي خمسة أرطال وثلث الرطل (سنن الترمذي ، الجزء الأول) . وعن عبيد الله بن أبي يزيد أن رجلا قال لابن عباس رضي الله عنهما : كم يكفيني من الوضوء ؟ قال مد ، قال كم يكفيني للغسل ؟ قال صاع فقال الرجل : لا يكفيني ،فقال : لا أم لك قد كفى من هو خير منك ، رسول الله صلى الله عليه وسلم .

والمد في وقتنا الحاضر يعادل 404 سم3 أو (404 ,لتر) والصاع يعادل 1616 سم3 ،أو (1,616 لتر) أي ما يزيد قليلا عن قارورة من مياه الصحة المخصصة للشرب والتي تتسع حاليا لحوالي اللتر والنصف من المياه ويستهلك الفرد المسلم على الأقل ما بين أربعة إلى سبعة لترات من المياه في الوضوء الواحد بينما يستهلك ما بين 20-30 لترا من المياه للاستحمام على أقل تقدير (السرياني ، 1419 هـ) ، وتوضح الأرقام السابقة أن استهلاك الفرد من المياه يتجاوز كثيرا ما كان يستخدمه النبي الكريم صلى الله عليه وسلم بكميات كبيرة .و للمسجد دور كبير في ترشيد استهلاك المياه وذلك من خلال :-

1- حث أئمة المساجد على دعوة المصلين عدم هدر المياه تأسيا بالرسول الكريم صلى الله عليه وسلم

2- وضع ملصقات ترشيدية بعدة لغات داخل دورات المساجد توضح وسائل الترشيد وتحث المصلين على المحافظة على المياه.

3- استخدام مخفضات للمياه في دورات المساجد مع تخفيف ضغط المياه .

4- تخصيص الخطبة التي تسبق أسابيع أو أيام ترشيد المياه وكذلك الخطبة التي تلي ذلك في التوعية بترشيد المياه وفضائل المحافظة عليها .

5- إقامة ندوات و إلقاء محاضرات في المساجد عن ترشيد المياه .

د-الوسائل الفنية في ترشيد المياه

1- الكشف الدوري على شبكات المياه الداخلية في المترل بهدف معالجة التسربات وارتفاع معدلات الاستهلاك (مصلحة المياه و الصرف الصحي نشرة قسم الترشيد ، 1418 هـ)

2- الاستعانة بفنيين متخصصين لتنفيذ شبكات المياه الداخلية و صيانتها .

3- استخدام أدوات صحية جيدة مناسبة .

4- إصلاح التسربات الناجمة من تلف الصنابير و صناديق الطرد (السيفونات).

5- استخدام أدوات تخفيض الاستهلاك مثل الصنابير المهوية وأذرعه التحكم الأوتوماتيكي و محددات التدفق و استخدام الهواء في صناديق الطرد (مصلحة المياه و الصرف الصحي أنظمة و أدوات تخفيف استهلاك المياه ،بدون تاريخ).

6- استخدام أنابيب ذات نوعية عالية الجودة تقاوم الصدأ و التآكل .

7- القيام بعمل اختبارات لشبكة المياه الداخلية بالمترل باستخدام ضغط مائي مرتفع بهدف التأكد من خلوها من التسربات .

8- تزويد نقاط توزيع المياه في الشبكة الداخلية بصمامات تحكم بالمياه (مصلحة المياه و الصرف الصحي أعمال السباكة و خزانات المياه في المباني ، بدون تاريخ).

9- فحص الخزانات الأرضية العلوية و كذلك فحص العوامات في كل من الخزانين السفلي والعلوي (مصلحة المياه و الصرف الصحي، ترشيد استهلاك المياه ، بدون تاريخ).

2- وسائل ترشيد استخدامات المياه في القطاع الزراعي:

تعد الزراعة في المملكة العربية السعودية المستهلك الأول للمياه ، حيث تستهلك كميات ضخمة من الموارد المائية المتاحة في المملكة . إن ترشيد المياه يستلزم بالضرورة التوجه نحو القطاع الزراعي المستهلك الأول للمياه في المملكة بهدف وضع خطوط عريضة لعملية ترشيد المياه في هذا القطاع الذي يعتبر أحد أهم اللبنات الأساسية في الاقتصاد السعودي واحد دعائم الأمن الغذائي للمملكة .

إن عملية ترشيد المياه في القطاع الزراعي تحتوي على الخطوط العريضة التالية

1- أهمية تغيير التركيب المحصولي و إحلال محاصيل زراعية تستهلك كميات أقل من المياه .

2- إرشاد المزارعين إلى أهمية الزراعة المبكرة في المواسم الزراعية للمحصول بهدف خفض استهلاك المياه وبالتالي الإسهام في توفير مياه تستخدم في زراعة محاصيل زراعية أخرى .

3- تشجيع المزارعين على استخدام وسائل ري حديثة تقلل من استهلاك المياه مثل استخدام الري بالرش أو التنقيط مما يؤدي إلى توفير كميات كبيرة من المياه يمكن استخدامها في التوسع الأفقي زراعيا .

4- إجراء بحوث لتحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية طبقا للمناطق الزراعية ونوعية المحاصيل و التربة والمناخ .

5- التوسع في استخدام البيوت المحمية التي تساعد على حفظ المياه المستخدمة في الزراعة وتقليل استهلاك النبات للمياه .

أ – الترشيد باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

تسعى المملكة حثيثا نحو إقامة المشاريع المائية الضخمة بهدف توفير المياه للقطاعات التنموية المختلفة على الرغم من الموقع الجغرافي للمملكة في منطقة صحراوية جافة. وقد اتجهت المملكة مؤخرا باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ،حيث تعد مياها صالحة للزراعة بعد تنقيتها وبالتالي يمكن استخدامها في الأغراض الزراعية .

إن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة يحمل في طياته فوائد عديدة منها :

1- التغلب على جزء من مشكلة المياه

2- إمكانية الاعتماد على مياه الصرف الصحي المعالجة في تغطية جزء من احتياجات المملكة الحالية والمستقبلية .

3- خفض استخدام المياه المخصصة للشرب والاستعاضة عنها باستخدام مياه الصرف الصحي وبالتالي إعادة استخدامها .

ومن المتوقع أن يؤدي استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بمعدلات أكبر إلى المحافظة على احتياطي المملكة من المياه الجوفية لمدة أطول كما أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة يؤدي إلى توفير كميات المياه المستخدمة وتخفيض تكاليف إنتاج مياه التحلية وبالتالي توفير كميات كبيرة من جملة المياه المتاحة مما يمكن من استخدامها في مجالات مائية أخرى .

ب–الترشيد باستخدام الحصاد المائي

الحصاد المائي أحد الوسائل التي يمكن استخدامها في ترشيد المياه في القطاع الزراعي ويمكن تعريف الحصاد المائي بأنه أسلوب لتجميع مياه الأمطار و السيول وقد عرفته المنطقة العربية منذ آلاف السنين خاصة في المناطق الجافة و شبه الجافة و التي نادرا ما تمطل فيها الأمطار و إذا هطلت فان الكمية تكون قليلة إجمالا .(الهاشمي ،1998)

وتتم عملية الحصاد المائي عن طريق استخدام مجاري السيول أو حفر قنوات يجري فيها المطر نحو برك أو مستودعات يتم تجمع المياه فيها ليستفيد منها الإنسان والحيوان و إمكانية القيام الزراعة في مساحات صغيرة محدودة وقد كانت هذه الطريقة تستخدم للاستفادة من مياه

الأمطار والتي تشكل أهمية خاصة في المناطق التي يقل فيها توفر موارد مائية أخرى مثل المياه الجوفية .

وتشير بعض الأبحاث إلى أن الحصاد المائي يمكن أن يؤمن مصدرا مائيا أساسيا فتساقط يعادل 5مم على مساحة هكتار من الأرض يمكن أن يوفر ما مقداره 50,000 لتر من المياه وهي كمية تكفي لسد احتياجات أسرة ريفية في المناطق الجافة لمدة سنة كاملة .(الشمري والكلوب ، 1994)

ومن أشهر وسائل الحصاد المائي :

1- الصهاريج وقد استخدمت الصهاريج في المملكة منذ فترة طويلة ،ففي مدينة جدة كان يوجد بها العديد من الصهاريج التي تم بناؤها اسفل المباني أو في مجرى السيول لتجمع مياه الأمطار (صبيحي ،1418) ، وفي مدينة الوجه كانت ظاهرة الحصاد المائي بواسطة الصهاريج ظاهرة للعيان خاصة وان المدينة تقع في منطقة جافة ويندر فيها سقوط الأمطار. وقد بلغ عدد الصهاريج حسب بعض المصادر 40 صهريجا لتجمع مياه الأمطار و السيول و تتراوح سعة هذه الصهاريج من بضعة أمتار مكعبة إلى مئات الأمتار المكعبة .(الرويثي ، 1414)

2- الحصاد المائي من أسقف المنازل وهو من أبسط أنواع الحصاد ، خاصة في المناطق الجافة حيث يتم تجميع مياه الأمطار المتساقطة على أسطح المنازل و توجه بالأنابيب نحو خزانات في أسفل هذه المنازل و بالتالي يمكن استخدامها في أغراض الري و زراعة الحدائق و دون الحاجة إلى تعقيم .

3- الحصاد المائي من السدود الترابية و الردميات وتستخدم الردميات لتجميع مياه السيول و الأمطار بهدف زراعة بعض المحاصيل ، أما السدود الترابية أو ما يعرف بالعقوم فتستخدم لحجز مياه الأمطار التي تجري على شكل سيول وقد تبنى في مجرى الأودية الصغيرة وذلك خلال موسم الأمطار حيث يتكون خلفها بحيرات صغيرة تستخدم مياهها للري أو الشرب أو الزراعة المحدودة المساحة .

4- الحصاد المائي بواسطة الحفر حيث يتم إنشاء حفرة يختلف حجمها من مكان لآخر ويتم حفرها في طريق السيول أو الأمطار الجارية على الأرض أو تحويل هذه المياه نحو

الحفر ومن ثم يتم استخدام مياهها في الري و الشرب و الزراعة إذا كانت المياه الموجودة كبيره .

5- وقد استخدمت هولندا حاليا فكرة الحصاد المائي وذلك بتحويل مياه الأمطار إلى المنازل و الاستفادة منها في الحمامات و الري ومن المتوقع أن يؤدي استخدام هذه الفكرة إلى خفض استهلاك مياه الشرب بنسبة 50 % أو إمكانية استخدامها من قبل شركات المياه في الأغراض الصناعية إلى خفض استهلاك المصانع للمياه المخصصة للاستخدام المترلي . (البيئة والتنمية ، 1998)

إن العودة إلى فكرة الحصاد المائي و في ظل الظروف الراهنة يعد إحدى و سائل الترشيد خاصة وان التقنيات الحديثة تسهم في نجاح هذه الفكرة .

3-وسائل ترشيد استخدامات المياه في القطاع الصناعي

1- تحديد معدلات استهلاك المياه لكل صناعة واستخدام الصناعات الأقل استهلاكا للمياه .

2- توعية القائمين على الصناعات بطبيعة الصناعة القائمة أو التي ستنشأ في المستقبل من حيث استهلاكها للمياه

3- استيراد الأجهزة الصناعية الأقل استهلاكا للمياه .

4- عقد الندوات الخاصة بوسائل ترشيد المياه في القطاع الصناعي .

5- وضع جوائز مالية للمصانع الأقل استهلاكا للمياه .

6- استخدام وسائل الإعلام المقرؤة والمرئية والمسموعة في ترشيد العمالة الوطنية والوافدة إلى أفضل الوسائل لترشيد المياه في المصانع .

7- معالجة مياه الصرف الصناعي والصحي و إعادة استخدامها في العمليات الصناعية الأخرى مثل صناعة الجلود والورق والصناعات البتر وكيماوية والمعدنية

8- استخدام دورات التبريد المغلقة لمياه الصرف الصناعي والصحي بعد معالجتها .

9- أن تقوم المصانع باستخدام تقنيات حديثة في معالجة المياه العادمة والبحث عن مصادر مائية خاصة بها بهدف تخفيف العبء عن الموارد المائية المتاحة للاستخدامات المترلية مما يقلل من العبء الواقع على هذه الموارد .

المراجع

- القرآن الكريم
- البيئة والتنمية ، 1998م، خطة نموذجية في هولندا لتحويل مياه المطر إلى المنـــازل ، البيئـــة والتنمية العدد 10 ص17 .
- الحجيلي ، ي ج ، 1421 هـــ، تجربة الهيئة الملكية بينبع في ترشيد استهلاك المياه . النـــدوة الأولى لترشيد المياه وتنمية مصادرها ، 9-13 محرم 1421 هـــ ، الرياض ، وزارة الزراعـــة والمياه ، الجزء الأول : الأوراق العلمية ص1-12 .
- درويش ، م .ص . ، 1992م، مصادر المياه العالمية .. بـــين الإهـــدار وجـــهود ترشـــيد الاستخدام وتنمية الموارد (الحلقة الأولى) " دراسة للاقتصاد الخليجي بمناسبة انعقاد مؤتمر الخليج الأول للمياه ،الاقتصاد الخليجي عدد 52 ص 23-28
- الرويثي ،م. أ . ، 1419 هـــ، الشخصية الجغرافية للمملكة العربية السعودية : دراســـة في الجغرافيا الإقليمية ، مكتبة التوبة .
- الرويثي ، م،أ .، 1414هـــ، الوجه ، الرئاسة العامة لرعاية الشباب ، الرياض .
- الزهراني،خ. ح.، منصور ، م. م ، 1412 هـــ، إمكانات و أولويات ترشيد استهلاك المياه بالمملكة من خلال خطة إرشادية وطنية . مركز البحوث الزراعية ، نشرة بحثية رقـــم 21 . الرياض : جامعة الملك سعود ،كلية الزراعة ص5-39 .
- السرياني ،م. م .، 1419 هـــ، المياه في المدينة السعودية : دراسة في الموازنة بين المصـــادر والاحتياجات ،الكويت : جامعة الكويت ،رسائل جغرافية رقم 217 .
- سقا ،ع. م . ،1419هـــ ، الجغرافية الطبيعية للمملكة العربية السعودية ،الطبعة الثانيـــة ، جدة .
- سنن الترمذي ، الجامع الصحيح ، الجزء الأول ، بيروت : دار إحياء التراث العربي .
- سنن الترمذي ، الجامع الصحيح ،الجزء الثاني ، بيروت : دار إحياء التراث العربي .
- الشمري ،ط . ، الكلوب ، ب . ، 1994م ، الحصاد المائي : نموذج الأردن . البـــاحث العربي ، العدد 37 ص38- 52 .
- صبيحي ،م .م . ، 1418 هـــ، الدراسة قبل التصميم ، عكاظ 17 / 11/ 1418 ص 25

- الطخيس ،ع. س . ، 1421 هـ، حجم الطلب على المياه المترلية بين الواقع والمأمول ، الندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها 9-13 محرم 1421 هـ، الرياض ، وزارة الزراعة والمياه ، الجزء الثاني : الأوراق العلمية ص 149 158 .,
- العزيري ،ع .ع . ، 1986 م، ترشيد استهلاك المياه . عالم الصناعة عدد 24 ص 29-33.
- مصلحة المياه والصرف الصحي ، 1418 هـ، نشرة قسم الترشيد و التسربات .
- مصلحة المياه والصرف الصحي ،بدون تاريخ ، نشرة عن أنظمة وأدوات تخفيف استهلاك المياه .
- مصلحة المياه والصرف الصحي ، بدون تاريخ ،نشرة عن أعمال السباكة وخزانات المياه في المباني .
- مصلحة المياه والصرف الصحي ،بدون تاريخ ، نشرة عن ترشيد استهلاك المياه .
- المعتاز ،أ .ص.، 1418 هـ، استهلاك المياه بين الحاجة والترشيد ،الرياض العدد 10798 ص25
- المقرن ،ع.أ . ، 1416 هـ، المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية : الموارد الطبيعية ، التعاون العدد 38 ،ص 13-32 .
- ==========، 2000م،مصادر المياه والتحديات المائية التي تواجهها دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية،ورقة مقدمة للندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها . الرياض . وزارة الزراعة والمياه 9-13 محرم 1421هـ الموافق 14-18 إبريل 2000م
- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة ، 1419 هـ، تحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية: نشأتها . تطورها . دورها في التنمية ، الرياض : المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة .
- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة ، 1418- 1419هـ ، التقرير السنوي ، الرياض : المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة .
- نوري ، م .ع.، 1404 هـ،الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية ،جدة : مطبوعات تهامة .
- الهاشمي ،و.ش.، 1998 م ،شبكات مياه استعملها الفراعنة والعرب القدماء ، البيئة والتنمية ، العدد 10 ص

- الهيئة الملكية للجبيل وينبع ،1418هـ، ترشيد استهلاك المياه .
- الهيئة الملكية للجبيل وينبع ،1406 هـ، مدينة ينبع الصناعية _ نظرة شاملة ، مدينة ينبع الصناعية : مطبعة الهيئة الملكية للجبيل وينبع .
- الهيئة الملكية للجبيل وينبع ، 1419 هـ ، الصناعات .
- وزارة التخطيط ، 1416هـ ، خطة التنمية السادسة 1415-1420 هـ ، الرياض : مطابع وزارة التخطيط .
- وزارة التخطيط ، 1418 هـ، منجزات خطط التنمية 1390 هـ- 1997م ، الإصدار الخامس عشر ، الرياض ، مطابع وزارة التخطيط .
- وزارة الزراعة والمياه ، بدون تاريخ ، السدود في المملكة العربية السعودية ، الرياض ، مطابع دار الهلال للأوفست .
- Bushnak , .A .A ., 1989, water supply challenge in the gulf region , a paper presented in Fourth world congress on desalination and water re-use . Nov. 4-8, 1989 . Kuwait pp.1-17

تقييم نوعية مياه الشرب في شبكة مياه مدينة الرياض

عبدالله بن عبدالرحمن المحيذيف، عبدالرحمن الحربي، سعدي السهلي

تقييم نوعية مياه الشرب في شبكة مياه مدينة الرياض

أ ــ عبد الله بن عبد الرحمن المحيذيف – م ــ عبد الرحمن الحربي –ك ــ سعدي السهلي

العنوان / برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض
إدارة المختبر المركزي
ص.ب 2464 الرياض 11451 فاكس : 4970408

الملخص (abstract):

تشهد مدينة الرياض امتداداً عمرانياً واسعاً ، يتطلب جهداً مستمراً في إيصال مياه الشرب لكافة المناطق عن طريق التوسع في تنفيذ شبكات مياه الشرب بمدينة الرياض لضمان وصول المياه إلى جميع الأحياء .

تتم متابعة نوعية المياه في شبكات مياه الشرب بمدينة الرياض وفق برنامج يومي يهدف إلى تقييم نوعية المياه من خلال جمع عينات من المياه في مواقع مختلفة من الشبكة وتحليلها تحسباً لتعرضها لبعض المؤثرات الخارجية مثل ظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في بعض أحياء مدينة الرياض ولضمان وصول هذه المياه إلى المستهلك وهي بصورة صالحة للاستهلاك الآدمي ومطابق للمواصفات السعودية والعالمية لمياه الشرب .

كما تهدف هذه الدراسة على متابعة التغيرات في نوعية مياه الشرب في شبكة مياه الرياض، وذلك من بوابة الضخ حسب جداول توزيع المياه على الأحياء المعتمدة وتشمل المتغيرات الطبيعية من لون ورائحة وطعم والمتغيرات الكيمائية والجرثومية مع التركيز على المواد الهيدروكربونية والميكروبات الممرضة وذلك لمدة أثني عشر شهراً وسيتم ربط المتغيرات في نوعية المياه بالعوامل المسببة لها مع التركيز على العوامل الناتجة من توزيع المياه.

نوعية المياه في الشبكات

المقـــدمة (Introduction) :

يتم توزيع مياه الشرب على جميع أحياء مدينة الرياض من خلال شبكة كبيرة من خطوط النقل والتوزيع الرئيسية يتجاوز مجموع أطوالها 9400 كم طولي وتستهلك المياه عـــبر أكـــثر مـــن 250.000 توصيلة مترلية وتخضع جميع مراحل التوزيع لمراقبة محكمة ودقيقة لتوعية المياه خـــلال 24 ساعة.

وما زالت الشبكة الرئيسية تزداد وتتوسع بشكل سريع يساير النمو المستمر في استهلاك الميـــاه إذا ما علمنا أن أقصى معدل للاستهلاك اليومي في فترات الصيف يصـــــل إلى 1.350.000م3 ويشكل هذا النمو ضغطاً على القدرات المتوفرة حالياً وهذا مؤشر واضح على نمـــــو المدينـــة وتوسعها وازدياد للكثافة السكانية يصاحبه ازدياد في الطلب على المياه مما أدى إلى ضـــــرورة وضع برنامج يتم من خلال ضخ وإيقاف المياه على أحياء مدينة الرياض ونتيجة لذلك تم القيام بهذه الدراسة خاصة بعد تطبيق برنامج التوزيع وذلك للتعرف علـــى المتغـــيرات الكيميائيـــة والفيزيائية والجرثومية لمياه الشرب التي يتم ضخها في الشبكة عند بداية الضخ.

مصادر مياه الشرب في مدينة الرياض :

المصدر الأول : المياه المحلاة القادمة من محطات التحلية بالجبيل وهذه تشمل نسبة 60% مـــن استهلاك مدينة الرياض حيث يتم ضخ حوالي 850.000 متر مكعب يومياً مـــن محـــطات التحلية بالجبيل والتي تتراوح نسبة الأملاح الذائبة فيها (50-60) ملجم / لتر ويتم خلطها بمياه آبار الوسيع (شرق مدينة الرياض) بنسبة 1:4 لتصبح الأملاح الذائبة في حدود (200-500) ملجم / لتر .

المصدر الثاني : المياه المحلاة من محطات التنقية الموجودة داخل مدينة الرياض وهذه الكمية تمثل حـــوالي 40% من استهلاك مدينة الرياض حيث يتم ضخ حوالي 500.000 متر مكعب يوميـــاً من تلك المحطات .

وهي محطة منفوحة والملز والشميسي والبويب وصلبوخ وتلك المحطات عبارة عن معالجة أولية يتم من خلالها إزالة العسر ومحطات تناضح عكسي ملحقة بهذه المحطات يتم من خلالها تحلية المياه لتقليل الملوحة بما في ذلك مياه آبار نساح التي يتم ضخها مباشرة الى الشبكة بعد تعقيمها.

ومع التوسع العمراني الذي تشهده مدينة الرياض ولتزايد الطلب على المياه مع ثبات المصادر قامت المصلحة بتطبيق نظام التوزيع المبرمج على أحياء مدينة الرياض اعتباراً من عام 1413 هـ الموافق 1993م .

The First Round of Sample Collection and Analysis

REGIONS		EAST REGION												NORTH REGION												MIDDLE REGION											
Quarters		Andalus 02/05/99			Source	Alqodes 12/04/99			Source	Alnaseen 04/05/99			Source	Almaseel 20/04/99			Source	Almotmr: 21/04/99			Source	Alolya 24/04/99			Source	Gobera 13/04/99			Source	Alwazara #####			Source	Aldeera ####			Source
Chemicals Analysis	Specifications	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	MFH	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W
pH	6.5-8.5	7.5	7.4	7.66	7.91	7.8	8.1	8.15	7.92	7.2	7.3		7.98	7.5	7.4	7.2	7.96	8	7.8	7.74	7.95	7.9			7.95	7.9	7.8		7.54	7.2	7.6		7.99	7.3	7.4		8.1
Total Hardness m	500	136	185	165	152	140	146	138	142	136	136		136	150	160	156	152	136	136	136	170	152			168	138	124		133	136	136		151	120	135		122
Ca Hardness mg/l	200	105	119	103	110	105	111	105	107	103	105		103	111	116	113	110	104	107	103.2	125	114			115	68	60		80	112	112		110	95	110		96
mg Hardness mg	150	31	66	62	42	35	35	33	35	33	31		33	39	44	43	42	32	29	32.8	45	39			53	70	64		53	24	24		41	25	25		26
Alkalinity mg/l		53	52	53	55	47	51	52	52	58	55		54	54	54	53	55	48	50	48	52	53			52	53	60		55	51	51		54	55	53		51
TDS mg/l	100-1000	200	230	210	230	230	370	270	220	220	200		200	220	250	230	225	230	230	220	233	260			238	450	470		480	230	240		210	210	200		185
Turbidity N.T.U	5	0.4	2.5	5.24	0.121	4.5	8.7	10.5	0.3	17	5.5		0.312	2.5	15	2.2	0.3	0.8	2.7	2.5	0.3	1.5			0.3	2.5	46		0.31	2.5	4.5		0.444	5.5	2.4		0.196
Sulphates mg/l	400	95	105	90	90	75	140	100	85	110	95		78	85	103	95	85	82	78	85	85	98			85	90	75		176	95	95		85	110	100		80
Chlorine mg/l	0.2-0.5	0.3	0	0.35	0.25	0.3	0.2	0.05	0.25	0.1	0		0.2	0	0	0.1	0.25	0.1	0.1	0.05	0.25				0.25	0.2	0.1		0.35	0	0.2		0.25	0.1	0		0.25
Iron mg/l	0.3	1	0.6	0.249	0.02	0.2	0.5	0.32	0.019	2.1	0.6		0.08	0.1	3	0.062	0.019	0.1	0.2	0.201	0.019	0			0.019	0.2	4.9		0.651	0.1	0.3		0.019	0.4	0.3		0.021
TOC mg/l		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0		0	0	0		0	0	0		0
TBC		15	300	0	0	55	350	78	0	35	0		0	75	82	25	0	33	43	48	0	40			0	15	350		0	15	0		0	78	95		0
Fecal Coliform		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL			NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL		NIL
Coliform		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL			NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL		NIL

KEYS :-

J+W = مخلوط الجبيل مع الوسيع

MFH = معطة منلوحة

The second Round of Sample Collection and Analysis

REGIONS		EAST REGION												NORTH REGION												MIDDLE REGION											
Quarters		Andalus 11/05/99			Source	Alqodes 05/06/99			Source	Alnaseem 12/06/99			Source	Almasee 13/06/99			Source	Almotmr 09/05/99			Source	Alolya 15/05/99			Source	Gobera 31/5/99			Source	Alwazara 18/05/99			Source	Aldeera 04/07/99			Source
Chemicals Analysis	Specifications	1	2	3	J+W	1	2	3	BWB	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	MFH	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W
PH	6.5-8.5	7.9	8	7.98	8.1	7.6	7.5	7..56	7.91	7.5	7.3		8.05	7.5	7.4		8.2	7.6	7.3	7.8	8	7.4	7.5		7.98	7.6	7.6	7.65	7.56	7.5	7.2	7.35	7.62	7.6	7.7	7.82	7.96
Total Hardness m	500	136	136	136	136	230	161	205	216	159	158		165	137	136		142	149	136	136	137	170	182		164	152	136	136	148	136	132	159	169	139	120	125	135
Ca Hardness mg/l	200	104	99	103	103	143	112	131	137	119	113		129	111	109		106	106	103	104	105	120	121		129	95	103	112	94	85	81	107	102	96	96	87	101
mg Hardness mg	150	32	37	33	33	87	49	74	79	40	45		36	26	32		36	43	33	32	32	50	61		35	57	33	24	54	51	51	52	60	43	24	38	34
Alkalinity mg/l		53	53	53	52	57	53	54	45	71	68		55	57	57		52	53	54	52	52	51	39		55	54	54	56	53	58	55	56	53	53	49	71	52
TDS mg/l	100-1000	200	200	190	211	450	350	430	458	220	210		195	230	210		220	200	200	210	215	250	285		239	400	400	410	426	400	410	400	450	210	200	200	195
Turbidity N.T.U	5	2.3	1.4	0.81	0.22	7.2	2.5	6.5	0.48	8.5	5.7		0.26	7.3	3.5		0.3	1.8	8.2	2.57	0.35	3.2	7.5		0.08	11	4.5	9.66	0.27	6.5	5.7	11.7	0.57	24	3.3	89	0.22
Sulphates mg/l	400	90	95	95	95	185	110	205	184	75	70		80	105	95		97	95	90	90	88	107	115		98	100	120	150	142	151	155	157	165	80	85	75	84
Chlorine mg/l	0.2-0.5	0	0	0.1	0.3	0	0.1	0	0.25	0	0.1		0.3	0.1	0.1		0.25	0.2	0.3	0	0	0	0.2		0.25	0	0.1	0	0.5	0	0	0	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Iron mg/l	0.3	0.9	0	0.054	0.03	0.1	0.1	0.32	0.1	1	0.3		0.03	0.8	0.1		0.03	0.1	0.2	0.099	0.02	0.1	0.4		0.02	0.1	0.4	0.194	0.09	0.4	0.7	0.913	0.12	0.9	0.1	1.88	0.02
TOC mg/l		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TBC		120	150	15	0	150	35	75	0	85	45		0	75	35		0	0	0	35		50	0		0	65	35	120	0	15	38	150	0	25	0	0	0
Fecal Coliform		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
Coliform		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL

KEYS :-

J+W = مخلوط الجبيل مع الوسيع

BWB= محطة البويب

MFH = محطة منافوحة

The Third Round of Sample Collection and Analysis

REGIONS		EAST REGION												NORTH REGION												MIDDLE REGION											
Quarters		Andalus		16/06/99	Source	Alqodes		14/06/99	Source	Alnasee		01/07/99	Source	Almasee		10/07/99	Source	Almotmr		13/07/99	Source	Alolya		05/07/99	Source	Gobera		15/06/99	Source	Alwazar		11/07/99	Source	Aldeera		19/07/99	Source
Chemicals Analysis	Specifications	1	2	3	J+W	1	2	3	BWB	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W	1	2	3	J+W
PH	6.5-8.5	7.5	7.5	7.43	8.1	7.9	7.7	7.81	8.1	7.9	7.7		8.08	7.6	8	7.85	8	8	8	7.98	8.15	8.1	7.9		8.04	8.2	7.9		8.15	8	7.9	8.05	8.15	8.1	7.8	8.03	8.1
Total Hardness mg/	500	136	136	136	136	201	199	217	216	139	150		152	168	167	168	167	151	167	152	145	168	144		150	137	128		131	151	151	136	140	136	127	137	136
Ca Hardness mg/l	200	106	110	104	102	129	128	136	134	95	111		112	128	122	133	130	104	112	105	106	119	103		110	96	95		96	105	105	98	103	105	90	98	103
mg Hardness mg/l	150	30	26	32	34	72	71	81	82	44	39		40	40	45	35	37	47	55	47	39	49	41		40	41	33		35	46	46	38	37	31	37	39	33
Alkalinity mg/l		50	52	50	32	53	56	54	46	88	54		55	52	53	55	56	53	48	49	52	46	53		50	51	50		53	49	47	48	50	54	51	53	52
TDS mg/l	100-1000	210	240	220	202	450	430	480	441	200	210		220	230	240	240	250	220	260	220	210	270	350		240	270	250		190	250	260	220	227	200	190	195	200
Turbidity N.T.U	5	1.6	2.5	2.4	0.102	3.4	9	5.5	0.522	90	1.5		0.188	5.5	40	23.5	0.224	7.8	2.1	2.3	0.225	40	3.5		0.411	2	2.5		0.233	7.5	4.6	12.5	0.241	2.5	12	110	0.213
Sulphates mg/l	400	90	95	90	90	180	170	190	168	105	95		95	95	100	120	115	125	125	120	94	85	155		110	115	105		92	115	100	95	100	105	80	85	95
Chlorine mg/l	0.2-0.5	0	0.1	0	0.35	0.2	0.1	0.2	0.4	0	0		0.3	0	0	0.1	0.25	0	0.1	0	0.3	0.1	0		0.3	0	0		0.3	0.1	0.1	0	0.4	0.2	0.1	0.1	0.25
Iron mg/l	0.3	0.3	0	0.17	0.02	0.2	0.4	0.25	0.03	2.3	0		0.025	0.3	1.1	1.07	0.03	0.1	0	0.095	0.022	0.7	0.9		0.03	0	0.1		0.01	0.3	0.3	0.9	0.08	0.2	1	1.38	0.03
TOC mg/l		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TBC		65	43	78	0	45	20	0	0	68	55		0	80	65	42	0	350	25	460	0	45	60		0	115	45		0	0	0	45	0	0	15	35	0
Fecal Coliform		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
Coliform		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL		NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL

KEYS :-

J+W = مخلوط الجبيل مع الوسيع

BWB= محطة البويب

ومن إيجابيات تطبق نظام التوزيع الحالي :-

1. استغلال مصادر المياه المتاحة بالطاقة القصوى .
2. ضمان وصول المياه لجميع أحياء المدينة .
3. ترشيد استهلاك المياه بوضع الخطوط والبرامج الخاصة بالترشيد .

أما سلبيات تطبيق نظام التوزيع الحالي :

1. تأخر وصول المياه للمناطق المرتفعة المنسوب بالأحياء
2. تأثير كميات الهواء الموجودة بالشبكة في ظل نظام المناوبات القائم على الخطوط.
3. ظهور بعض حالات تغير نوعية المياه داخل خطوط الشبكة خاصة مع بداية الضخ .

آلية أخذ العينات في الدراسة :-

قامت الدراسة على تقسيم الخط الرئيسي إلى ثلاثة خطوط فرعية وكل خط فرعي يقسم إلى ثلاثة مواقع (عدادات) وتؤخذ من كل موقع ثلاث عينات بحيث يكون هناك دقيقة واحدة بين أخذ عينة وأخرى ويتم أخذ العينات من المواقع الثلاثة في وقت واحد بوجود طاقم فني خاص بذلك لنقوم بجمع العينات عند بداية الضخ وقد روعي عند أخذ العينات أن تتم من المناطق المنخفضة في الخط الفرعي بقدر الإمكان وكذلك روعي أن تكون الكمية المأخوذة لتراً واحداً. قسمت الدراسة مدينة الرياض إلى خمس مناطق هي الشمال - الجنوب – الشرق - الغرب – الوسط وتم اختيار ثلاثة أحياء من كل منطقة وقد روعي عند اختيار الأحياء

توفر العوامل التالية قدر الإمكان :

1. عدم وجود صرف صحي في الحي .
2. ارتفاع منسوب المياه الجوفية .
3. وجود انكسارات في الشبكة .
4. ارتفاع الكثافة السكانية في الموقع .

وقد تم عمل التحاليل التالية لكل عينة :-

1 - الرقم الهيدروجين . 2 - العسر الكلي . 3 - عسر الكالسيوم .

4 - عنصرالألمنيوم 5 - القلوية الكلية 6 - إجمالي الأملاح الذائبة *TDS*

7 – العكارة . 8 – الكبريتات 9 – الكلور الحر المتبقي .

10 – الحديد 11– العدد الكلي البكتيري T.B.C .

12 – إجمالي الكربون العضوي T.O.C .

النتائج والمناقشة :(results and discussionsl)

شملت الدراسة مجموعة من أحياء مدينة الرياض في الشمال والوسط وشرق المدينة تم تغطيتها خلال ثلاث دورات حسب الجداول رقم (1 ، 2 ، 3)

الاستنتاجات (conclusion):

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها لجميع المناطق التي غطتها الدراسة اتضح أن هناك متغيرات أساسية وهي :-

1. ظهور عكارة وهذه العكارة تحتوي على بعض العوالق الناتجة من تآكل بعض أجزاء الحديد الموجودة في الشبكة .
2. اختفاء الكلور الحر المتبقي في بعض النقاط
3. ظهور عدد بكتيري في بعض العينات
4. ظهور عدد بسيط من البكتيريا (Normal BaCTeriA) في بعض النقاط و لم تظهر خلال الدراسة في أي عينة من العينات التي تم رصدها بكتيريا القولون أو بكتيريا القولون البرازية .

وحيث أن هذا التغير في المعايير الموضحة أعلاه ظهرت مع بداية الضخ فنجد أنها يتم اختفاءها مع استمرارية الضخ لفترة قصيرة جداً مما يدل على أن توقف الضخ في شبكة محطمة لا يؤثر على نوعية المياه وذلك من خلال العينات التي تم رصدها خلال الدراسة.

التوصيات (recommendations) :

1. ضرورة مسح الشبكة مسحاً شاملاً للكشف عن الصمامات التالفة واستبدالها
2. ضرورة استبدال ما تبقى من الشبكات القديمة (شبكات حديد)
3. ضرورة وضع نظام دوري يتم من خلاله غسيل الشبكة وذلك عن طريق النقاط المخصصة لذلك في تنظيف الشبكة .

4. ضرورة التأكد التام من الأسلوب الصحيح المتبع في عمليات التنظيف بعد إصلاح الانكسارات وأن يتم اتباع الطرق العلمية الصحيحة في عملية التنظيف كما أنه يجب التأكد من ذلك من خلال فحص بعض العينات .
5. ضرورة الكشف السريع عن الأنكسارات الغير ظاهرة وذلك بتكثيف الفرق الخاصة بكشف التسربات عن طريق استخدام الأجهزة الدقيقة الخاصة لذلك .
6. ترى الدراسة أن يتم اللجوء إلى نظام الضخ المستمر للمياه في الشبكة للمحافظة على عدم وجود أي تغير لنوعية المياه في الشبكة .
7. يجب حث المستهلكين على الترشيد في استخدام المياه وإيجاد مصادر بديلة أخرى لري المزروعات محافظة على الثروة المائية حيث مصادر المياه في منطقتنا محدودة والكثافة السكانية في تزايد لذا يجب حث المستهلكين على الترشيد وذلك من خلال وسائل الأعلام المختلفة.
8. رفع التعرفة الخاصة بالمياه لمحاولة الترشيد في المياه الخاصة بمياه الشرب.
9. حفر آبار ارتوازية لاستخدامها في أغراض الري والغسيل وكذلك السفونات .

نوعية المياه في الشبكات

الزراعة الملحية: تكلفة المياه والإنتاج النباتي

د. بسام أحمد حاسبيني، د. شعيب إسماعيل، غازي جواد الجابري

الزراعة الملحية : تكلفة المياه والإنتاج النباتي

د. بسام أحمد حاسبيني ، د. شعيب إسماعيل ، غازي جواد الجابري
المركز الدولي للزراعة الملحية ، دبي , دولة الإمارات العربية المتحدة

الملخص :
تقع دول الخليج العربي في منطقة تتميز بمناخ جاف وندرة في هطول الأمطار . ونظراً للتوسع الزراعي الكبير الذي شهدته هذه البلاد فقد تناقصت مستويات المياه الجوفية غير المتجددة . وبما أن مصادر المياه غير التقليدية مثل مياه التحلية ومياه الصرف المعالجة لا تصلح للزراعة من حيث تكاليفها وآثارها الجانبية ، لذلك فقد اتجهت الأنظار نحو استخدام المياه المتوسطة والعالية الملوحة في الزراعة . وتناقش هذه الورقة التعديلات المطلوبة في الأنظمة الزراعية الحالية لنجاح الزراعة الملحية . كما تناقش أيضاً تكلفة استخدام المياه العذبة في الري ومقارنة هذه التكلفة مع تكلفة استخدام المياه المالحة ، والتي تكون أقل في حالات المياه الشديدة الملوحة . كما تعرِّف هذه الورقة مفهوم كفاءة استخدام المياه المالحة والتي يمكن استخدامها في مراحل التخطيط الزراعي أثناء إنشاء المشاريع الزراعية المعتمدة على المياه المالحة .

مفاتيح الكلمات
المياه المالحة ، النباتات الملحية ، تكلفة مياه الري ، حد الملوحة النسبي ، كفاءة استخدام المياه المالحة .

مقدمة

تقع شبه الجزيرة العربية في منطقة توصف بمناخها الجاف ، حيث لا يتجاوز المعدل السنوي لهطول الأمطار 150 ملم باستثناء بعض الأماكن الجبلية المنتشرة في كل من المملكة العربية السعودية وسلطنة عمان واليمن . وكنتيجة لقلة الأمطار التي تهطل على هذه المنطقة ، فإن مصادر المياه العذبة السطحية تتميز بندرتها ، بينما تتضاءل مصادر المياه الجوفية في الوقت نفسه. ولذلك تزداد الحاجة لاستعمال مصادر أخرى للمياه مثل مياه البحر المحلاة لأغراض الاستعمال الشخصي والمترلي ، أو مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض ري الحدائق والمسطحات الخضراء في العديد من المدن . وعلى أية حال ، فإن مصدر مياه البحر المحلاة لا يمكن إدراجها ضمن مصادر المياه الخاصة بالإنتاج الزراعي . فعملية الحصول على مياه البحر المحلاة تعتبر مكلفة جداً في حالة الحصول على إنتاج زراعي مجدي اقتصاديا ، في حين أن مياه الصرف الصحي المعالجة ينصح بها فقط لري بعض المحاصيل الزراعية بخلاف محاصيل الخضروات الورقية والثمرية . ويلاحظ أن الإنتاج الزراعي يستهلك أكثر من 70% من المياه المتوفرة .

إن إعادة استرجاع المياه الجوفية بنسب ضئيلة – نتيجة الوضع المناخي للمنطقة – مع السحب الجائر لهذه المياه الجوفية من الآبار والتي تذهب معظمها لأغراض ري المحاصيل الزراعية تسبب جميعها زيادة نسبة تملح التربة والمياه على حد سواء في منظومات زراعية بدأت تتملح فعلياً . و لم يبذل إلا القليل من الجهود للحد من مشاكل الزيادة في التملح . وتتضمن المشاكل المتعلقة بتزايد الملوحة انخفاض الإنتاجية من جهة وتدهور في بنية التربة من جهة أخرى .

وفي الحقيقة ، إن مشكلة زيادة الملوحة يمكن النظر إليها من عدة زوايا . فالمناطق "المتملحة" مع الاحتياطي المخزون من المياه المتوسطة الملوحة تعتبر غير مناسبة للزراعة التقليدية ، بينما يمكن أن تكون مناسبة لأغراض الزراعة الملحية وخصوصاً أن الاحتياطي من هذه المياه لا يزال متوفراً بكثرة . وبغياب أية مصادر جديدة للمياه ، فإن المياه المالحة تشكل البديل الوحيد لإنتاج زراعي مستدام في المنطقة .

وعموماً ، إن كمية المياه تتناسب عكسياً مع جودتها ، فمصادر المياه العالية الملوحة متوفرة بكثرة ، كما هي الحال في مياه البحر مثلاً ، بينما نجد أن مصادر المياه القليلة الملوحة تكون نادرة نسبياً . ولذلك فمن أجل تخفيف الضغط على مصادر المياه العذبة المتناقصة ، وبما أن الاستهلاك البشري للمياه يعتمد حكماً على مصادر المياه العذبة ، فإنه يجب التوصل إلى إنتاج زراعي مستدام يعتمد على مصادر أخرى للمياه – وهي المياه المتوسطة والعالية الملوحة – خاصة وأنه هنالك أصناف عديدة من النباتات لها درجة تحمل للملحة بنسب متفاوتة مما يقلل الاعتماد على مصادر المياه العذبة .

الزراعة الملحية

يعتبر مفهوم الزراعة الملحية أحد المفاهيم الجديدة في الزراعة ويقوم على استخدام مصادر المياه المتوسطة والعالية الملوحة في إنتاج زراعي مستدام حيث يتم ري النباتات التي تتأقلم مع الملوحة وتتحمل الري بمياه ترتفع نسبة ملوحتها حتى تصل في بعض الحالات إلى مستوى ملوحة مياه البحر [1].

ولذلك فإن مفهوم الزراعة الملحية يجب أن يطبق في المناطق المتضررة بزيادة الملوحة ، وخصوصاً تلك التي تحتوي على احتياطي وافر من المياه المالحة . وبناءً عليه ، فإن طرق الزراعة التقليدية لا يمكن تطبيقها على الزراعة الملحية نظراً لتواجد الأملاح في مياه الري واحتمال زيادة نسبة الملوحة في التربة ، كما أن تعديل أنظمة الزراعة يعتبر أمراً ضرورياً وخاصة فيما يتعلق بإدارة المياه والتربة والنبات .

إدارة المياه

يجب أن تحلل المياه المتوسطة والعالية الملوحة والتي تستخدم في الري بشكل شامل لدراسة خواصها المختلفة مثل درجة الحموضة (PH) ودرجة التوصيل الكهربائي (EC) ، ونسبة كربونات الصوديوم والمواد الصلبة الذائبة والأيونات الموجبة والسالبة وذلك قبل استخدامها في الري [4] .

هنالك آليات متعددة يجب اتباعها تشمل طرق الري ومدة تطبيقها مع الأخذ بعين الاعتبار متطلبات الترشيح (أي زيادة كمية ماء الري وإجراء ريِّة تمهيدية قبل الموسم الزراعي) . ومع تكرار عمليات الري تحتفظ منطقة المجموع الجذري برطوبتها مما يوفر الكمية المطلوبة من الماء للنبات من جهة ، كما أنه يخفف من تركيز الأملاح في محلول التربة من جهة أخرى ، بل أنه يؤدي إلى زيادة نسبة ترشيح الأملاح . أما زيادة عدد مرات الري فإنها يجب أن تتناسب مع كمية المياه المتوفرة ومع نفاذية التربة . كما أن ذلك يؤدي إلى زيادة تكلفة عمليات الري بالإضافة إلى ارتفاع مستوى المياه الجوفية [5] .

تستهلك نظم الري بالغمر كميات مرتفعة من المياه وخاصة أثناء تطبيق الري المتتابع بكثافة عالية . في حين تساهم نظم الري بالأخاديد في تراكم الأملاح في الخطوط المتاخمة لهذه الأخاديد وبتزايد متدرج بسبب التبخر الحاصل في المناطق المرتفعة منها . ولذلك تزرع النباتات في الأخاديد نفسها أو على حوافها لتقليل أثر التملح .

وبالرغم من وجود أنظمة ري تقليدية مختلفة فإنه ينصح لأغراض الزراعة الملحية باعتماد طرق الري الحديثة بشكل عام وذلك بسبب القدرة على التحكم في تطبيقها وبسبب كفاءتها العالية. ويعتبر نظام الري بالرش أحد الأنظمة الذي يوفر التحكم الكامل والمرونة الكبيرة بعملية الري ولكنه يسبب احتراقاً لأوراق النبات كما أنه يكثف من الأملاح الذائبة وخصوصاً في المناطق الحارة والجافة وشديدة الرياح . ويمكن تقليل هذا الأثر السلبي بري المحاصيل بطريقة الرش ليلاً ، كما يمكن تقليل الأثر الضار لتكثف الأملاح على الأوراق بزيادة سرعة دوران الرشاشات . وتمثل الرشاشات الصغيرة الحجم بديلاً ممكناً . أما طريقة الري بالتنقيط فتعتبر فعالة نوعاً ما ، ولكنها تسهم في تراكم الأملاح على حواف المناطق الرطبة . ويلاحظ أثناء هطول الأمطار بأن الأملاح المتراكمة على سطح التربة تبدأ بالرشح للأسفل حول المجموع الجذري بكميات مركزة بحيث تؤدي إلى حدوث ضرر للمجموع الخضري للنبات . ولذلك يمكن تقليل هذه الآثار الضارة عن طريق تغطية سطح التربة بكمية من المواد العضوية كالقش لتقليل التبخر أو عن طريق تغطية منقطات الري بالتربة إلى مستوى المحيط الجذري .

إدارة التربة

تتم الزراعة الملحية في تربة ذات تركيبة خشنة لتسمح بالترشيح المناسب [2] . كما يجب مراقبة ومتابعة نسبة تملح التربة عن كثب لضبط أي زيادة في نسبة تركيز الأملاح بها . ومن الضروري أيضاً أن تتوفر متطلبات الترشيح في أي عملية ري . وحيثما توفر ذلك ، فإنه ينصح بإجراء ريِّة تمهيدية بالمياه العذبة .

ويؤدي السماد الحبيبي أو كبسولات الأملاح المعدنية إلى تباطؤ عملية رشح العناصر المعدنية المفيدة مما يوفر كميات كافية من هذه العناصر لعملية نمو النبات بالرغم من عمليات الترشيح الكبيرة . ويمكن استصلاح التربة وخاصة تلك التي تروى بمياه تحتوي على نسب مرتفعة من الصوديوم بإضافة الجبس إلى التربة . أما تزويد التربة بالكبريت فيمكن أن يكون ذو فائدة وذلك فيما لو كان مستوى كربونات الكالسيوم متوفراً على أعماق معينة من التربة . ويمكن إضافة حمض الكبريت في حالات التربة القلوية ولكن لا ينصح به في حالة انخفاض مستوى الكالسيوم أو المغنيزيوم وذلك لأن كمية الصوديوم تكون مرتفعة [6] .

إدارة المحصول

إن مرحلة إنبات البذور هي المرحلة الأكثر حساسية للتملح في حياة النبات . لهذا فإن تعريض البذور للري المباشر بالمياه المالحة يؤدي حتماً إلى فشل عملية الإنبات . والحل البديل هو إنبات البذور في بيئات عضوية تروى بمياه قليلة الملوحة ، ومن ثم التدرج في زيادة نسبة الملوحة في مياه الري حتى تصبح النباتات قوية وقادرة على تحمل نقلها وزراعتها في الحقل .

وتستطيع بعض أصناف النبات التأقلم مع مستويات مرتفعة من الملوحة في التربة . وإنه من الضروري مطابقة تحمل المحصول للملوحة مع ملوحة مياه الري والتربة وذلك لتخفيف الأثر السلبي للري بالمياه المالحة . ولتخفيف هذا فإنه من الضروري إجراء تحليل دقيق لنوعية المياه المستخدمة حالياً مع دراسة منحى تدهور نوعيتها مستقبلاً وبالتالي انتخاب نباتات على هذا الأساس . يعرض الجدول (1) قائمة بالنباتات التقليدية مع بعض مستويات تأقلمها مع الملوحة.

جدول (1) : بعض أصناف النباتات التقليدية ومستوى تأقلمها مع الملوحة [5] .

الاسم الشائع	الاسم العلمي	درجة التحمل للملوحة (dS/m)
القمح القاسي	*Triticum turgidum*	4.0
الشعير	*Hordeum vulgare*	6.0
السورجم	*Sorghum almum*	8.3
حشيشة الرودس	*Chloris gayana*	10.1

وكبدائل لهذه النباتات التقليدية توجد نباتات تألف الملوحة . ويركز الباحثون حالياً جهودهم على إنتاج نباتات ذات قيمة اقتصادية تستطيع العيش تحت ظروف ملحية قاسية جداً . وكمثال على هذه النباتات نجد الـ *Distichlis spicata* و *Sporbolus virginicus* والتي لها فائدة كمحصول علفي [3] .

تكلفة المياه

يعتمد أخصائيو البيئة في تقييم كلفة المياه التي يتم ضخها بكمية تزيد عن التصريف المأمون للمخزون الجوفي على كلفة مياه ذات نوعية متماثلة يمكن أن تستخدم في إعادة شحن المخزون الجوفي وتسمى "كلفة استبدال المياه" . وكنتيجة لذلك تنخفض تكلفة الاستبدال في المناطق التي تتميز بتوفر مصادر الشحن الطبيعية البديلة . وبما أن مصادر استبدال المياه الجوفية في معظم دول الخليج العربي تتميز بندرتها ، فإن تكلفة الاستبدال تكون مرتفعة وخصوصاً أن مياه البحر المحلاة هي البديل الوحيد المتوفر لإعادة شحن المخزون الجوفي .

وتختلف تكلفة تحلية مياه البحر حسب درجة التحلية المتوصل إليها . فالمياه التي تنتج للاستهلاك البشري تحتوي على تركيز أملاح أقل من 1.000 ملغم/ليتر وتكلفة تحليتها حوالي الدولار لكل متر مكعب . أما بالنسبة لأي تركيز ملوحة آخر فإنه يتبع علاقة على شكل :

$$C = f(S) \qquad (1)$$

حيث أن : C هو متوسط تكلفة المياه (دولار / م3)

S هو تركيز ملوحة المياه الناتجة عن عملية التحلية

الحجم الكلي لمياه الري بالماء العذب هو حاصل حجم المياه المطلوبة مع الكفاءة التطبيقية للري والمعبر عنها :

$$V_o = W_{req}/E_a \quad (2)$$

حيث أن : V_o هو حجم المياه العذبة المعطى

W_{req} هو حجم المياه المطلوب

E_a الكفاءة التطبيقية للري

تكلفة الري باستخدام المياه العذبة هو مجموع تكلفة المياه وتكلفة الضخ المعبر عنها كما يلي :

$$T_o = (C_o+E).V_o = [f(S_o)+E]W_{req}./E_a \quad (3)$$

حيث أن : T_o التكلفة الكلية للمياه العذبة

C_o تكلفة استبدال المياه عند مستوى المياه العذبة

E تكلفة طاقة الضخ

ومن ناحية أخرى ، يجب إعطاء حجم أكبر من المياه عند ظروف الري بالمياه المالحة لتوفير متطلبات الترشيح وفي الوقت نفسه زيادة عدد مرات الري . وبما إن الري بالمياه المالحة بتركيز أكبر من حد تحمل النبات يؤدي إلى انخفاض الإنتاج فإن الحل الآمن يكمن بالري عند المستوى الذي لا يتجاوز فيه حد تحمل النبات للملوحة . ومن المفترض أن تكون كمية الترشيح كافية بحيث لا تزداد نسبة الملوحة في التربة . والتحليل التالي يستند على هذه الفرضيات .

يحسب حجم المياه المعطاة عند الري بالمياه المالحة على أساس حاصل الحجم المطلوب من النبات مع نسبة الرشح والكفاءة التطبيقية للري :

$$V_1 = W_{req}(1+LF)/E_a \quad (4)$$

حيث أن : V_1 حجم المياه المالحة أثناء عملية الري

LF عامل الترشيح

وبالتالي فإن تكلفة المياه المالحة المضافة تحسب كما يلي :

$$T_1 = (C_1+E)(1+LF)\ W_{req}/E_a = [f(S_1) + E](1+LF)W_{req}/E_a \quad (5)$$

حيث أن : T_1 هي التكلفة الكلية

C_1 تكلفة استبدال المياه عند مستوى الملوحة (S_1)

E تكلفة الضخ

إن سبب اختلاف التكلفة بين المستويين المختلفين للملوحة يعود إلى أن تكلفة المياه تكون أكبر في حالة الري بالمياه العذبة . أما بالنسبة للري بالمياه المالحة فهنالك تكلفة إضافية لكمية الماء المعطى لأغراض الترشيح عـ أن كلفة وحدة الحجم من المياه المالحة هي أقل من وحدة الحجم للمياه العذبة . وبأخذ التناسب بين كلا التكلفتين فإننا نحصل على المعادلة التالية :

$$R = [f(S_o)+E]/[(f(S_1)+E)(1+LF)] \quad (6)$$

وعندما تكون النسبة (R) أكبر من (1) فإن تكلفة الري بالمياه المالحة تكون أقل من حيث تكلفة الاستبدال وتعتبر المياه المالحة عندئذ كبديل . ولحساب النسبة (R) يتم تطبيق بعض الفرضيات المبسطة لتكملة التحاليل الحالية . ففي بادئ الأمر ، يتراوح عامل الترشيح ما بين (0) للماء العذب (أقل من 1000 جزء بالمليون) و (50%) للمياه شديد الملوحة (50.000 جزء بالمليون) [4].

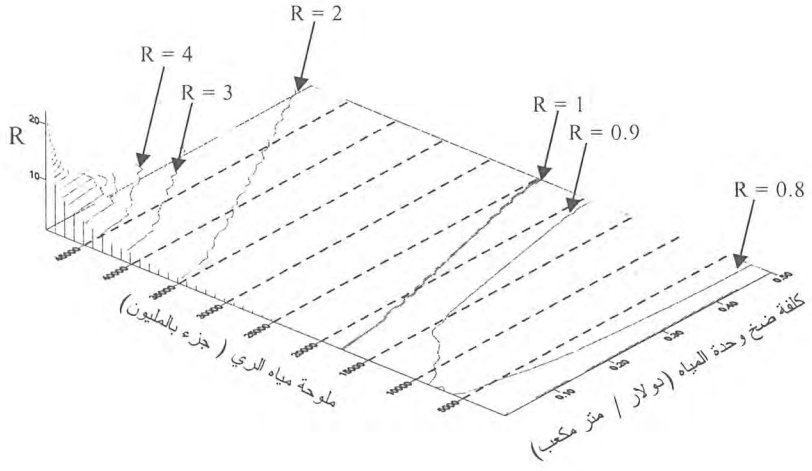
أما الفرضية الثانية فهي أن تكلفة ضخ وحدة الحجم (E) هي نفسها لكل من المياه العذبة والمياه المالحة .

أما الفرضية الثالثة فهي أن $f(S)$ هي علاقة خطية بالنسبة لتكلفة التحلية وتساوي (1) دولار / م^3 عندما تكون ملوحة المياه الناتجة عن التحلية أقل من 1000 جزء بالمليون ، وتكون مساوية الصفر عندما تكون ملوحة المياه الناتجة عن التحلية تعادل ملوحة مياه البحر .

وكنتيجة لهذه الفرضيات يتم تحويل المعادلة (6) إلى :

$$R=(1+E)/[(f(S_1)+E)(1+LF)]\ ;\ f(S_1)=-S_1/49{,}500+100/99 \qquad (7)$$

وباستخدام هذه المعادلة في حساب النسبة (R) عند عدة مستويات من الملوحة تتراوح من 500 إلى 50.000 جزء بالمليون وتكلفة الضخ لوحدة الحجم تتراوح بين 0.01 دولار / م^3 إلى 0.5 دولار / م^3 نحصل على الرسم البياني في الشكل (1) :



شكل (1) : المستويات المختلفة لحساب النسبة (R)

كما هو مبين في الشكل (1) ، فإن الري بالمياه المالحة وخاصة عند مستويات تتجاوز الـــ (15.000) جزء بالمليون هو أقل تكلفة من حيث كلفة الاستبدال فقط من عملية الري بالمياه

العذبة حيث أن النسبة (R) تتجاوز القيمة (1) عند تلك الملوحة تقريباً . وتزيد النسبة (R) بشكل متسارع عند حالات الملوحة الشديدة . وعند أخذ النباتات بعين الاعتبار ، فإن عدد النباتات التي تتحمل المستويات المرتفعة من الملوحة يتضاءل كلما ازدادت الملوحة . إلا أنه توجد بعض النباتات تألف الملوحة والتي تبلغ أعلى مستوياتها الإنتاجية عند مستويات ملوحة تصل إلى (25.000) جزء بالمليون . وتلك هي النباتات التي يجب التركيز عليها في إنتاج نظم زراعية مجدية بالمياه المالحة . ويبين الجدول (2) بعض هذه النباتات .

جدول (2) : بعض النباتات التي تتحمل الملوحة العالية

الاسم الشائع	الاسم العلمي	درجة تحمل النبات للملوحة (جزء بالمليون)
الأشنان	*Salicornia spp.*	
القطف	*Atriplex amnicola*	23,000
القطف	*Atriplex lentiformis*	23,000
القطف	*Atriplex Halimus*	23,000
القطف	*Atriplex cinerea*	23,000
القطف	*Atriplex undulata*	23,000
السبوروبلس	*Sporobolus virginicus*	22,000
عشب بفل	*Distichlis spicata*	22,000
عكرش	*Agropyron spp.*	8,000
ثمام	*Pennisetum spp.*	8,000
دخن	*Panicum spp.*	8,000
السبط	*Cenchrus ciliaris*	6,000

كفاءة استعمال المياه المالحة

أثناء عملية اختيار المحاصيل للزراعة يؤخذ بعين الاعتبار كتلة الإنتاج بالمقارنة بوحدة حجم المياه المضافة للري ، وتسمى هذه النسبة بكفاءة استخدام المياه . إلا أن هذه الكفاءة لا تعكس تحمل المحاصيل للملوحة . وكنتيجة لذلك ، فإن كفاءة استعمال المياه لمحصول معين للمياه العذبة المستخدمة في الري سوف تنخفض فيما لو تم استعمال المياه المالحة . ومن جهة أخرى ، فإنه بالإمكان رفع كفاءة استعمال المياه للنباتات المتحملة للملوحة في حالة استعمال المياه المالحة . لذلك فإنه يمكن تعريف "كفاءة استعمال المياه المالحة" كما يلي .

يقاس مدى تحمل المحاصيل للملوحة باستعمال نموذج "ماس وهوفمان" حيث يستعمل فيه عاملان : حد الملوحة ونسبة انخفاض الإنتاجية في حال زيادة وحدة الملوحة بدرجة واحدة .

وكما تم الإشارة إليه سابقاً ، فإن التطبيق الحذر لتنمية النباتات هو بالري بمستوى ملوحة أقل بقليل من حد الملوحة للنبات ويجب أيضاً تجنب الزيادة في مستوى ملوحة التربة عبر الترشيح المتوازن .

إن حد الملوحة للمحصول هو قيمة مطلقة يعبر عنها بالتوصيل الكهربائي باستخدام الوحدات dS/m ويشار إليها في الكتب والمراجع بالرمز "A" في نموذج "ماس وهوفمان" . ويمكن أيضاً أن يعبر عن حد الملوحة للمحصول بحاصل القسمة على متوسط الملوحة لمياه الري في الموقع . وهذا سوف يعرف بـ "حد الملوحة النسبي" والذي يتم حسابه كما يلي :

$$A_r = A/EC_{iw} \qquad (8)$$

حيث أن : EC_{iw} هو متوسط ملوحة مياه الري .

وبينما أن متوسط ملوحة مياه الري في أماكن كثيرة من العالم هو أقرب إلى (1) dS/m ، فإنه في دول الخليج العربي يعادل الـ (1.5) dS/m . ولذلك فإن أي محصول بقيمة A_r تعادل (4) فإنها تتحمل أربعة أضعاف ملوحة مياه الري .

وباستعمال حد الملوحة النسبي فإن كفاءة استخدام المياه المالحة للري تحسب كما يلي :

$$E_{sw} = E_w.A_r \qquad (9)$$

وبما أن القيمة A_r لا تحمل أي وحدة فإن E_{sw} يمكن أن تعبر عنها أيضاً على أساس الكتلة بوحدة الحجم . ولذلك فإن وحدات الملوحة سيتم إضافتها لتمييزها عن كفاءة استعمال المياه المالحة . ولهذا فإنها تحمل الوحدات kg.dS لكل m^3dS .

وباستخدام المعادلة (9) وكفاءة استخدام المياه المالحة لبعض المحاصيل الزراعية [4] تحسب كفاءة استخدام هذه المياه كما هو مبين في الجدول (3) .

جدول (3) : كفاءة استخدام المياه المالحة للمحاصيل

المحصول	حد الملوحة dS/m	حد الملوحة النسبي dS/dS	كفاءة استخدام المياه kg/m3	كفاءة استخدام المياه المالحة kg.dS/m3.dS
الخضار				
لوبية	1.0	0.67	5.85	3.90
فول	1.6	1.07	5.63	6.00
فول صغير	4.9	3.27	3.03	9.90
ملفوف	1.0	0.67	9.09	6.06
جزر	1.0	0.67	5.80	3.87
زهرة	1.8	1.20	4.75	5.70
سلق	2.2	1.47	12.33	18.08
خيار (بيوت محمية)	1.1	0.73	19.55	14.34
باذنجان	2.3	1.53	8.36	12.81
خس	1.7	1.13	9.84	11.15
بامية	1.2	0.80	1.71	1.37
بصل	1.2	0.80	7.75	6.20
بقدونس	1.3	0.87	8.00	6.93
بازيلا	1.5	1.00	3.69	3.69
فليفلة	1.7	1.13	16.56	18.76
بطاطا	2.7	1.80	4.42	7.96
فجل	2.1	1.40	8.79	12.31
سبانخ	3.2	2.13	3.25	6.93
كوسا	1.0	0.67	7.88	5.25
كوسا قرع	4.7	3.13	5.90	18.48
بطيخ أصفر (بيوت محمية)	2.0	1.33	12.89	17.18

بطيخ أصفر (حقل)	2.0	1.33	6.62	8.82
طماطم (بيوت محمية)	2.7	1.80	17.22	31.00
طماطم (حقل)	2.7	1.80	9.91	17.83
بطيخ	2.5	1.67	4.49	7.48
محاصيل حقلية				
شعير	8.0	5.33	0.59	3.17
ذرة حلوة	1.7	1.13	5.43	6.15
فول سوداني	3.2	2.13	0.54	1.15
قمح	5.9	3.93	0.59	2.34
الفاكهة				
ليمون حامض	2.0	1.33	1.28	1.71
نخيل البلح	4.8	3.20	0.74	2.38
تين	2.7	1.80	0.40	0.73
عنب	1.5	1.00	0.11	0.11
ليمون هندي	2.0	1.33	1.51	2.01
جوافة	2.0	1.33	0.87	1.16
لوز	1.5	1.00	0.63	0.63
الليم (ليمون حامض)	2.5	1.67	1.53	2.55
مانجو	1.5	1.00	1.93	1.93
رمان	2.7	1.80	0.94	1.70
فراولة	1.5	1.00	0.46	0.46
محاصيل علفية				
برسيم	2.0	1.33	2.79	3.73
حشيشة الرودس	10.1	6.73	3.84	25.84

في الحقيقة فإن الأرقام المذكورة أعلاه تمثل المعدل الوسطي وعليه فيجب معايرتها مع الظروف السائدة في منطقة الخليج . إلا أنه بالإمكان استخدامها أثناء مقارنة جدوى النباتات .

كما ذكر سابقاً فإن كفاءة استخدام المياه المالحة تأخذ في عين الاعتبار عنصرين اثنين : الإنتاج بالمقارنة مع كمية المياه المستهلكة ودرجة تحمل الملوحة . وبشكل عام فإن النباتات التي تتمتع بكفاءة عالية تتمتع إما بإنتاجية عالية أو بدرجة تحمل ملوحة مرتفعة أو كلاهما . وعليه يجب أخذ هذه الكفاءة بعين الاعتبار عند اختيار المحصول الزراعي وتبقى كلمة الفصل للمردود الاقتصادي ولكمية المياه المتوفرة .

الخاتمة

إن المياه الجوفية في منطقة الخليج العربي في تناقص مستمر بسبب عدم وجود مصادر لتعويض المياه المستخدمة للأغراض الزراعية . وبمقارنة تكاليف استبدال المياه العذبة بتكاليف استبدال المياه المالحة نجد أن الزراعة الملحية يمكن أن تكون مناسبة لإنتاج بعض المحاصيل الزراعية المتحملة للملوحة وخاصة من حيث تكلفة المياه في الظروف السائدة في دول الخليج العربي . وعليه فإن زراعة بعض النباتات غير التقليدية والتي تتحمل الملوحة تمثل خياراً واقعياً لتقليل استهلاك المياه الجوفية العذبة . أما في وضع خطط التنمية الزراعية في منطقة الخليج العربي فيجب الأخذ بالاعتبار كفاءة استخدام المياه المالحة وكمية ونوعية المياه الموجودة وكفاءة استخدام هذه المياه بالنسبة للعائد الاقتصادي للنبات .

المراجع

[1] Choukr-Allah, R., C. V. Malcolm and A. Hamdy, 1996, Halophytes and Biosaline Agriculture, Marcel Dekker, Inc., New York, NY, 400 pp.

[2] Ergin, M. (ed.), D. Altinbilek and M. Sou`bi, 1995. Water in the Islamic World: An Imminent Crisis, Islamic Academy of Sciences, Amman, Jordan, 544 pp.

[3] Hadrami, G., 2000. Personal Communications, Faculty of Agricultural Sciences, United Arab Emirates University, Al-Ain, UAE.

[4] Rhoades, J.D., A. Kandiah and A. M. Mashali, 1992, The Use of Saline Waters for Crop Production, FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 48, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 133 pp.

[5] Salinity Management Handbook, 1997, Queensland Department of Primary Industries, Scientific Publishing Resources Centre No. 222., Queensland, Australia, 214 pp.

[6] Tanji, K. (ed.), 1996, Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineers, Manual No. 71, ASCE, New York, NY., 619 pp.

تأثير استخدام كميات مختلفة من مياه الري على إنتاج البيوت المحمية من محصولي الطماطم والخيار في المملكة العربية السعودية

م. خليفة إبراهيم المنصور، أ.د. علاء الدين الظاهري، أ.د. إبراهيم صالح المعتاز، د. محمد جميل عبدالرزاق، محمود يوسف عبدالرحيم

تأثير استخدام كميات مختلفة من ميـــــاه الري على إنتاجـــية البـــيوت المحميـــة من محصولي الطماطم والخيار بالمملكة العربية السعودية: دراسة فنية واقتصادية

أحمد بن محمد العبدالقادر، علي بن عبدالله الجلعود،

الواثق البشير، كاتالينو اونجينكو

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

ص.ب. 6086 الرياض 11422

المملكة العربية السعودية

الملخص

تعد الزراعة المحمية أحد أهم الطرق الزراعية التي يمكن استخدامها في البيئات الصحراوية الجافة أو شبة الجافة السائدة في المملكة العربية السعودية وذلك للتغلب على نقص المياه والظـــروف المناخية السائدة. ويعود ذلك إلى ما يتميز به استخدام الزراعة المحمية من ترشيد في اســـتهلاك مياه الري ووفرة في الإنتاج الزراعي مقارنة بالزراعة المكشوفة. ويهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير استخدام كميات مختلفة من مياه الري على إنتاجية محصولي الطماطم والخيار المزروعـة في البيوت المحمية بالمملكة العربية السعودية وتقدير العائد الاقتصادي المتوقع منها. ولتحقيق هـــذا الهدف فقد تم زراعة موسم واحد لمحصول الطماطم وموسمين لمحصول الخيار في عدد من البيوت المحمية بمحطة الأبحاث الزراعية التابعة لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية في منطقة المزاحمية. وقد تمت الزراعة باستخدام أربع معاملات تمثل ما نسبته 100% و80% و70% و60% مـــن الاحتياجات المائية الفعلية لكل محصول من مياه الري، الذي يتراوح تركيز الأملاح به حـــوالي 800 جزء في المليون وتوصيله الكهربائي حوالي 1.2 ديسي سيمنز/م. أظهرت النتائج إمكانيـــة زراعة محصولي الطماطم والخيار بكميات مياه تقل عن الاحتياج الفعلي للمياه بنسبة تصـــل إلى نحو 30 % و 40 % على التوالي دون وجود تأثير معنوي على إنتاجيتها. كما أظهرت النتائج أيضا وجود عائد اقتصادية مجدي للزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار عنـــــد اســـتخدام

كميات مختلفة من مياه الري. هذه النتائج تؤكد على ضرورة زيادة الاستثمار والتوسع في الزراعة المحمية للمحاصيل الزراعية التي تتمتع المملكة العربية السعودية بميزة نسبية في زراعتها وتتلاءم مع الإمكانات الطبيعية المتاحة، الأمر الذي تمليه الحاجة لمواجهة التحديات المستقبلية.

مفاتيح الكلمات : بيوت محمية، طماطم، خيار، احتياجات مائية، عائد اقتصادي

المقدمة

مثلت خطة التنمية السادسة للمملكة العربية السعودية مرحلة انتقالية هامة في مسيرة تنمية القطاع الزراعي، حيث ركزت الخطة على أهمية التحول من إنتاج المحاصيل الزراعية ذات الاستهلاك المائي الكبير إلى إنتاج محاصيل ذات قيمة عالية في المناطق التي تتوفر بها الإمكانات المائية المتجددة والتركيز على استخدام البيوت المحمية لمقابلة الطلب المحلي المتزايد على المنتجات الزراعية خاصة الخضراوات والفواكه الطازجة (وزارة التخطيط، 1995م). ونتيجة لهذه التوجهات التي من شأنها تحقيق التوازن بين الأمن المائي والغذائي و تحقيق الزراعة المستدامة، فقد حدثت تغيرات هيكلية في التركيبة المحصولية للقطاع الزراعي كان لها أكبر الأثر، بعد توفيق الله، في زيادة مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي لعام 1998م إلى حوالي 33.9 مليار ريال مقارنة بما كانت عليه خلال عام 1997م والذي بلغ حوالي 33.4 مليار ريال، وهو ما يمثل ما نسبته 10.3 % من إجمالي الناتج المحلي للقطاعات غير النفطية. كما حدثت زيادة في الاستثمار في القطاع الزراعي خاصة في المشاريع الزراعية المتخصصة مما كان له أكبر الأثر في زيادة الإنتاج الزراعي بشقية النباتي والحيواني، صاحب ذلك تحسن في ميزان المدفوعات للمنتجات الزراعية وتزايد الاعتماد على الإنتاج الزراعي لتلبية متطلبات السوق المحلية. وقد صاحب النمو المتزايد في الإنتاج الزراعي انخفاض كمية وقيمة واردات المملكة من السلع الغذائية بمعدل يصل إلى حوالي 14 % وحوالي 3.4 % بين عامي 1997م - 1998م . كما ارتفعت كمية وقيمة صادرات المملكة من السلع الغذائية خلال نفس الفترة بمعدل يصل إلى حوالي 6 % وحوالي 0.3 % على التوالي (بن معمر، 1999م).

يلقى الاستثمار في الزراعة المحمية اهتماماً ودعماً كبيراً في المملكة العربية السعودية نتيجة لمساهمته الفاعلة في تحقيق التوازن المائي والغذائي من خلال زيادة الإنتاج المحلي من الخضراوات

والفواكه بما يتناسب مع الإمكانات الطبيعة المتاحة خاصة تلك المتعلقة بالموارد المائية، حيث تزيد إنتاجية البيوت المحمية عن سبعة أضعاف إنتاجية الزراعة المكشوفة من محصول الطماطم وخمسة أضعاف عن إنتاجية محصول الخيار، كما أن الزراعة المحمية توفر ما نسبته 82-87 % من الاستهلاك المائي للزراعة المكشوفة (الدويس وحسن، 1995م). ونتيجة لهذا الاهتمام والدعم، فقد ازداد عدد مشاريع البيوت المحمية المتخصصة في إنتاج الخضراوات والفواكه بالمملكة من 104 مشروع في عام 1983م (تنتج حوالي 26 ألف طن) إلى 291 مشروع عام 1997م (تنتج حوالي 129 ألف طن)، يمثل إنتاج الطماطم والخيار ما نسبته 88 % من إجمالي إنتاج البيوت المحمية المتخصصة (وزارة الزراعة والمياه، 1990م، 1998م).

أهـــدف البحث

يهدف هذا البحث بشكل رئيس إلى دراسة تأثير استخدام كميات مختلفة من مياه الري على إنتاجية الزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار بالمملكة العربية السعودية، وتقدير العائد الاقتصادي المتوقع منها. كما يسعى البحث إلى تحقيق الأهداف الفرعية التالية:

أ- التعرف على نوع العلاقة بين كمية مياه الري وإنتاجية محصولي الطماطم والخيار المحمية.

ب- قياس كفاءة استخدام مياه الري في الزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار.

ج- حساب العائد الاقتصادي لاستخدام المياه في الزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار.

المواد وطرق البحث

تم في هذا البحث زراعة موسم واحد لمحصول الطماطم خلال الفترة من 18 نوفمبر 1996م وحتى 4 يونيه 1997م، وموسمين لمحصول الخيار أحدها تم زراعته خلال الفترة من 4 مارس 20مايو 1997م، والآخر تم زراعته خلال الفترة من 22 يونيه 13 سبتمبر 1997م، وذلك في عدد من البيوت المحمية بمحطة الأبحاث الزراعية التابع لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية في منطقة المزاحمية. وقد تمت الزراعة باستخدام أربع معاملات تمثل ما نسبته 100% و80% و70% و60% من الاحتياجات المائية الفعلية لكل محصول من مياه الري، وفقا لما هو متبع في مشاريع البيوت المحمية المتخصصة لمحصولي الطماطم والخيار بالمملكة العربية السعودية. ويتراوح تركيز الأملاح في مياه الري المستخدمة في الدراسة حوالي 800 جزء في المليون وتوصيلها الكهربائي حوالي 1.2 ديسي سيمنز/م. ويوضح الجدول (1)، الاحتياجات المائية المستخدمة للزراعة المحمية لمحصول الطماطم والخيار.

جدول (١): الاحتياجات المائية المستخدمة للزراعة المحمية لمحصول الطماطم والخيار

رقم المعاملة	الاحتياجات المائية* ٪	الاحتياجات المائية (متر مكعب/ هكتار) خيار صيفي الموسم الأول	خيار صيفي الموسم الثاني	طماطم شتوي
١	١٠٠	٣٢٧٢	٤٦٢٩	٩٩٣٠
٢	٨٠	٢٦٢٢	٣٧٠٣	٧٩٤٤
٣	٧٠	٢٣٠٧	٣٢٥١	٦٩٥١
٤	٦٠	١٩٧٢	٢٧٧٧	٥٩٥٨

* الاحتياجات المائية كنسبة مئوية من الاحتياجات الفعلية للمحصول، وفقا لما هو متبع في مشاريع البيوت المحمية المتخصصة.

المعادلة الرياضية

لحساب العائد الاقتصادي الصافي للزراعة المحمية لمحصول الطماطم والخيار باستخدام احتياجات مائية مختلفة، فقد تم تقدير متوسط إيرادات الطماطم والخيار وفق سعر المنتج (producer price) السائد في السوق المحلي والذي يصل إلى حوالي 2200 ريال للطن من الطماطم، وحوالي 2300 ريال للطن من الخيار (FAO STAT Database, 2000)، وخصم تلك الإيرادات من التكاليف التشغيلية لزراعة الطماطم والخيار داخل البيوت المحمية والتي تصل في المتوسط إلى حوالي 39 ألف ريال/هكتار لمحصول الطماطم الشتوي، وحوالي 28 ألف ريال/هكتار في الموسم الأول للخيار الصيفي، وحوالي 30 ألف ريال/هكتار للموسم الثاني للخيار الصيفي. تضمنت التكاليف التشغيلية للزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار تكلفة السماد والمبيدات والبذور والعمالة ومياه الري. وقد تم حساب العائد الاقتصادي الصافي للزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار وفقاً للمعادلة الرياضية التالية:

$$ع ق_{ر.م} = سر_{م} ن_{ر.م} - ت_{ر.م}$$

حيث:

$ع ق_{ر.م}$ = متوسط العائد الاقتصادي الصافي للزراعة المحمية للمحصول (م) باستخدام كمية مياه الري (ر)، ريال/هكتار.

$سر_{م}$ = متوسط سعر المنتج (producer price) السائد للمحصول (م)، ريال/طن.

$ن_{ر.م}$ = متوسط إنتاجية الزراعة المحمية للمحصول (م)) باستخدام كمية مياه الري (ر)، طن/هكتار.

$س_{م\,ن\,ر,م}$ = متوسط إيرادات الزراعة المحمية للمحصول (م) باستخدام كمية مياه الري (ر)، ريال/هكتار.

$ت_{ر,م}$ = متوسط التكاليف التشغيلية اللازمة لإنتاج المحصول (م)، باستخدام كمية مياه الري (ر)، ريال/هكتار.

ر = كمية مياه الري.

م = محصولي الطماطم والخيار.

النتائج والمناقشة

.1تأثير استخدام كميات مختلفة من مياه الري على إنتاجية محصولي الطماطم والخيار المحمية

أظهرت نتائج الدراسة عدم وجود فروق معنوية في إنتاجية الطماطم المحمية عند استخدام كميات مياه ري تتراوح بين (7–10) آلاف متر مكعب خلال موسم الزراعة بأكمله أو ما يعادل (70–100%) من احتياج المياه الفعلي للزراعة المحمية لمحصول الطماطم. في حين أن استخدام كمية مياه ري أقل من (6) آلاف متر مكعب أو ما يعادل (60%) من احتياج المياه الفعلي للمحصول قد أدى إلى وجود انخفاض معنوي في إنتاجية الطماطم بلغ نحو (17–21) طن/هكتار مقارنة باستخدام كميات مياه ري أكثر من (7) آلاف متر مكعب للهكتار. كما أظهرت النتائج أيضاً عدم وجود فروق معنوية في إنتاجية الخيار المحمية بشكل عام عند استخدام كميات مختلفة من مياه الري وحتى (2) ألف متر مكعب/هكتار طوال موسم الزراعة أو ما يعادل (60 %) من الاحتياج الفعلي للزراعة المحمية لمحصول الخيار. إن هذه النتائج تتفق مع النتائج التي توصل لها(Doorenbos and Pruitt (1977 ، والتي أشار إليها (Eliades 1988) ، من أن المحافظة على الكفاءة الإنتاجية للبيوت المحمية لمحصول الطماطم يتطلب كميات مياه ري أكبر من تلك اللازمة لمحصول الخيار. ويوضح الجدول (2) إنتاجية البيوت المحمية من محصولي الطماطم والخيار باستخدام كميات مختلفة من مياه الري. كما يوضح الشكل (1) العلاقة بين إنتاجية البيوت المحمية من محصولي الطماطم والخيار عند استخدام كميات مختلفة من مياه الري.

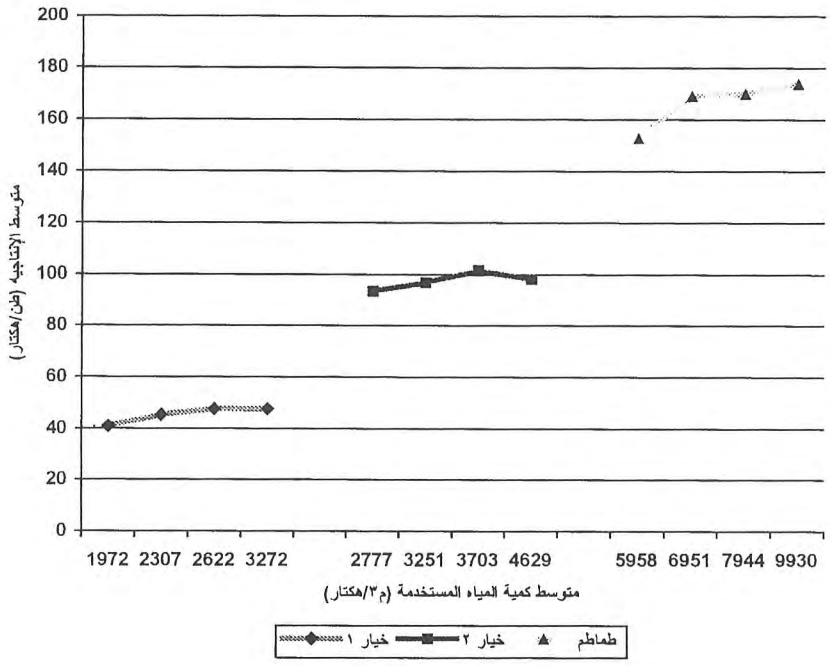
جدول (٢): متوسط إنتاجية البيوت المحمية من محصولي الطماطم والخيار باستخدام كميات مختلفة من مياه الري

رقم المعاملة	الاحتياجات المائية* ٪	متوسط الإنتاجية (طن/هكتار) خيار صيفي** الموسم الأول	خيار صيفي** الموسم الثاني	طماطم شتوي**
١	١٠٠	a٤٧,٥٥	a٩٨,١٠	a١٧٣,٩٤
٢	٨٠	a٤٧,٦١	a١٠١,٥٢	a١٧٠,٠٢
٣	٧٠	a٤٥,٢٢	a٩٦,٨٣	a١٦٩,٣٧
٤	٦٠	a٤٠,٨٥	a٩٣,٣٦	b١٥٢,٧٤
L.S.D (%5)		٧,٧١	٨,٥٧	١٢,٩٩

*الاحتياجات المائية كنسبة مئوية من الاحتياجات الفعلية للمحصول، وفقا لما هو متبع في مشاريع البيوت المحمية المتخصصة.

**المتوسطات التي تحمل نفس الحروف لا تختلف معنويا باستخدام اقل فرق معنوي (L.S.D (%5 .

شكل(١): العلاقة بين إنتاجية البيوت المحمية وكمية المياه المستخدمة



كفاءة استخدام مياه الري

وضح الجدول (3) كفاءة استخدام مياه الري Water Use Efficiency في الزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار كأحد المعايير المستخدمة لقياس إنتاجية المتر المكعب من مياه الري للمحصول وتقويم أكثرها كفاءة وجدوى. أظهرت النتائج أن استخدام كميات مياه تتراوح بين (6-7) آلاف متر مكعب للهكتار أي ما يعادل (60-70 %) من الاحتياجات المائية الفعلية لمحصول الطماطم يحقق أعلى كفاءة استخدام لمياه الري تصل في المتوسط إلى حوالي (24- 26) كغم / متر مكعب من مياه الري. في حين أن استخدام كميات مياه ري تتراوح بين (8- 10) آلاف متر مكعب قد أدى إلى وجود انخفاض معنوي في كفاءة استخدام مياه الري بنحو (4-8) كغم/متر مكعب من مياه الري. ويعزى ذلك في اعتقادنا إلى أن كمية المياه الزائدة عن احتياج النبات أدت إلى غسيل العناصر الغذائية بعيداً عن منطقة الجذور وعدم استفادة النبات منها.

كما أظهرت النتائج أيضاً أن استخدام نحو (2 (3 آلاف متر مكعب أي ما يعادل (60-70%) من الاحتياجات المائية الفعلية في الزراعة المحمية لمحصول الخيار يحقق في المتوسط كفاءة استخدام مياه ري عالية تصل إلى نحو (21) كغم / متر مكعب من مياه الري في الموسم الصيفي الأول ونحو (34) كغم / متر مكعب في الموسم الصيفي الثاني. في حين استخدام كميات مياه تزيد عن نحو (80%) من الاحتياجات المائية الفعلية للخيار يؤدي إلى انخفاض معنوي لكفاءة استخدام مياه الري يصل إلى نحو (3 (6 كغم / متر مكعب من المياه ونحو (6 (12 كغم / متر مكعب من المياه في الموسم الصيفي الأول والثاني لمحصول الخيار على التوالي.

جدول (٣): كفاءة استخدام مياه الري للزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار

رقم المعاملة	الاحتياجات المائية* ٪	كفاءة استخدام مياه الري (كغم/متر مكعب)** خيار صيفي الموسم الأول	خيار صيفي الموسم الثاني	طماطم شتوي
١	١٠٠	b١٤,٥٣	a٢١,١٩	c١٧,٥٢
٢	٨٠	a١٨,١٦	b٢٧,٤٢	b٢١,٤٠
٣	٧٠	a١٩,٦٠	b٢٩,٧٨	a٢٤,٣٧
٤	٦٠	a٢٠,٧٢	a٣٣,٦٢	a٢٥,٦٤
L.S.D. (%5)		٣,٢٣	٢,٥٣	١,٧٩

*الاحتياجات المائية كنسبة مئوية من الاحتياجات الفعلية للمحصول، وفقا لما هو متبع في مشاريع البيوت المحمية المتخصصة.

**المتوسطات التي تحمل نفس الحروف لا تختلف معنويا باستخدام اقل فرق معنوي (%5) L..S.D .

3. تحليل العائد الاقتصادي وتكاليف الزراعة المحمية

يستعرض الجدول (4) تحليل لأهم المؤشرات الاقتصادية التي تم التوصل إليها في الدراسة من حيث متوسط التكاليف التشغيلية ومتوسط العائد الاقتصادي الصافي للزراعة المحمية إضافة إلى متوسط العائد الاقتصادي الصافي لاستخدام المياه في زراعة الطماطم والخيار المحمية. وفيما يلي مناقشة لتلك المؤشرات:

أ- متوسط التكاليف التشغيلية

يلاحظ من الجدول (4) أن متوسط التكاليف التشغيلية للزراعة المحمية لمحصول الطماطم يتراوح بين 36 43 ألف ريال / هكتار أي ما يعادل 236 248 ريال / طن، وذلك باختلاف كميات المياه المستخدمة في الري. في حين أنها تتراوح بين 27 29 ألف ريال / هكتار أي ما يعادل 622 667 ريال / طن، وحوالي 29 32 ألف ريال / هكتار أي ما يعادل 310 329 ريال / طن لمحصول الخيار على التوالي في الموسم الصيفي الأول والثاني. ويعود إرتفاع التكاليف التشغيلية الإجمالية للهكتار من محصول الطماطم إلى طول موسم زراعته والذي يصل

جدول (٣): كفاءة استخدام مياه الري للزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار

رقم المعاملة	الاحتياجات المائية* ٪	كفاءة استخدام مياه الري (كغم/متر مكعب)*		
		خيار صيفي الموسم الأول	خيار صيفي الموسم الثاني	طماطم شتوي
١	١٠٠	b١٤,٥٣	a٢١,١٩	c١٧,٥٢
٢	٨٠	a١٨,١٦	b٢٧,٤٢	b٢١,٤٠
٣	٧٠	a١٩,٦٠	b٢٩,٧٨	a٢٤,٣٧
٤	٦٠	a٢٠,٧٢	a٣٣,٦٢	a٢٥,٦٤
L.S.D. (%5)		٣,٢٣	٢,٥٣	١,٧٩

*الاحتياجات المائية كنسبة مئوية من الاحتياجات الفعلية للمحصول، وفقا لما هو متبع في مشاريع البيوت المحمية المتخصصة.

**المتوسطات التي تحمل نفس الحروف لا تختلف معنويا باستخدام اقل فرق معنوي (%5) L..S.D .

إلى حوالي 198 يوماً تقريباً مقارنة بمحصول الخيار والذي يتراوح موسم زراعته بين 76 83 يوماً تقريباً. في حين يعود ارتفاع التكاليف التشغيلية لوحدة إنتاج الطن من محصول الخيار في

الموسم الصيفي الأول مقارنة بالموسم الصيفي الثاني ومحصول الطماطم الشتوي إلى انخفاض إنتاجية المحصول للهكتار، كما هو موضح في الجدول (2). كما يوضح الجدول (4) أن استخدام كميات مياه تتراوح بين (60 % - 80 %) من الاحتياج المائي الفعلي لمحصولي الطماطم والخيار سيؤدي إلى انخفاض التكاليف التشغيلية بنسبة تتراوح بين 2 % - 4 % لمحصول الخيار الصيفي الأول وبنحو 3 % - 5 % لمحصول الخيار الصيفي الثاني وبنحو 5 % - 9 % لمحصول الطماطم الشتوي.

ب - العائد الاقتصادي الصافي

أوضحت النتائج بشكل عام وجود عائد اقتصادي صافي مجزي للزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار، يتراوح بين (300 (340 ألف ريال / هكتار من الطماطم أي ما يعادل في المتوسط (1.97) ريال/ كغم، وحوالي (67 (81 ألف ريال / هكتار في الموسم الصيفي الأول لمحصول الخيار أي ما يعادل في المتوسط (1.67) ريال / كغم، وحوالي (186 (203 ألف ريال / هكتار في الموسم الصيفي الثاني لمحصول الخيار أي ما يعادل في المتوسط (2) ريال / كغم، وذلك حسب كمية المياه المستخدمة في الري. هذه النتائج تتقارب في المتوسط مع نتائج الدراسات السابقة التي قام بها كل من المقبل (1988م) والذي وجد أن صافي العائد الاقتصادي للطماطم المحمية يبلغ نحو 388 ألف ريال، والحمودي (1992م) والذي وجد أن صافي العائد الاقتصادي يبلغ نحو 282 ألف ريال لمحصول الطماطم المحمية ونحو 221 ألف ريال لمحصول الخيار المحمية. كما يلاحظ أيضا من الجدول (4) أن استخدام كميات مياه تقل بنحو 40 % من الاحتياجات المائية الفعلية لمحصولي الخيار والطماطم سيؤدي في المتوسط إلى انخفاض العائد الاقتصادي بنحو 14% للخيار الصيفي الأول ونحو 4% للخيار الصيفي الثاني ونحو 12% للطماطم الشتوي.

ج - العائد الاقتصادي الصافي لاستخدام مياه الري

لحساب جدوى استخدام مياه الري في الزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار، تم حساب العائد الاقتصادي الصافي لاستخدام كميات مختلفة من مياه الري. وقد أظهرت نتائج الدراسة وجود عائد اقتصادي لمياه الري المستخدمة في الزراعة المحمية لمحصول الطماطم يتراوح بين (34 (50 ريال / متر مكعب من المياه، وحوالي (24 (34 ريال / متر مكعب للموسم الصيفي الأول لمحصول الخيار، وحوالي (42 (67 ريال / متر مكعب من المياه للموسم الصيفي الثاني

لمحصول الخيار وذلك حسب كمية المياه المستخدمة. كما وجد أن هناك علاقة عكسية بين كميات المياه المستخدمة والعائد الاقتصادي منها، فكلما قلت كميات المياه المستخدمة في الزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار كان عائد استخدام مياه الري أعلى. وذلك يعود بشكل رئيس إلى ارتفاع تكاليف المياه التي تمثل ما نسبته (35 %) و(16 %) و(21 %) من إجمالي التكاليف التشغيلية للزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار الصيفي للموسم الأول والثاني على التوالي. كما يلاحظ من الجدول (4) أن استخدام كميات مياه تعادل 60 % - 80 % من الاحتياجات الفعلية للزراعة المحمية قد أدى إلى زيادة عائد استخدام المياه بنسب تتراوح بين 2 % - 21 % للخيار الصيفي الأول ، ونحو 11% - 24 % للخيار الصيفي الثاني، ونحو 4 % - 19 % للطماطم الشتوية.

الاستنتاجات والتوصيات

استمرارا للجهود البحثية الموجهة لخدمة التنمية الزراعية المستدامة وبما يحقق التوجهات العامة للمملكة العربية السعودية التي من شأنها تحقيق التوازن المائي والغذائي، تم إجراء هذا البحث بهدف دراسة تأثير استخدام كميات مختلفة من مياه الري على الزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار في المملكة العربية السعودية من حيث إنتاجية المحصول والعائد الاقتصادي. وقد أظهرت نتائج هذا البحث إمكانية زراعة محصولي الطماطم والخيار المحمية في المملكة العربية السعودية باستخدام كميات مياه مختلفة تقل عن احتياج المياه الفعلي لكلا المحصولين بنسبة تصل إلى نحو 30 % للطماطم (ما يعادل 7000 متر مكعب / هكتار) ونحو 40 % للخيار (ما يعادل 2000 3000 متر مكعب / هكتار) دون وجود تأثير معنوي على إنتاجية المحصولين وكفاءة استخدام المياه. في حين وجد أن زراعة محصول الطماطم باستخدام كمياه مياه تقل عن نحو 40 % من احتياج المياه الفعلي للمحصول (ما يعادل 6000 متر مكعب / هكتار) سيؤدي إلى خفض الإنتاج بنحو 17-21 طن / هكتار. كما أظهرت نتائج البحث وجود عائد اقتصادي مجدي للزراعة المحمية لمحصولي الطماطم والخيار باستخدام كميات مختلفة من مياه الري في الزراعة المحمية على المدى القصير. هذه النتائج تؤكد على إمكانية الاستفادة من الزراعة المحمية في تلبية احتياجات الطلب المحلي المتزايد من المحاصيل الزراعية وبما يتلاءم مع الإمكانات الطبيعية المتاحة وفي مقدمتها مياه الري.

جدول ٤: تحليل العائد الاقتصادي والتكاليف لمحاصيل الخيار والطماطم المحمية

الاحتياجات المائية	خيار صيفي — الموسم الأول						خيار صيفي — الموسم الثاني						طماطم شتوي					
	متوسط التكاليف (ألف ريال /هكتار)	نسبة التغيير	صافي العائد (ألف ريال /هكتار)	نسبة التغيير	صافي عائد المياه ريال/م٣	نسبة التغيير	متوسط التكاليف (ألف ريال /هكتار)	نسبة التغيير	صافي العائد (ألف ريال /هكتار)	نسبة التغيير	صافي عائد المياه ريال/م٣	نسبة التغيير	متوسط التكاليف (ألف ريال /هكتار)	نسبة التغيير	صافي العائد (ألف ريال /هكتار)	نسبة التغيير	صافي عائد المياه ريال/م٣	نسبة التغيير
	٪	٪		٪		٪		٪		٪		٪		٪		٪		٪
١٠٠	٢٩,٦		٧٩,٨		٢٤,٤		٣٢,٢		١٩٣,٤		٤١,٨		٤٣,١		٣٣٩,٥		٣٤,٢	
٨٠	٢٨,٤	٤	٨١,١	(٢)	٣٠,٩	(٢١)	٣٠,٦	٥	٢٠٢,٩	(٥)	٥٤,٨	(٢٤)	٣٩,٦	٩	٣٣٤,٥	٢	٤٢,١	(١٩)
٧٠	٢٧,٨	٢	٧٦,٢	٧	٣٣,٠	(٦)	٢٩,٨	٣	١٩٢,٩	٥	٥٩,٤	(٨)	٣٧,٨	٥	٣٣٤,٨	(٠,١)	٤٨,٢	(١٣)
٦٠	٢٧,٢	٢	٦٦,٧	١٤	٣٣,٨	(٢)	٢٨,٩	٣	١٨٥,٨	٤	٦٦,٩	(١١)	٣٦,١	٥	٣٠٠,٠	١٢	٥٠,٤	(٤)

*النسب التي بين الأقواس تمثل وجود تأثير عكسي

المراجع

بن معمر، عبدالله بن عبدالعزيز (1999م): كلمة العدد. المجلة الزراعية ، وزارة الزراعة والمياه، الرياض، المملكة العربية السعودية، م30(3)، ص1.

الحمودي، خالد عبدالرحمن. " توليفة الإنتاج المثلى للزروع المنتجة بالبيوت المحمية: دراسة حالة الإنتاج لمزارع المؤسسة العربية للتموين والتجارة (استرا) بمنطقة تبوك في المملكة العربية السعودية"، 25-27 فبراير 1992م، إصدارات الندوة العلمية السعودية الأولى للزراعة المحمية، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود بالرياض، ص 43-63.

الدويس، عبدالعزيز محمد وحسن، أحمد حلمي (1995م). " المبررات الاقتصادية للتوسع في زراعة الخضراوات داخل البيوت المحمية بالمملكة العربية السعودية"، مجلة جامعة الملك سعود بالرياض، م7، العلوم الزراعية (2)، ص 185-207.

المقبل، حمد ناصر (1988م). " اقتصاديات إنتاج وتسويق الطماطم في منطقتي الرياض والخرج"، رسالة ماجستير، جامعة الملك سعود بالرياض، ص 148.

وزارة التخطيط (1995م) خطة التنمية السادسة (1995م-2000م). الرياض، المملكة العربية السعودية، ص 479.

وزارة الزراعة والمياه (1990م)، الكتاب الإحصائي الزراعي السنوي للإحصاءات الزراعية للمزارع التقليدية والمتخصصة للإنتاج النباتي والحيواني لعام 1987/1986 م، الرياض، المملكة العربية السعودية، ع (5)، ص252.

وزارة الزراعة والمياه (1998م) ، الكتاب الإحصائي الزراعي السنوي، الرياض، المملكة العربية السعودية، ع (11) ، ص 400.

Doorenbos, J. and Pruitt, W. 1977. Guidelines for predicting crop water requirement: irrigation and drainage,Paper 24, (Revised). FAO, Rome, PP40-43.

Eliades, G. 1988. Irrigation of greenhouse-grown cucumber. J.Hortic. Sci. V 63(2): pp 235-239.

FAO STAT database.2000. Producer Prices. Primary and Domain.

تقويم مصادر مياه الري في منطقة الأحساء – المملكة العربية السعودية

يوسف بن يعقوب الدخيل

تقويم مصادر مياه الري في منطقة الأحساء – المملكة العربية السعودية

يوسف بن يعقوب الدخيل
قسم الأراضي والمياه
جامعة الملك فيصل الهفوف
المملكة العربية السعودية

الملخص

تعاني منطقة الأحساء من نقص متزايد في كميات مياه الري سواء داخل الواحة القديمة أو في المنطقة المستصلحة حديثا في مخطط الغويبة الزراعي. و يلاحظ ذلك من خلال توقف التدفق الطبيعي لمعظم العيون الرئيسة و جفاف بعضها ، و انخفاض منسوب الماء الجوفي في التكوينات الثلاثة الحاملة للماء والتي تستفيد منها المنطقة و هي أم رضمة و الخبر–العلاه والنيوجين.

و قد كان الانخفاض في منسوب مياه أم رضمة و الخبر–العلاه كبيرا مقارنة بالنيوجين، و يعود سبب هذا النقص في الكميات و الانخفاض في مناسيب المياه الجوفية الى سوء استخدام المياه في ري المحاصيل الزراعية بالدرجة الأولى، و إلى التوسع الزراعي الكبير خلال نهاية السبعينات و بداية الثمانينات بالإضافة إلى الظروف المناخية الجافة التي تتسم بها منطقة الأحساء.

و قد تم في هذه الدراسة تحديد عناصر الميزان المائي للمنطقة التي تتألف من موارد جوفية أساسا، و التي يفقد منها ما معدله 10 مليمترات في اليوم على مدار السنة على هيئة بخار ماء، و تفقد كميات مياه إضافية نتيجة انخفاض كفاءة أنظمة الري المتبعة. و قد وجد أن مياه المصارف تشكل حوالي 50% من المياه المخصصة لأغراض الري، في حين تقدر الاحتياجات المائية للمحاصيل المزروعة في المنطقة بحوالي54,5 % من مجموع الكميات المتوفرة من مياه الري. لذلك تبدو الحاجة ماسة لإيجاد معايير للحد من استنزاف المياه الذي قد يؤدي الى تقليص المساحة المزروعة و انتشار التصحر.

مفاتيح الكلمات : مصادر المياه ، مياه الري ، الميزان المائي الزراعي ، الأحساء

المقدمة

يهدف تقويم موارد المياه إلى تحديد تلك الموارد و مصادرها و نوعيتها ، و توزيعها المكـــاني و قابليتها للاستثمار تمهيدا لاستعمالها في الأغراض المختلفة . و تقويم الموارد المائية ليس بالمهمـــة السهلة حيث أن تحقيقه يتطلب جهودا كبيرة و متواصلة ، و إجـــراء مســـوحات و أعمـــال استكشافية متعددة ، باستخدام كافة الوسائل التقنية الحديثة ، مع الأخذ في الاعتبار التكـــاليف المالية الباهظة التي تترتب على ذلك .

وتعتبر عملية تقويم الموارد المائية عملية مستمرة بسبب:

1. ديناميكية معظم مواضيعها التي تحتاج إلى متابعة و مراقبة دائمتين من خلال برامج رصـــد شاملة .
2. تطور المشكلات المائية و نشؤ مشكلات جديدة كنتيجة لاستثمار تلك الموارد ، حيـــث تحتاج إلى معالجات مختلفة و متلائمة مع التطورات المستجدة .

و قد جعلت الظروف الجغرافية و المناخية الجافة واحة الأحساء تعتمد على مصادر المياه الجوفية اعتمادا كليا لتحقيق التنمية الزراعية . و التكوينات المائية فيها ذات القيمة الاقتصادية تشمل : أم رضمه والخبر- العلاه و النيوجين ، و معظم المياه من هذه التكوينات الثلاثة تســـتخدم في ري المحاصيل الزراعية .

و تستخرج مياه أم رضمه والخبر- العلاه ، أساسا من آبار محفورة في منطقة الغويبة في جنوب واحة الأحساء و على جانبي طريق الهفوف – قطر . و يصل عدد الآبار إلى أكثر من 300 بئر، و يعزى الانخفاض الحاد في مستوى الماء في هذين التكوينين في السنوات الماضية إلى الافراط في الضخ منهما .

و تستخرج مياه النيوجين في وسط واحة الأحساء عن طريق ينابيع طبيعية أو آبـــار محفـــورة وذلك لتلبية الاحتياجات الزراعية من المياه ويبلغ عدد الينابيع لمشروع الـــري والصـــرف في المنطقة 32 ينبوعاً ، غير أن هناك عدد من الينابيع الصغيرة والآبار الخاصة التي يصل عددها إلى أكثر من ألفين .

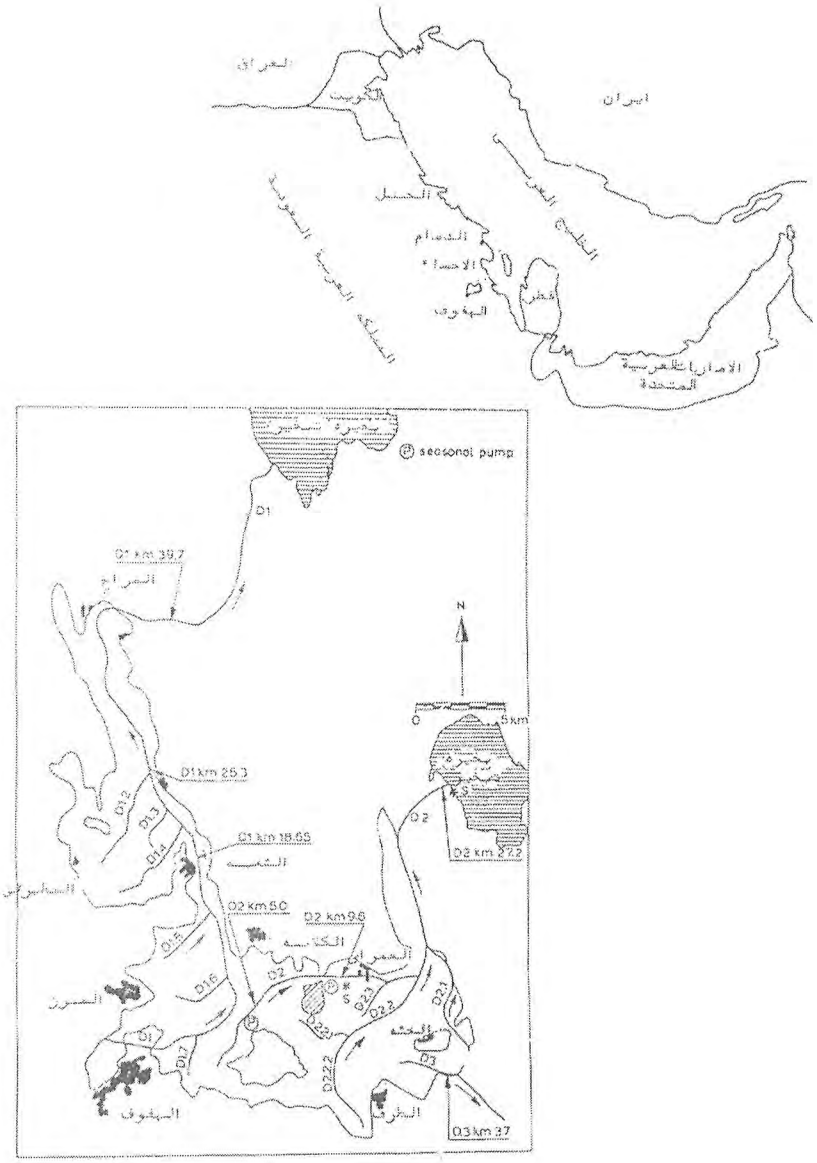
وتهدف هذه الورقة إلى حصر موارد مياه الري في منطقة واحة الأحساء وتقدير مبدئي لعناصر الميزان المائي السابق فيها لمعرفة الإمكانيات الحالية وسبل استخدامها لتلبية الاحتياجات المائية للمحاصيل المزروعة في الواحة .

الموقع :

تقع واحة الأحساء في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية على مسافة 50كيلو متراً من الساحل الغربي للخليج العربي وتمتد من الإحداثيات: 18-25 إلى 42 - 25 شمالاً ومن 21-32-49 الى 42 - 49 شرقاً وتبلغ مساحتها حوالي 600 كيلو متراً مربعاً . وتشمل الدراسة منطقة الغويبة ، حيث بدأ استصلاح هذه المنطقة منذ بداية السبعينات وتضم واحة الأحساء ثلاث مدن هي الهفوف والمبرز والعيون وحوالي 48 قرية ، ويبلغ مجموع عدد السكان حوالي المليون نسمة (Abdurerehman,. 1988 و الطاهر ، 1999) .

المناخ :

تنتمي منطقة الأحساء إلى الجهات المدارية الجافة حيث يسود المناخ القاري الذي يتميز بارتفاع الفرق في درجات الحرارة



الشكل (١) موقع منطقة الأحساء من المملكة العربية السعودية

بين الليل و النهار وارتفاع معدل التبخر وانخفاض الرطوبة النسبية ومعدل هطول الأمطار وسرعة الرياح العالية ، وتستقبل واحة الأحساء واحداً من أكبر الكميات من الطاقة الشمسية في العالم (Assed *et al.*, 1983) . و وفقاً للمعلومات من الطاهر (1989) ، ونشرات وزارة الزراعة والمياه (1987) إن البيئة تنقسم إلى فصلين رئيسيين: صيف حار طويل يستمر حوالي خمسة شهور وهي الفترة من شهر مايو إلى أوائل شهر اكتوبر وشتاء معتدل بارد يستمر لخمسة شهور أخرى ابتداءً من شهر نوفمبر وحتى نهاية شهر مارس وتتوزع المدة الباقية من السنة بين فصلي الربيع والخريف (عيد 1979).

الطبوغرافية :

تحد واحة الأحساء من الشرق سلسلة تلال (جبل البريقة) كما توجد بداخل الواحة مجموعة متفرقة من المرتفعات التي تعتبر أنموذجاً للمناطق المتعرضة لعوامل التعرية ، أعلاها جبل القارة الذي يقع على الحافة الشمالية للجزء الشرقي من الواحة ويصل ارتفاع هذه التلال والمرتفعات إلى 230 متراً فوق سطح البحر .

يبلغ ارتفاع مدينة الهفوف وهي قاعدة المنطقة 145 متراً فوق سطح البحر ويبلغ الاختلاف في الارتفاع لمدينة العيون التي تقع على بعد 25 كيلو متر شمال الهفوف حوالي (-30) متراً . وتقع الينابيع الرئيسية في الجزء الجنوبي الغربي من الواحة وعلى نفس ارتفاع مدينة الهفوف تقريباً .

تمتد منطقة الكثبان الرملية الكبرى بين مدينة العيون والجزء الشمالي الشرقي من الواحة. وتزحف هذه الكثبان على الأجزاء الشرقية من الواحة بسبب الرياح المتعاقبة التي تهب عليها من جهة الشمال ، والتي قد تصل سرعتها إلى 10 كيلومترات في الساعة .ومن أجل التغلب على تهديد زحف الرمال المستمر على الواحة ، أنشأت الحكومة مشروعاً لحجز الرمال خلال الستينات من القرن العشرين ، وقد أثبت المشروع نجاحاً في وقف تدهور الأراضي الزراعية ، ولكن على الحافة الشمالية للواحة أعاقت الرمال المتحركة الصرف في تلك المنطقة مما أدى إلى تكوين السبخات المغمورة في المناطق المنخفضة الارتفاع في الواحة . لذلك تم حفر قناة صرف خلال الكثبان الرملية خارج الواحة لإزالة المياه من السبخات كجزء من مشروع الري والصرف الذي تم في المنطقة .

تتبع اتجاهات المصارف الرئيسية اتحاد الميل الطبيعي خلال الواحة إلى الشرق من الجزء الشرقي من الواحة وإلى الشمال في الجزء الشمالي من الواحة . وقد كانت المصارف تصب في بحيرتي

تبخير تقع إحداها في الشرق والأخرى في الشمـــال ، والتي تصب في الخليج العربي خـــلال الشتاء عبر اتصال طبيعي بينهما .

الوضع الجيولوجي :

تقع واحة الأحساء على ما يسمى بالسهل الأوسط وهو عبارة عن منطقة منبسطة . اتجاهـــها شمالي جنوبي . ويأخذ الشكل المروحي من الشمال حيث يبلغ عرضها عند العيون حـــوالي 8 كيلو مترات ويأخذ شكل الواحة في الاتساع باتجاه الجنوب حتى يصبح عند الهفوف حوالي 25 كيلو متراً ويحد هذا السهل الأوسط من الشرق رمال صحراء الجافورة ومن الغـــرب حدبـــاء الصمان وحافة هضبة الصمان ، وتنتشر هنا وهناك بعض التلال الصغيرة الناتجة من تعرية هضبة الصمان ، لذا فإن ارتفاع واحة الأحساء ليس متجانساً ضمن هذا السهل .

ويبين الجدول رقم (1) التطبق الجيولوجي لمنطقة الأحساء والذي يشمل جميع التكوينات مـــن الحافة العلوية لتكوين العرمة إلى الحافة الطويلة لتكوين الهفوف من مجموعة النيوجين .

جدول رقم (1)التطبق ا لجيولوجي لمنطقة الأحساء

العمر الجيولوجي				التكوين	العضو
الحقبة	العصر	الفترة			
	الرباعي	الرسوبيات السطحية			
حقب الحياة الحديثة	الثلاثي	البليوسين		الهفوف	
		المايوسين	العلوي		
			الأوسط	الدام	
			السفلي	الهدروخ	
		الأيوسين	الأوسط	الدمام	العلاه
					الخبر
					الألفيولينا
					السيلة
					المدرع
			السفلي	الرس	
		الباليوسين	العلوي	أم رضمه	
			السفلي		
حقب الحياة المتوسطة	الطباشيري			العرمة	

المصدر : Al-Mahmoud, 1987

تكوين أم رضمه :

يعود عمر هذا التكوين إلى العصر الباليوسيني من الحقبة الثلاثية وينقسم هـــذا التكويـــن إلى وحدتين سفلية وعلوية وتتكون الوحدة السفلية من الحجر الجيري الذي يحتوي على قواعد من الشيل ذي اللون البني والرمادي . أما الوحدة العلوية فتتكون من الدولومايت البلـــوري ذي اللون البني مع قليل من الحجر الجيري السامي (Al- Mahmoud, 1987) .

ينكشف تكوين أم رضمه على سطح الأرض و على مسافة 1200 كيلومتر من الحدود العراقية

الأردنية للمملكة العربية السعودية في الشمال إلى وادي الدواسر في الجنوب ويتراوح عرضه بين 50 و 120 كيلومتراً مكوناً قوساً على شكل هلال ويبلغ سمك تكوين أم رضمه في المنخفضات الشرقية لمنطقة الأحساء حوالي 700 متر كحد أقصى (عثمان ، 1983) .

تكوين الدمام :

يعود عمر تكوين الدمام إلى عمر الأيوسين الأوسط ويتألف بصورة رئيسة من الدولومايت والحجر الجيري . وبدرجة ثانوية من الطين والمارل . ويغطي هذا التكوين المنطقة الشرقية والربع الخالي من المملكة وأجزاء من قطر والبحرين والكويت ويضم خمسة أعضاء هي بالترتيب التصاعدي : المدرع والسيلة والألفبوليبنا والخبر والعلاه .

ويبلغ أقصى سمك لتكوين الدمام في منكشفه حوالي 3205 متر ويتراوح سمك عضو العلاه بين صفر و82 متراً وعضو الخبر بين 20 و40 متراً وقد يصل إلى 45 متراً في منطقة الأحساء. نظراً لأن عضوي الخبر و العلاه من أهم المصادر للمياه في المنطقة لذلك سيتم ذكرهما بشئ من التفصيل فيتألف عضو العلاه من الحجر الجيري الدولومايني وفي أسفله طبقة من المارل في حين يتألف عضو الخبر من الحجر الجيري مع طبقة رقيقة من المارل والطين قرب القاعدة كما يحتوي الجزء العلوي من الخبر على الدولومايت في أقصى شمال واحة الأحساء . (Al- Mahmoud, 1987)

وقد تعرض هذان العضوان لعوامل تعرية كيميائية في العصر الحجري كما أن هناك اتصال مائي طبيعي وصناعي ناتج من حفر الآبار عليهما دون حجب إحداها عن الآخر . وأيضاً يسبب ضآلة الجزء المارلي من العلاه الذي يفصل كل واحد منهما عن الآخر في مناطق واسعة من شدقم و العثمانية شمال غرب وغرب منطقة الأحساء على التوالي ، مما أدى إلى حدوث تعرية جزئية أو كلية للعلاه كمنطقة حاملة ، الأمر الذي جعل عضوي الخبر و العلاه كطبقة واحدة حاملة للماء (عثمان ، 1983و Al- Mahmoud, 1987).

مجموعة النيوجين :

تتكون مجموعة النيوجين من الرواسب التي يرجع عمرها إلى عصر المايوسين والبليوسين. وتضم هذه المجموعة ثلاثة تكوينات هي بالترتيب من الأقدم إلى الأحدث : الهدروخ والدام والهفوف. ويتراوح سمك المجموعة بين 80 الى 230 متراً ويزداد سمكها باتجاه الشرق . وتتألف معظم

صخور مجموعة النيوجين من الحجر الجيري والحجر الجيري الرملي والمارل مع نسبة ضئيلة من الرمل والطين والحجر الرملي الجيري وتحتوي صخور هذه المجموعة وبالذات صخور تكوين الدام على شقوق وكهوف كثيرة .

و تمتد حدود مجموعة البيوجين من وادي الدواسر ومن تحت رمال الربع الخالي جنوباً حتى حدود المملكة الشمالية . ومن الناحية الجيولوجية فإن رسوبيات المنطقة هي :

الرباعية : وهي عبارة عن حصى وكثبان رملية .

البيوجين : وهي عبارة عن حجر جيري رملي وحجر رملي و مارل وطفل كنغلوميريت .

الأيوسين : وهي عبارة عن حجر جيري بحري وشرتي وطفل .

أما الأفق المميز للطبقة فهو عضو الهفوف من تكوين النيوجين . الذي يعود إلى العصر البليوسني ويتألف من :

1- سلاسل من المارل والأحجار الرملية والأحجار الجيرية الرملية والطفل .

2- حجر رملي كنغلوميريتي .

وتقع قاعدة الهفوف بغير توافق على حجر جيري ذو أصل قاري يعود إلى العصر المايوسيني . ويمكن مشاهدة الحجر الجيري ظاهراً على السطح في أماكن متعددة من المنطقة .

الهيدروجيولوجيا

تعتبر المياه الجوفية هي المصدر الرئيس لتأمين الاحتياجات المائية اللازمة لري المحاصيل الزراعية المختلفة . إن لم تكن المصدر الوحيد . وتأتي هذه المياه من ثلاث تكوينات مائية هي على الترتيب التصاعدي من أسفل إلى أعلى :

- أم رضمه .
- الدمام (الخبر - العلاة) .
- النيوجين .

ويستخرج الماء من هذه التكوينات عن طريق ينابيع طبيعية أو آبار محفورة يدوياً أو آليا .

1- الينابيع :

تذكر المراجع المختلفة أعداداً متباينة لعدد الينابيع الطبيعية في واحة الأحساء . فيتراوح الرقم من 62 في بداية الخمسينات إلى 195 في عام 1977 . كما يبين ذلك الجدول رقم(2) ومن الـ162

ينبوعاً قامت بحصرها شركة واكوتي (Wakuti) في عام 1964 جف منها 37 ينبوعاً بنهاية فترة الحصر (Al- Mahmoud, 1987) .

و يتدنى العدد بعد ذلك حيث حصرت شركة ايتال كونسلت(Italconsult)102 ينبوعاً فقط في عام 1969 . ويعزي نقص هذا العدد الى أن شركة فيليب هولزمان (التي نفذت مشروع الري و الصرف) قد قامت بردم عدد من الينابيع الصغيرة وفي عام 1977 قامت شركة بي آر جي أم (BRGM) بحصر تفصيلي لعدد الينابيع بلغ 195 ينبوعاً . ويعود هذا الرقم الكبير إلى شموله على عدد من الآبار المحفورة يدوياً وذات الأقطار الكبيرة وكذلك الينابيع التي أغلقت بعد عام 1964 (AL- Al-Mahmoud, 1987) .

و قد استخدم مشروع الري والصرف 32 ينبوعاً فقط لتشغيل مشروع الري الحديث الـــذي ابتدأ العمل به عام 1972 . وتأتي مياه هذه الينابيع جميعاً من تكوين النيوجين ، التي تكونـــت قبل حوالي 12000–17500سنة في طبقـــات جيرية مسامية يتراوح سمكها مـــن 100 إلى 180 متراً . وتسير مياه هذه الينابيع في شبكة معقدة وكبيرة من القنوات والشـــقوق الموجـــودة في الحجر الجيري لـــ(الدام) أحد أعضاء النيوجين . وتتصل هذه الينابيع أحداها بالأخرى . وتمتد الشقوق والقنوات إلى عمق يتراوح بين 20 و 30 متراً تحـــت ســـطح الأرض (B R G M, 1977 وعثمان ، 1983) .

وأصبح الفرق في منســـوب الماء 205 مـــتراً بعد ماكان 0.3 من المـــتر قبـــل عـــام 1971 (B.R.G.M, 1977 و HARC, 1979 و عثمان ، 1983 Al-Mahmoud, 1987) . وحيـــث أن الينابيع متصلة ببعضها فإن الزيادة في سحب الماء من أحداها ستؤدي إلى انخفاض منسوب الماء في الينابيع المجاورة بل وفي حوض الينابيع بشكل عام . وهذا ماحدث بالفعل نتيجة لزيادة حفر الآبار على النبيوجين في بداية الثمانينات ولأسباب فنية أخرى انخفض منسوب الماء في حـوض الينابيع مما اضطر إدارة المشروع لتركيب مضخات على كافة الينابيع الرئيسية لمواجهة النقـص في الكميات التي يوفرها المشروع من مياه الري ، و قد جفت جميع هذه الينابيع في الوقـــت الراهن و قامت هيئة الري و الصرف بحفر آبار قريبة من مواقع الينابيع الرئيسية لتغذية قنـوات الري في المنطقة .

2– الآبار :

بلغ عدد الآبار على طبقتي (الخبر– العلاة) وأم رضمه في عام 1985 حوالي 157 و62 بئراً على

التوالي (البوورثان وآخرون ، 1986) وبلغ عددها على النيوجين فقط خلال الفترة من 1984-1986 حوالي 1500 بئر . و تفيد مصادر أخرى (الحمين ، 2000) بان عدد الابار العشوائية قد يصل الى أكثر من 4000 بئر .

جودة المياه :

1- مياه الآبار والينابيع :

تفيد المعلومات المأخوذة من نتائج التحاليل الكيميائية والتي قامت بها شركة أرامكو ووزارة الزراعة والمياه والمنقولة بتصرف من (Al-Mahmoud,1987) أن تركيز العناصر الذائبة الكلية (TDS) في مياه جميع الطبقات الثلاث الحاملة للماء في منطقة الأحساء يزداد في الاتجاه الشمالي الشرقي للمنطقة وهو الاتجاه المصاحب لجريان المياه الجوفية في تلك الطبقات .

ويصاحب الزيادة في تركيز مجموع الأملاح زيادة في تركيز أملاح الكالسيوم والكبريتات وعلى وجه الخصوص في تركيب مياه أم رضمه والخبر -العلاه مع زيادة طفيفة في تركيز أملاح الصوديوم والكلورايد ، أما في مياه النيوجين فيحدث العكس حيث يزداد تركيز أملاح الصوديوم والكلورايد باتجاه شمال منطقة الأحساء على حساب الزيادة في تركيز أملاح الكالسيوم والكبريتات .

وتعتبر مياه الطبقات الثلاث عموماً ملائمة لري المحاصيل الزراعية المختلفة تحت ظروف التربة والنبات في منطقة الأحساء وذلك لأن المحاصيل المزروعة في المنطقة ذات مقاومة عالية للأملاح ، والتربة ذات قوام خفيف مما يقلل من مخاطر تركيز عنصر الصوديوم فيها . ويمكن تصنيف مياه الينابيع على أنها C4-S2 وفق معايير معمل الملوحة الأمريكي ، و حيث يبلغ متوسط مجموع الأملاح الذائبة فيها حوالي 1510 مليغرام في اللتر (البوورثان وآخرون 1986) .

2- مياه الصرف الزراعي :

تقوم هيئة الري والصرف بالأحساء بقياس كمية مياه الصرف الزراعي ورصد نوعيتها على طول خطي المصرفين الرئيسين في واحة الأحساء D2 و D1 ويتم هذا الرصد والقياس من ثلاثة مواقع على المصرف D1 والذي يمتد خلال الجزء الشمالي من الواحة هي عند الكيلو 18 وعند الكيلو 25 وعند الكيلو 39 . ومن موقعين على المصرف الرئيسي الآخر D2 الذي يخترق الجزء الشرقي من الواحة هما عند الكيلو 9 وعند الكيلو 27 في أقصى شرق الواحة (الشكل رقم).

ويبين الجدول رقم ( ) متوسطات الملوحة لمياه المصارف في كل من المواقع المذكورة أعـــلاه على طول أشهر السنة . ويمكن تصنيف مياه الصرف الزراعي هذه على أنها C5-S3 للمصرف D1 وC5-S4 للمصرف D2 وفق معايير معمل الملوحة الأمريكي . وتقوم هيئة الري والصرف بإعادة استعمال جزء من هذه المياه بعد خلطها بمياه الينابيع والآبار لأغراض الري (البوورثـان وآخرون ، 1986) .

الموارد المائية المتاحة للري في منطقة الأحساء :

1- مياه مشروع الري والصرف :

بلغت كمية مياه الري التي يوفرها مشروع الري والصرف من مصادره (الينابيع وآبـارمحفورة) حوالي 203.5 مليون متر مكعب في عام 1985م منها حوالي 14 مليون متر مكعب مسـتخرجة من ينابيع وآبار تابعة للآهالي ومعظمها من طبقة البيوجين (البوورثان وآخرون 1986) .

2- مياه الغويبة :

تستخرج معظم مياه طبقتي أم رضمه و(الخبر -العلاه) في منطقة الغويبة ، المستصلحة حديثاً والـــتي تبلغ مساحتها حوالي 17500 هكتاراً ، ويشير تقرير البوورثان وآخرون (1986) إلى أن عدد الآبـــار المحفورة على طبقة أم رضمه وطبقة (الخبر -العلاه) حوالي 62 و157بئراً على التوالي .

الميزان المائي وعناصره :

تتألف عناصر الميزان المائي عموماً من موارد سطحية أو جوفية وعوامل اســـتخراج بئريـــة أو حيوانية أو نباتية أو طبيعية أو هم جميعاً ، أو بعبارة أخرى مدخلات ومخرجات على التـــوالي وتتكون عناصر الميزان المائي في منطقة الأحساء لأغراض الري الزراعي مما يلي :

1- المدخلات :-

أ - موارد سطحية : أمطار وتمثل 2 % (Asseed *et al* ., 1983) .

ب- موارد جوفية : مياه الينابيع والآبار وتمثل حوالي 98 % بالإضافة إلى نسبة ضئيلة جداً تأتي كمساهمة من الماء الأرضي وتنتقل إلى أعلى قطاع التربة بواسطة الخاصية الشعرية .

2- المخرجات :-

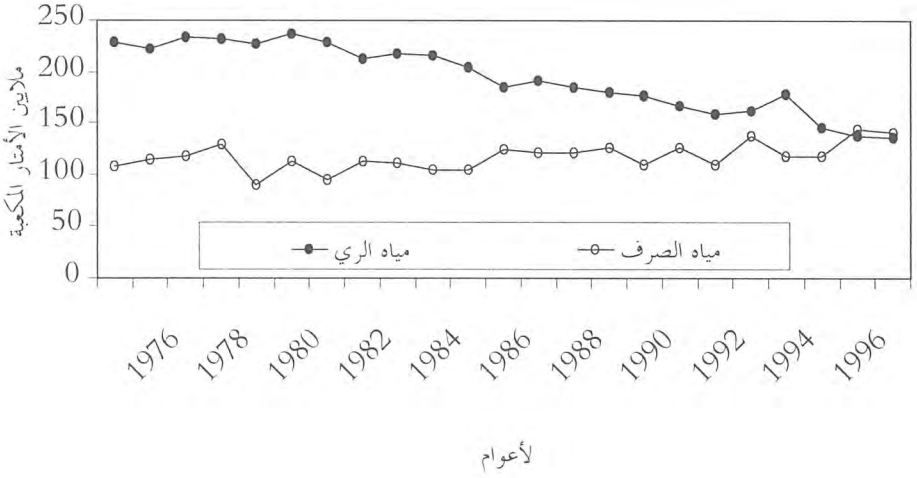
أ - تبخر نتح بواسطة النبات .

ب- تبخر من سطح التربة العارية من النبات ومن السطوح المائيـــة المكشـــوفة كالخزانـــات وقنوات الري والصرف المكشوفة الذي يبلغ معدله السنوي حوالي 10 ملمترات .

ج- فواقد ناتجة من انخفاض كفاءة نظام الري المتبع .

د - الصرف الزراعي الذي يشكل أكثر من 50 % من المياه المتوفرة لمشروع الري والصـــرف في المنطقة.

وتتلخص عناصر الميزان المائي الرئيسة في واحة الأحساء حسابيا وعلى أساس المتوسط لعشـــر سنوات بالنسبة لمياه الري في مشروع الري و الصرف بالأحساء ومياه الصرف من عـلم 1976 إل عام 1997 كما يوضح ذلك الشكل رقم (2)



الشكل (2) العلاقة بين كميات مياه الري المتاحة لهيئة الري و الصرف بالأحساء و كميـــات مياه الصرف المتدفقة من الواحة

جدول رقم (2) عناصر الميزان المائي الرئيسة في واحة الأحساء وبملايين الأمتار المكعبة سنوياً من عام 1976 إل عام 1997

المدخلات	المخرجات	الفرق
مياه المشروع 194 الآبار الخاصة 210	مياه الصرف الزراعي 117 احتياجات المحاصيل 216	الفائض أو العجز
مجموع الكميات 404	333	71

وتبلغ نسبة احتياجات المحاصيل إلى مجموع الكميات المتوفرة في الواحة حوالي 53 % ونسبة المياه المتدفقه من المصارف 29 % ويفيض حوالي 18 % أي ما مقداره 71 مليون متر مكعب سنوياً تذهب كفواقد (الجدول رقم 2) . و تم تقدير إنتاج الآبار الخاصة على أساس متوسط إنتاج البئر على النيوجين وهو 1.67 لتر في الثانية .

النتائج :

وفقاً للدراسات المشار إليها في هذه الورقة فان مياه طبقتي أم رضمه والنيوجين هي الموارد القابلة للاستثمار مستقبلاً وفق ضوابط عملية محددة .

تتجه مياه طبقة (الخبر-العلاه) إلى النضوب باستمرار معدلات الضخ الحالية أو زيادة عليها . وذلك استناداً إلى الدراسات المتاحة للبحث والتي قامت بها الشركات الاستشارية لحساب وزارة الزراعة و المياه في منطقة الأحساء وفي حالة استمرار الضخ من كل ينبوع (عين) على حده واستمرار الانخفاض في منسوب المياه الجوفية للينابيع ولطبقة النيوجين ، فإن ذلك سيؤدي إلى انخفاض التدفق من الينابيع وجفاف بعضها (HARC, 1976) ويمكن تطبيق هذا الاستنتاج على الآبار الكثيرة المحفورة على النيوجين في الواحة .

تعتبر كفاءة نظام الري منخفضة بشكل عام داخل الواحة حيث تصل إلى أقل من 50 % (Abdurrehman , 1988) . وذلك لارتفاع نسبة الفواقد من جراء استخدام طرق الري التقليدية وغير السليمة واعطاء النبات أكثر من حاجته وكذلك نقل الماء عبر قنوات مكشوفة.

التوصيات :

- متابعة إجراء تقويم مستمر للموارد المائية المتاحة للري وملاحظة التغيرات متعددة الجوانب

للكميات ونوعية المياه .

- وجوب العمل على رفع كفاءة نظام الري الحالي و استخدام نظم ري حديثة مثل الـــــري بالتنقيط ، و ذلك بما يحقق توفير الفائض من المياه لزيادة الرقعة الزراعية .
- من الأفضل العمل على تقليل الكميات المتدفقة من المصارف ، ومحاولة رفع منسوب المـــاء الأرض في التربة الزراعية داخل الواحة .

المراجع :-

أ - العربية :

[1-] آغا ، واثق رسول 1987 : الأسس العامة لإدارة المياه في دول الخليج العربية . نـدوة الكويت لادارة المياه في المناطق الجافة - الكويت .

[2-] البوورثان ، علي ، وعادل بوزيد وصلاح سيد أحمد 1986 : اختلاف درجة الملوحة في المياه السطحية والجوفية وأثر ذلك على المحاصيل الزراعية بمنطقة الأحساء. تقريـر مقدم لندوة تأثير توعية المياه على صحة الإنسان والزراعة بدول مجلس التعاون. مـن 11-1986/10/15 . الخبر . المملكة العربية السعودية .

[3-] الحمين ، عبد الله 2000 : اتصالات شخصية . إدارة تنمية موارد الميـاه . وزراة الزراعة والمياه الرياض .

[4-] الخطيب ، عبدالباسط 1980 : سبع سنابل خـضر . وزراة الزراعة والمياه الرياض ص495 .

[5-] الدخيل ، يوسف يعقوب 1988 : ترشيد استخدام مياه الري في واحـة الأحسـاء (بحث غير منشور) . مركز الدراسات المائية - جامعة الملك فيصل - الهفوف .

[6-] الطاهر ، عبدالله أحمد 1989 : تحديد المسـاحة المزروعة بالنخـيل والمياه اللازمة لها في واحة الأحساء . وسـائل جغرافية (128) قسم الجغرافيا بجامعـة الكويـت - الكويت ص40.

[7-] عثمـان ، مصطفى شوري 1983 : المـاء ومسيرة التنميـة في المملكـة العربيـة السعودية . مطبوعات تهامة جدة - جدة ص302 .

[8-] عيد ، صبحي يوسف 1979 : الجغرافيا الزراعية لواحات الأحساء . رسالة دكتوراه. جامعة القاهرة - القاهرة .

ب- الإنجليزية :

[9-] Abdurrehman, W. 1988. Water management plan for the Al-Hassa Irrigation and Drainage Project in Saudi Arabia. Agric. Water Manage., **13**, 185-194.

[10-] Al- Mahmoud, M. J. 1987. Hydrogeology of the Al-Hassa Oasis. M.Sc. Thesis, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran. 134p.

[11-] Asseed, M., Turjoman, A. and Etewy, H. 1983. Water use for agriculture in Al-Hassa Area in the Eastern Province. Symposium on Water Resources in Saudi Arabia, King Saud University, Riyadh. A-354-A-374.

[12-] BRGM. 1977. Al-Hassa Development Project, Ground Water Study and Management Programme, Final Report, Bureau de Recherches Geologues et Minieres, Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia.

[13-] HARC (Hofuf Agricultural Research Center).), 1978 , Water resources of the Al Hassa Oasis. Report No. 22 , Hofuf Agricultural Research Center, Hofuf , Saudi Arabia

تأثير غسيل التربة والأمطار على استخدام المياه المالحة في الري

د. عصام محمد عبدالحميد الحديثي

تأثير غسيل التربة والأمطار على استخدام المياه المالحة في الري

د . عصام محمد عبد الحميد الحديثي
قسم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة الفاتح
الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى / طرابلس

الملخص :
تعد محدودية الموارد المائية العذبة دافعا لدراسة إمكانية استخدام المياه الجوفية متوسطة الملوحة في الزراعة . استهدف هذا البحث توقع إنتاجية المياه الجوفية من خلال بناء برنامج حاسوب وتطبيقه على أحد التكوينات الجوفية المهمة في المنطقة حيث وقع الاختيار على ثلاث آبار متوسطة الملوحة في تكوين الدمام الذي يشكل مصدرا مهما لمعظم دول مجلس التعاون الخليجي وتراوحت ملوحة هذه الآبار بين 3115–6817 جزء في المليون .

يقوم البرنامج بتحليل مخاطر المياه الجوفية حيث يجري حساب الإنتاج النسبي للمحاصيل بسبب تأثير الأيونات السامة مثل الكلور والصوديوم ثم ينتقل إلى تحليل مخاطر الجهد التنافذي معبرا عنها بالتوصيل الكهربائي لماء التربة المشبعة وتم حساب التوصيل الكهربائي باعتماد معادلة الاتزان الملحي (RHOADES , 1979) مع إدخال تأثير كفاءة غسيل التربة وقد تم الاعتماد في هذا البحث على ثلاث معاملات غسيل للتربة هي (0.1 و 0.2 و 0.3) على افتراض وجود صرف طبيعي مقبول .

يتضمن البرنامج حساب تركيز الأيونات المختلفة في المنطقة الجذرية ومعرفة التأثيرات القلوية ومعدل ملوحة التربة عند حالة الاتزان لتوقع تأثيرها على الإنتاج من جراء أسلوب التشغيل طويل المدى . وقد وقع الاختيار على بعض المحاصيل الإستراتيجية مختلفة الحساسية للملوحة وجرى حساب الإنتاج النسبي لتلك المحاصيل بمتطلبات غسيل التربة المختلفة وبأسلوبين : أولهما يتمثل بالإرواء التام بالمياه الجوفية ، أما الأسلوب الثاني فيفترض وجود مياه أمطار تؤمن نسبة من الاحتياجات المائية ، وحيث أن مياه الأمطار الساقطة فوق تكوين الدمام تتراوح من

نحو 700 ملم / سنة جنوبا إلى نحو 50 ملم / سنة شمالاً وشرقاً وتتذبذب في مواسم سقوطها ، فقد صمم البرنامج ليسهل معه التحكم في نسبة مياه الأمطار إلى الاحتياجات السنوية الكلية، حيث تم استخدام ثلاث نسب هي (0.1 و0.3 و 0.5) من أجل دراسة تأثير تلك النسب على الإنتاج . وقد لوحظ وجود علاقة خطية بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة وعلاقة غير خطية بين الإنتاج ومتطلبات غسيل التربة لكافة معاملات البرنامج .

مفاتيح كلمات :

غسيل تربة ، نمذجة ، ري ، أمطار ، ماء جوفي ، مياه مالحة

1- المقدمة :

تعاني المناطق الجافة وشبة الجافة من مشاكل حادة في تأمين الاحتياجات المتزايدة من الغذاء والكساء ومتطلبات الحياة الأخرى مما دفع الباحثين إلى دراسة استخدام المياه المتوسطة الملوحة في الري مثل مياه الصرف والمياه الجوفية , وقد أصبح هذا الأمر مألوفاً في العديد من البلدان المتقدمة مثل الولايات المتحدة ومصر وتونس والجزائر والهند (FAO , 1989). تعد مياه الري مصدرا من مصادر تملح التربة مما استوجب إضافة متطلبات الغسيل (Leaching Fraction) لإزالة الملوحة الداخلة مع مياه الري . وإن هذه المشكلة تزداد حدة في حالة استخدام مياه مالحة في الري لذا انشأ Rhoades (FAO 1992 ,) برنامجه (WATSUIT) الذي يقوم بتوقع ملوحة التربة عند حالة الاتزان بعد الاستخدام طويل المدى لمياه مالحة في الري حيث يغذى البرنامج ببيانات عن التراكيز الملحية لماء الري وعن أنواع المحسنات المضافة للتربة.

من اجل الوصول إلى الاستخدام الأمثل للمياه المالحة في الري أنشأ (الحديثي 1997) برنامج (فرات أجاج) الذي يحقق الاستفادة من اكبر كمية ممكنة من المياه المالحة في الري مع تفادي مخاطر التملح وتحقيق الإنتاج المقبول اقتصاديا من المحاصيل، ومع أن كل من البرنامجين(WATSUIT) و(فرات أجاج) قد تناول معالجات مهمة في هذا الموضوع إلا أن البرنامج الأول يفتقر إلى إمكانية حساب التصاريف ونسبة ما يمكن تأمينه من ماء مالح في الري حيث عالج الموضوع ضمن نقطة معينة بغض النظر عن طبيعة الاستخدام الحقلي , أما البرنامج(فرات-أجاج) فيحسب الموازنة الملحية وفق مفهوم الارتباط النظري (hypothetical

combination) لسنة واحدة من الاستخدام ، لذا استهدف البحث الحالي تطوير برنامج يحقق امتيازات كل من البرنامجين السابقين مع إدخال تأثير مياه الأمطار للاستفادة من المياه الجوفية في أسلوب الري التكميلي عند وجود مياه أمطار فعالة بنسب مقبولة لذا سمي هذا البرنامج (ري غيث) لإمكانية إسهام غيث لسماء بنسب من الاحتياجات المائية ، وطبق البرنامج على تكوين الدمام الذي يشكل أهمية استراتيجية لما يوفره من مياه جوفيه لمعظم دول مجلس التعاون الخليجي

2-المواد وطرق البحث

يقوم البرنامج (ري - غيث) الموضح المخطط الانسيابي له في الشكل (1) بتقويم نوعية المياه من خلال تحديد العناصر السامة التي تزيد تراكيزها في الماء عن الحدود المسموح بها حسب ما حددته نشرة منظمة الأغذيةوالزراعة الدولية (FAO , 1989) و (FAO , 1992) لكل من تراكيز الكلور والصوديوم والبورون وبعض الأيونات الأخرى.كما يحسب البرنامج مخاطر القلوية من خلال معرفة نسبة أيونات الصوديوم المدمصة Sodium Adsorption Ratio (SAR) ثم يحسب الإنتاج للمحاصيل المختلفة من العلاقة الخطية بين الإنتاج وملوحة التربة المشبعة المطورة عن (Maas , 1984) حيث يتم حساب ملوحة مشبع التربة نتيجة الأرواء بماء الري ذي النوعية المعينة ومتطلبات غسيل معلومة للتربة. وقد استخدمت معادلة الموازنة الملحية التالية(Rhoades ,1974) و (الزبيدي , 1989)

$$LF = ECW / (5fECe - ECW) \quad \ldots\ldots (1)$$

حيث أن :-

LF نسبة متطلبات غسيل التربة ,

ECe , ECW : ملوحة ماء الري وملوحة تشبع التربة على الترتيب دسي سيمتر / م

F كفاءة الغسيل وتبلغ (0,6) للتربة المزيجية

وبعد حساب ECe يقوم البرنامج بمقارنتها مع ملوحة التربة جراء الاستخدام طويل المدى للماء المالح في الري والمحسوبة من البرنامج (WATSUIT) المستبعدة فيه ملوحة مياه الأمطار ، وبهذا تعدل صياغة معادلة الموازنة الملحية المعدة من قبل (FAO , 1989) على النحو الآتي :

$$C_B = C_W * (1 - RFR) \quad \ldots\ldots (2)$$

حيث أن :

Cb, Cw : ملوحة الماء المخفف وملوحة ماء البئر (على الترتيب) ، وحدة تركيز .

RFR : نسبة الأمطار الفعالة .

أدخلت بيانات الآبار الثلاثة المبينة في الجدول (2-4) إلى البرنامج (ري - غيث) الذي يقوم أولا بتقويم مخاطر السمية , وفي حالة كون الأيون المعين (مثل الصوديوم) في ماء البئر أكبر من الحد المسموح به فأن البرنامج يشير إلى نوع المشكلة ويحسب نسبة الأمطار الفعالة التي تزيل تلك المشكلة وذلك بالاستفادة من المعادلة (2) .

عبرت الفحوصات عن الملوحة بمجموع الأملاح الذائبة الكلية (TDS) , وتركيز الأيونات السالبة والموجبة , ولم تذكر الايصالية الكهربائية لتلك المياه , لذا استخدم الأسلوبين المطورين وفق المعادلتين أدناه لحساب الايصالية الكهربائية لمياه الآبار (الحديثي 1997) ، (عبد 1995)

ECw = (TDS - 33) / 808 ..... (3)

ECw = ? Cat / 11.8 ..... (4)

Cat ? : مجموع الأيونات الموجبة أو (السالبة).. أيهما اكبر . ملي مكافئ / لتر .

طبقت كلتا المعادلتين على الآبار الثلاثة ويبين الجدول (1) إن الفروقات في ECW المحسوبة بالطريقتين تراوحت بين 1,4 % إلى 4.4 % وبمعدل 2,74 % للآبار الثلاثة لذلك استخدمت في هذا البحث معادلة (3) لتحديد الفرق بين المعادلتين ولسهولة توقع (TDS) ، وبعد معرفة ECw تحسب التوصيلّ الكهربائي لمشبع التربة من المعادلة (1) حيث يقوم البرنامج بتحديد متطلبات غسيل التربة وفقاً لثلاثة خيارات هي 0.1 , 0.2 , 0.3 . ثم ينتقل البرنامج إلى مرحلة توقع الإنتاج للمحاصيل المختلفة وفقاً للمعادلة (5) الخطية :

YR = 100 - B (ECe - A) ..... (5)

حيث أن :

YR : الإنتاج النسبي لمحصول المعين . (نسبة مئوية) .

A : بداية التأثر بالملوحة ، وهي درجة الملوحة التي يبدأ عندها انخفاض الإنتاج للمحصول المعين .

B : انحدار علاقة الإنتاج بالملوحة وتمثل نسبة الانخفاض في الإنتاج جراء زيادة الملوحة وحدة واحدة (دسي سيمنز/ متر) .

جدول رقم (1)

التوصيل الكهربائي لمياه الآبار الثلاثة , (ديسي / سيمنز م)

رقم البئر	معادلة الحديثي , (1997)		معادلة عبد ,(1995)			ECW
	TDS	ECw1	مجموع الكاتيونات	مجموع الانيونات	ECw2	
1	3115	3.81	45.68	44.84	3.87	1.6%
2	4420	5.43	67.05	66.08	5.67	4.4%
3	6817	8.39	100.47	99.32	8.51	1.4%
معدل الفروقات (%)						2.47%

ECW =الفرق بين ECw1 و ECw2 كنسبة مئوية

من أجل التوسع في استخدام المياه الجوفية في الري عالج البرنامج (ري – غيث) الاستفادة من مياه الأمطار وافترض في هذا البحث ثلاث نسب من نسبة مياه الأمطار إلى الاحتياجات الكلية لماء الري هي (0.1 و0.3 و 0.5).و بعد حساب الإنتاج الموسمي يقوم البرنامج بتوقع ملوحة التربة عند حالة الاتزان ويقارنها بالملوحة للسنة الأولى لملاحظة مدى إمكانية الاستفادة طويلة المدى من المياه الجوفية.

النتائج والمناقشة :

وقع الاختيار على عشرة محاصيل مختلفة التحمل للملوحة لتقويم إمكانية استثمار مياه الآبار الثلاثة ومن ثم اتخاذ درجة ملوحتها معيارا لهذا الغرض. يبين الجدول (2) نتائج البرنامج لإرواء تلك المحاصيل من البئر الأول لمعاملات الغسيل الثلاثة (0.1 و0.2 و 0.3) ولثلاث نسب من نسبة مياه الأمطار إلى الاحتياجات الكلية لمياه الري بالإضافة إلى حالة الارواء التام بمياه البئر عند عدم وجود الأمطار ، بينما يوضح الجدولين(3)و(4) نتائج البرنامج للبئرين الثاني والثالث.

ولكثرة مخرجات البرنامج (ري -غيث) يقدم هذا البحث عرضا مختصرا للنتائج ولأربعة محاور وعلى النحو الآتي :

1- مخاطر السمية والقلوية :

يلاحظ من الجدولين (2 ، 3) أن كلا من البئرين الأول والثاني لا تعاني من مشكلة السمية أما البئر الثالث فيلاحظ وجود مشكلة متوسطة للتسمم بالصوديوم تزول في حالة وجود أمطار فعالة تبلغ 50 % من احتياجات ماء الري الكلية ، كما توجد مشكلة حادة للتسمم بأيون الكلور لا تزول إلا إذا كانت نسبة الأمطار الفعالة 70 % من الاحتياجات الكلية لماء الري . أما القلوية فيلاحظ أن قيم S A R تراوحت بين 4.7 و 8.5 للآبار الثلاثة وهي ضمن الحدود المسموح بها .

2 – الإنتاج النسبي للمحاصيل :

يبين الجدول (2) إن استخدام مياه البئر الأول يحقق إنتاجا مقبولا (يزيد عن 50 %) لسائر المحاصيل المتحملة للملوحة وهي الشعير والقطن والبنجر السكري والفول والتمور دون الحاجة إلى زيادة متطلبات غسيل التربة عن الحد الأدنى البالغ (0.1) وبدون وجود أمطار فعالة , أما محصول الحنطة فيعطي 43 % من أكبر إنتاجه الأعظم عند إروائه بماء البئر الأول بمتطلبات غسيل (0.1) وبدون وجود أمطار ويرتفع الإنتاج في حالة وجود أمطار فعال بنسبة 10 % ليبلغ 53 % أما عند زيادة متطلبات الغسيل إلى (0.2)فتحصل زيادة كبيرة في الإنتاج حيث يبلغ 88% . يلاحظ أن المحاصيل الحساسة للملوحة مثل السمسم والجت لا تحقق إنتاجا مقبولا من مياه البئر الأول إلا إذا كانت نسبة الأمطار الفعالة 50 % أو زيادة متطلبات غسيل التربة إلى (0.2)مع وجود 10 % من الأمطار الفعالة أما البئر الثاني ،(جدول 3) فينخفض فيه الإنتاج لجميع المحاصيل عند نفس المعاملات ولكنه يبقى إنتاجا مقبولا عند معظم معاملات البرنامج المستخدمة بينما يبين الجدول (4) إن كل من السمسم والطماطم والذرة لا ينصح اروائهما بمياه البئر الثالث التي تبلغ ملوحتها 8.39 دسي سيمتر/ م أما البرسيم فلا يؤتى إنتاجا مقبولا إلا عند متطلبات غسيل التربة وأمطار فعالة عالية نسبيا .

3- تأثير متطلبات الغسيل والأمطار الفعالة على الإنتاج :

تبين الجداول (2 و 3 و 4) إن هناك زيادة خطية للإنتاج عند زيادة الأمطار الفعالة لكافة المحاصيل ولمتطلبات الغسيل الثلاثة ويوضح الشكل (4) تلك العلاقة لمحصول الشعير عند اروائة من مياه الآبار الثلاثة ، أما تأثير متطلبات الغسيل على الإنتاج فيلاحظ انه اكبر بكثير من تأثير الزيادة في الأمطار وكمثال على ذلك يلاحظ أن محصول القمح عند إروائه بماء البئر الثاني ، (جدول 3) فان إنتاجه يزداد 1%عند متطلبات غسيل (0.1) إلى 66%عند متطلبات غسيل (0.2)أي بزيادة قدرها 65% ، بينما لا يحقق سوى زيادة قدرها 14% من الإنتاج عند ارتفاع الأمطار الفعالة من صفر إلى (0.1) ، ويبين الشكل (5) العلاقة اللاخطية بين متطلبات غسيل التربة والإنتاج لمحصول البقول للآبار الثلاثة أيضا .

4- أسلوب التشغيل طويل المدى :

من اجل الاستفادة من المياه الجوفية وضمان استثمارها دون الأضرار بالتربة في حالة الارواء لعدة سنوات بهذه المياه متوسطة الملوحة، يقوم البرنامج (ري غيث) بمقارنة ملوحة التربة المحسوبة من الموازنة الملحية (معادلة 1) والملوحة عند حالة الاتزان بعد الارواء طويل المدى بالاستفادة من البرنامج (WATSUIT) .

و يبين الجدول (5) أن الملوحة عند حالة الاتزان اقل بكثير مما هي عليه من معادلة الموازنة المعتمدة ، أي أن الإنتاج بعيد المدى يتوقع أن يكون افضل من النتائج المتحصل عليها في هذا البحث ويعود السبب في ذلك إلى أن البرنامج (WATSUIT) قد أهمل كفاءة الغسيل (F) المبينة في معادلة (1) ، أما البرنامج (ري غيث) فقد ادخل تأثير تلك الكفاءة كما اعتمد حالة متطلبات الغسيل الصغرى التي تتنبأ بأسوأ الاحتمالات من الإنتاج .

وحيث أن الفروقات بين الملوحة المحسوبة بين الأسلوبين كبيرة جدا تصل إلى اكثر من 50% في بعض الأحيان ، فقد تم أجراء المقارنة بينهما عند إلغاء كفاءة غسيل التربة، حيث يلاحظ أن الفروقات انخفضت بشكل كبير وتراوحت بين 2% و 24% ، إلا أن الملوحة عند حالة الاتزان كانت اكبر مما هي عليه في السنة الأولى عندما تزداد متطلبات الغسيل عن 0.1 كما هو مبين في الجدول(6).وحيث أن اعتماد مثل هذه النتائج يحقق إنتاجا اكبر إلا أنه قد يؤدي إلى التوسع في استخدام المياه المالحة مما قد يتسبب في حدوث أضرار للترب في حالة غياب شبكات الصرف ذات الكفاءة العالية لذا يقترح هذا البحث اعتماد نتائج البرنامج (ري-غيث) والمبينة في الجداول (2-4).

جدول رقم (2)

نتائج البرنامج عند تشغيله باستخدام مياه البئر الأول

RAY-GHYTH PROGRAM

TDS =3115 ppm ECw = 3.81 ds/m SAR =7.3

PROB.	CONCENT.	DEGREE.	RAIN-FALL %
Na	23.93	NO TOXIC PROB.	RF=0
Cl	17.9	NO TOXIC PROB.	RF=0
NO_3	0	NO TOXIC PROB.	RF=0
HCO_3	3	NO TOXIC PROB.	RF=0
PH	8.5	NO TOXIC PROB.	RF=0

YIELD OUTPUT (%)

CROP	LF	RFR=0	RFR=0.1	RFR=0.3	RFR=0.5
WHEAT					
	0.10	43	53	73	93
	0.20	88	94	100	100
	0.30	100	100	100	100
BARLY					
	0.10	70	77	91	100
	0.20	100	100	100	100
	0.30	100	100	100	100
ALFALFA					
	0.10	13	23	43	64
	0.20	59	64	76	87
	0.30	74	78	86	94
MAIZ					
	0.10	0	0	3	36
	0.20	29	38	56	75
	0.30	54	61	74	87
COTTON					
	0.10	67	75	89	100
	0.20	100	100	100	100
	0.30	100	100	100	100
SUGAR-BEET					
	0.10	59	67	84	100
	0.20	96	100	100	100
	0.30	100	100	100	100
TOMATO					
	0.10	0	0	20	45
	0.20	39	46	60	74
	0.30	59	63	73	83
DATE PALM					
	0.10	64	69	79	89
	0.20	87	90	95	100
	0.30	95	97	100	100
BEAN					
	0.10	75	78	83	89
	0.20	87	89	92	95
	0.30	91	92	95	97
SESAM					
	0.10	0	0	12	48
	0.20	40	50	70	89
	0.30	67	75	89	100

جدول رقم (3)

نتائج البرنامج عند تشغيله باستخدام مياه البئر الثاني

RAY-GHYTH PROGRAM

TDS =4420 ppm ECw = 5.43 ds/m SAR =6.8

PROB.	CONCENT.	DEGREE.	RAIN-FALL %
Na	22.31	NO TOXIC PROB.	RF=0
Cl	19.03	NO TOXIC PROB.	RF=0
NO_3	0	NO TOXIC PROB.	RF=0
HCO_3	2.96	NO TOXIC PROB.	RF=0
PH	7.7	NO TOXIC PROB.	RF=0

YIELD OUTPUT (%)

CROP	LF	RFR=0	RFR=0.1	RFR=0.3	RFR=0.5
WHEAT					
	0.10	1	15	44	72
	0.20	66	73	89	100
	0.30	87	92	100	100
BARLY					
	0.10	40	50	70	90
	0.20	86	91	100	100
	0.30	100	100	100	100
ALFALFA					
	0.10	0	0	13	42
	0.20	35	43	59	75
	0.30	57	63	75	86
MAIZ					
	0.10	0	0	0	1
	0.20	0	3	29	55
	0.30	26	36	55	73
COTTON					
	0.10	37	47	68	88
	0.20	84	89	100	100
	0.30	99	100	100	100
SUGAR-BEET					
	0.10	24	36	59	83
	0.20	77	84	96	100
	0.30	95	100	100	100
TOMATO					
	0.10	0	0	0	19
	0.20	10	20	40	59
	0.30	38	45	59	73
DATE PALM					
	0.10	43	50	64	79
	0.20	75	79	87	95
	0.30	86	89	95	100
BEAN					
	0.10	64	68	75	83
	0.20	81	83	87	92
	0.30	87	88	91	94
SESAM					
	0.10	0	0	0	10
	0.20	0	12	40	68
	0.30	37	47	68	88

جدول رقم (4)

نتائج البرنامج عند تشغيله باستخدام مياه البئر الثالث

RAY-GHYTH PROGRAM

TDS = 6817 ppm ECw = 8.39 ds/m SAR =8.52

PROB.	CONCENT.	DEGREE.	RAIN-FALL %
Na	43.71	MODER. TOX .PROB.	0.5
Cl	56.4	SEVER. TOX. PROB.	0.7
NO_3	0	NO TOX. PROB.	0
HCO_3	1.83	NO TOX. PROB.	0
PH	7.8	NO TOX. PROB.	0

YIELD OUTPUT (%)

CROP	LF	RFR=0	RFR=0.1	RFR=0.3	RFR=0.5
WHEAT					
	0.10	0	0	0	33
	0.20	23	35	59	83
	0.30	56	65	82	100
BARLY					
	0.10	0	1	32	63
	0.20	56	64	81	98
	0.30	79	85	98	100
ALFALFA					
	0.10	0	0	0	2
	0.20	0	4	29	53
	0.30	26	35	53	70
MAIZ					
	0.10	0	0	0	0
	0.20	0	0	0	20
	0.30	0	0	19	48
COTTON					
	0.10	0	0	28	60
	0.20	53	61	79	96
	0.30	77	83	96	100
SUGAR-BEET					
	0.10	0	0	14	50
	0.20	42	52	72	92
	0.30	70	77	91	100
TOMATO					
	0.10	0	0	0	0
	0.20	0	0	2	33
	0.30	0	10	32	54
DATE PALM					
	0.10	4	15	37	59
	0.20	54	60	72	84
	0.30	71	75	84	93
BEAN					
	0.10	43	49	61	73
	0.20	70	73	80	86
	0.30	79	81	86	90
SESAM					
	0.10	0	0	0	0
	0.20	0	0	0	30
	0.30	0	0	29	60

جدول (5) مقارنة ملوحة مشبع التربة المحسوبة من المعادلة (2)(ECe1) وملوحة مشبع التربةعند حالة الاتزان (ECe2) عند الإرواء بمياه البئر الأول .

نسبة الأمطار الفعالة									متطلبات غسيل التربة LF
RFR = 0.5			RFR = 0.3			RFR = 0.1			
EC e	ECe 2	ECe1	ECe	ECe2	Ece1	ECe	ECe2	ECe1	
50	3.5	7.0	52	4.7	9.8	55	6.3	14	0.1
31	2.6	3.8	34	3.5	5.3	38	4.7	7.6	0.2
21	2.2	2.8	26	2.9	3.9	29	3.9	5.5	0.3

Ece = الفرق بين Ece1 و Ece2 كنسبة مئوية

جدول (6) مقارنة ملوحة مشبع التربة المحسوبة من المعادلة (2)(Ece1) بعد إلغاء كفاءة الغسيل وملوحة مشبع التربة عند حالة الاتزان (Ece2) عند الارواء بمياه البئر الأول

نسبة الأمطار الفعالة									متطلبات غسيل التربة LF
RFR = 0.5			RFR = 0.3			RFR = 0.1			
EC	Ece2	Ece1	ECe	Ece2	Ece1	ECe	ECe2	Ece1	
16	3.5	4.2	19	4.7	5.8	24	6.3	8.3	0.1
−13	2.6	2.3	−9	3.5	3.2	2−*	4.7	4.6	0.2
−23	2.2	1.7	−20	2.9	2.3	15−	3.9	3.3	0.3

القيمة السالبة لـــ (Ece) تعني أن الملوحة عند حالة الاتزان اكبر من القيمة المحسوبة من المعادلة (2).

4- الاستنتاجات والتوصيات :

1- ان نحو 75 بئراً من الآبار المائة التي تتوفر عنها البيانات لا تســـبب أي مشـــاكل سميـــة للمحاصيل ، إلا أن الفحوصات المتوفرة أفتقرت إلى حساب تركيز أيون البورون ، لـــذا ينبغي التحقق منه عند الاستخدام وإدخال تراكيزه إلى البرنامج (ري غيث) .

2- يحقق البئر الأول إنتاجا مقبولا للمحاصيل المختلفة كما يحقق البئر الثاني الذي يمثل 72% من الآبار إنتاجا مقبولا أيضا ولكن بمتطلبات غسيل اكبر ونسب أمطار فعالة اكبر من البئر الأول، أما البئر الثالث والذي يمثل 24% من الآبار زيادة على البئر الثاني وتبلغ ملوحته 8.39 دسي سيمتر/م فلا ينصح في استخدامه إلا لإوراء المحاصيل المتحملة للملوحة وعند وجود أمطار فعالة مؤثرة بنسبة لا تقل عن 30% من الاحتياجات المائية الكلية.

3- لوحظ أن الإنتاج يزداد خطيا عند زيادة الأمطار الفاعلة بينما يزداد الإنتاج بشكل اكبر عند ثبات الأمطار وزيادة متطلبات الغسيل حيث تؤثر تأثيرا لاخطيا على الإنتاج لذا يوصي هذا البحث بالاهتمام بشبكات الصرف وصيانتها عند استخدام المياه الجوفية متوسطة الملوحة في الري.

4- تبين نتائج حساب ملوحة مشبع التربة الموسمية وملوحة مشبع التربة نتيجة الإرواء طويل لمدى إمكانية استخدام البرنامج (ري- غث) في استثمار المياه الجوفية في الري دون الإضرار بالتربة.

المراجع :

(1) الحديثي ع.م.1997، نمذجة استخدام المياه المالحة في الري، أطروحة دكتوراه،هندسة الري والصرف، ، كلية الهندسة، جامعة بغداد ،العراق ص ص166.

(2) الزبيدي، أ.ح 1989 . ملوحة التربة الأسس النظرية والتطبيقية ، جامعة بغداد. العراق

(3) صقر ، أ ، 1988 ، المدخل إلى جيولوجيا المياه الأرضية في دول مجلس التعاون الخليجي، مؤسسة العين ، الإمارات العربية المتحدة ، ص ص 445 .

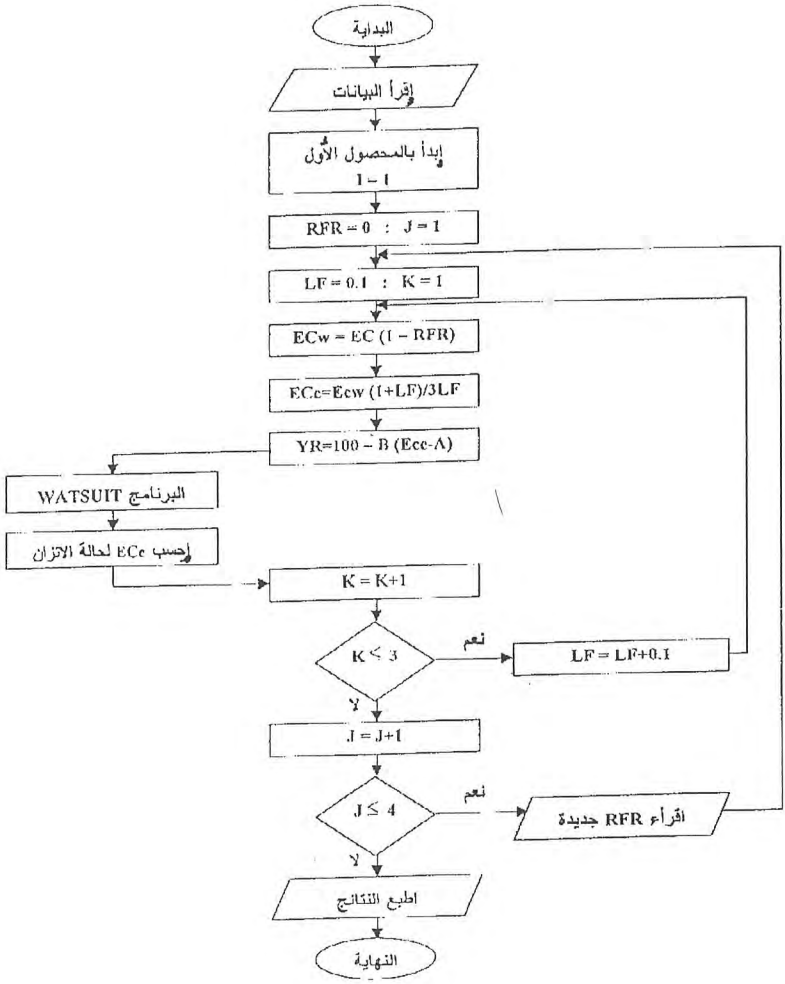
(4) عبد ، م.ع، 1995 ، دراسة نوعية مياه نهر صدام وإمكانية استخدامها في الزراعة ، رسالة دكتوراه في علوم التربة، كلية الزراعة ، جامعة الموصل، الموصل العراق ، ص ص 139 .

(5) FAO 1989,Water quality for agriculture, In: Irrigation and Drainage paper 29, Rev.1. FAO. Rome. Italy, P 174.

(6) Rhoades, J D:, 1992 , The Use of saline water for crop Production, : Rhoades, J.D., A Kandiah and A.M. Mishali., In : Irrigation and Drainage, paper,48, Rome, Italy, .

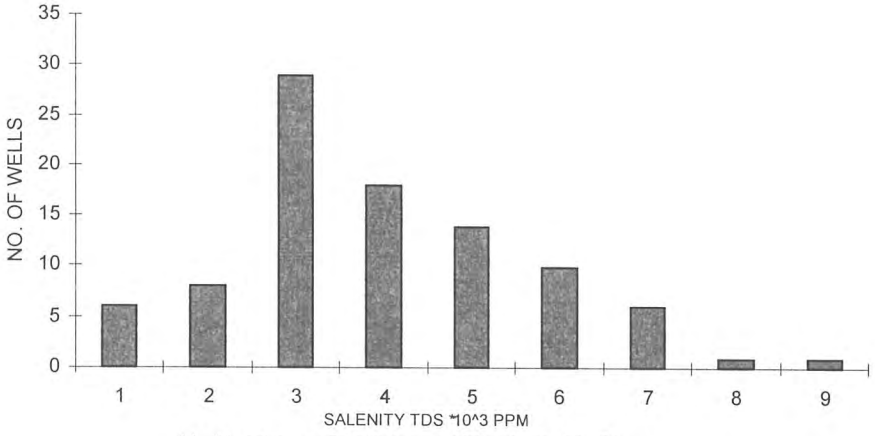
(7) Maas, E.V, 1984, Salt tolerance of plants. In : The Handbook of Plant Science in Agriculture, B.R, christie (ed) , CRC Press , Boca Raton , Florida, pp

(8) Rhoades, J.D, 1974, Draining for salinity control, In : draining for Agriculture Agronomy, 17, pp 433-461.

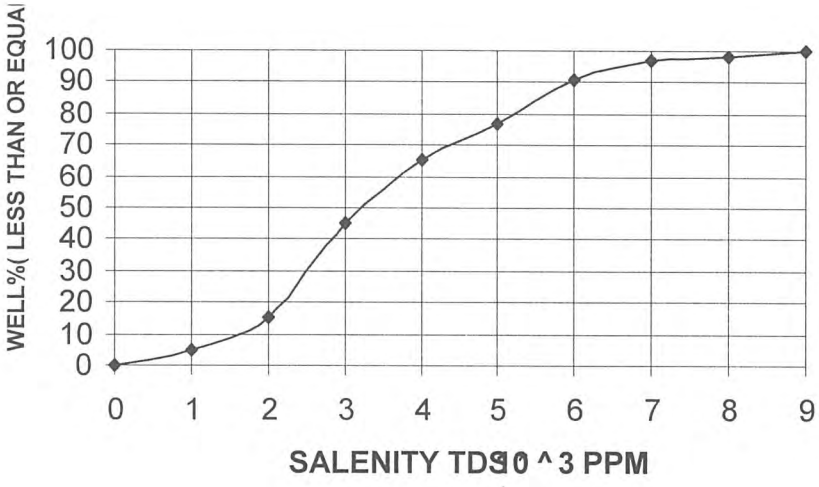


شكل (١)

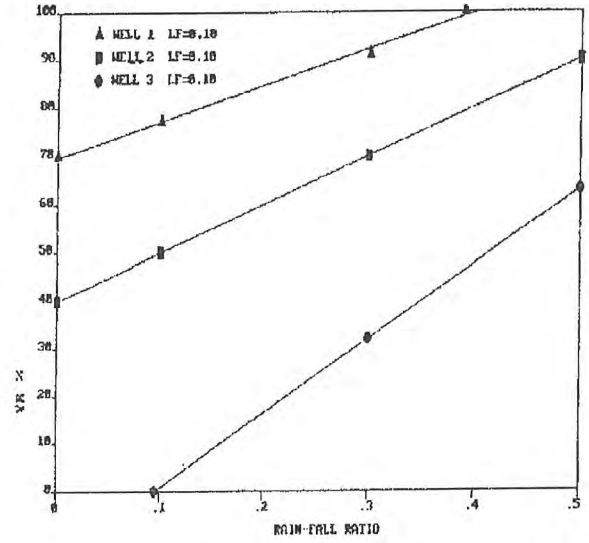
المخطط الانسيابى للبرنامج (ري – غيث) المقترح



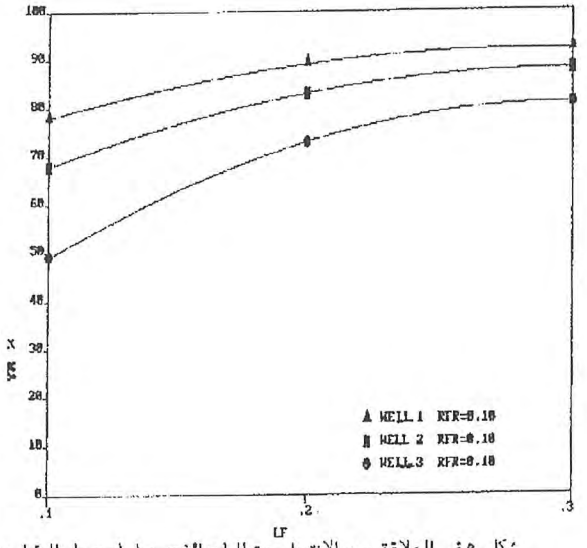
شكل (2) مجاميع الآبار في موقع الدراسة حسب تراكيزها المحلية .



شكل 3 تراكيز مياه الآبار الثلاثة المختارة والنسب المئوية التي تمثلها من



شكل ٤ : العلاقة بين الإنتاج و الأمطار الفعالة لمحصول الشعير .



شكل ٥ : العلاقة بين الإنتاج ومتطلبات التفصيل لمحصول البقول .

جهاز التحكم الذاتي لنظام الري بالرش

د. عصام محمد عبدالحميد الحديثي

جهاز التحكم الذاتي لنظام الري بالرش

الدكتور عصام محمد عبدا لحميد الحديثي
قسم التربة والمياه / كلية الزراعة / جامعة الفاتح
الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى / طرابلس

الملخص :

اصبح واضحا أن الدول العربية سوف تعاني من عجز كبير في مواردها المائية وذلك خلال الربع الأول من هذا القرن، مما ينذر بمخاطر في تحقيق الأمن الغذائي العربي إضافة إلى مخاطر بيئية متنوعة، ولذلك ينبغي الاستعداد لمجابهة هذه المخاطر من الآن لتلافي آثارها الضارة و إمكانية الحد منها.

تقدر نسب الموارد المائية المتجددة والمستثمرة في الزراعة بنحو 80% من مجموع الموارد الكلية، (جامعة الدول العربية 1997) وتبلغ المساحة المروية في الوطن العربي نحو 11 مليون هكتار تروى معظمها بطرق بدائية و تفتقر إلى نظم الري الحديثة وإلى الإدارة الحقلية التي تضمن تحقيق كفاءة ري مقبولة مما يترتب على ذلك هدر كميات كبيرة من المياه على الرغم من شحتها ،وعلى سبيل المثال فلو أمكن توفير ماء ري بعمق واحد سنتيمتر في الموسم الزراعي بكامله على عموم المساحة المروية في الوطن العربي فان حجم الماء الذي يستفاد منه يبلغ 2.2 مليار متر مكعب سنويا وهذا الحجم يزيد عن مجموع الموارد المائية المتجددة لسبعة أقطار عربية هي : جيبوتي وليبيا و فلسطين و الأردن و الكويت و قطر و الإمارات العربية .

ويعد تأثير الرياح على نظام الري بالرش من أهم محددات هذا النظام حيث ، يسبب انخفاض كفاءة نظم الرش نتيجة زيادة الفواقد والتي أهمها فواقد التخلل العميق (Deep percolation losses) ، وتقترح هذه الدراسة تزويد نظم الري بالرش الحالية بجهاز يتحسس سرعة الرياح ويقوم بإيقاف النظام ذاتيا عندما تصل سرعة الرياح إلى الحد غير المسموح به من اجل تقليل الهدر في المياه ومن ثم زيادة إنتاجية وحدة حجم الماء المستخدم في الري.

مفاتيح الكلمات : تحكم ، نظم الري ، الري بالرش ، رياح

المقدمة :

يعد نظام الري بالرش من الأنظمة الحديثة التي تحقيق كفاءة ري عالية ، ألا ان سرعة الرياح الكبيرة تشكل واحدة من أهم محددات هذا النظام، حيث يترتب عليها عدم انتظام توزيع قطرات مياه الرش حول جهاز الري بالرش. لذا جرت العادة على استخدام نظم الري بالرش في المناطق التي لا تزيد فيها معدلات سرعة الرياح عن 3 م/ثانية في معظم أيام السنة ، ولا يسمح بتشغيل النظام عندما تزيد سرعة الرياح عن هذه القيمة الحرجة في هذه المناطق (حاجم وحقي 1990) .

ونظراً لصعوبة قياس سرعة الرياح موقعيا خاصة في المزارع الشخصية التي تستخدم نظم الرش المنقولة يدويا (Hand move system) كما يحدث تذبذب في سرعة الرياح في الحقول التي تروى بنظم الرش المتحركة والتي تسجل فيها سرعة الرياح لذا يقترح في هذا البحث تزويد نظم الري الرش الحالية بجهاز متحسس لسرعة الرياح يقوم بفصل النظام وإيقافه تلقائيا عندما تزداد سرعة الرياح عن القيمة الحرجة لها ولا يعود النظام إلى العمل إلا بعد فتره زمنية مناسبة من انخفاض سرعة الرياح عن تلك القيمة.

الجهاز المقترح :

يقترح نظراً لعدم انتظام توزيع مياه الرش حول جهاز الري بالرش بسبب تأثير الرياح يقترح استخدام جهاز قياس سرعة الرياح المستخدم في محطات الأرصاد الجوية وخاصة محطات أرصاد البحيرات وخزانات السدود (شكل 2) بعد أجراء التحويرات المناسبة عليه ويتكون الجهاز من صفيحة معدنية مستطيلة الشكل يثبت أحد ضلعيها اللذين يمثلان عرض المستطيل على محور دوار (ball bearing)، حيث تتدلى الصفيحة لتكون حرة الحركة حول المحور الدوار . وعندما تتعرض هذا الصفيحة للرياح فأنها ستميل بزاوية تتناسب مع سرعة الرياح . وتقاس الزاوية موقعيا من خلال تثبيت علامات واضحة على قوس معدني مصنوع من قضيب معدني وبقطر 0.5 بوصة .

من عيوب هذا الجهاز انه ثابت الاتجاه ويوضع بشكل متعامد مع الرياح السائدة في المنطقة ، وعلى هذا الأساس تكون العلاقة بين وزن الصفيحة المعدنية وزاوية انحرافها بتأثير الرياح

محسوبة على افتراض ان الرياح عمودية تماما على الصفيحة ، مما يجعل قراءة سرعة الرياح المائلة ولو قليلا عن محور التعامد مع الصفيحة غير دقيقة . ولتفادي هذه المشكلة نقترح جعل الصفيحة حرة الحركة الدائرية بحيث تكون دائما متعامدة مع اتجاه الرياح وذلك بفصل قمة الجهاز المبينة في الشكل (2) عن البرج الحامل لها بمحور دوار مناسب (ball bearing) ، وتزويد القمة بقناة توجيه (Flume) كالمبينة في الشكل (3) ، تصنع من معدن خفيف الوزن مثل الألومنيوم و تثبت في أعلى القمة بوضع يكون فيه محورها الطولي متعامدا مع الصفيحة المعدنية المتحسسة للرياح .

تمرر الدائرة الكهربائية لتشغيل نظام الري الرش من خلال قمة الجهاز ، بحيث تقوم الصفيحة المعدنية المتحركة بفصل النظام عندما تكون زاوية ميل الصفيحة بقيمة معينة تمثل السرعة الحرجة للرياح ، كما تزود بجهاز تحكم توقيتي (Timer) لا يسمح بعودة النظام إلى العمل إلا بعد مرور فترة مناسبة من استقرار سرعة الرياح دون القيمة الحرجة لها ، وذلك لكي لا يتعرض النظام إلى صدمه كهربائية جراء التوقف والتشغيل المفاجئ في حالة حصول تذبذب في سرعة الرياح . يزود الجهاز بنابض ومخمد وذلك لتقليل الاهتزازات للصفيحة المعدنية والتي تنجم عند التغيرات البسيطة في سرعة الرياح شكل (3) .

طريقة العمل :

يتم تعيير الجهاز مختبريا وتثبيت سرعة الرياح الحرجة على القوس المعدني بعلامة واضحة ، وتربط الدائرة الكهربائية بحيث تمثل الصفيحة المعدنية في نهايتها الطليقة مفتاحا للدائرة الكهربائية يفصل النظام عند خروجه عن النقطة التي تمثل السرعة الحرجة للرياح . يبدأ عمل الجهاز الميقاتي (Timer) منذ لحظة رجوع الصفيحة المعدنية إلى ما دون النقطة الحرجة ولا يسمح بتشغيل النظام إلا بعد مرور وقت مناسب من استقرار سرعة الرياح .

تزود قمة الجهاز بمصباح تحذير يعطي إشارة فصل النظام بسبب ارتفاع سرعة الرياح وذلك لكي يتأكد الشخص القائم على إدارة النظام من أن توقف الرش تم بسبب زيادة سرعة الرياح وليس بسبب خلل فني .

عندما تقطع الدائرة الكهربائية التي تقوم بتشغيل مضخة الرش وذلك بسبب تجاوز سرعة الرياح لقيمتها الحرجة ، تفتح بنفس الوقت دائرة أخري وبشكل تلقائي وتقوم بتشغيل ساعة توقيت تكون مثبتة عند الساعة (12) في الوضع الطبيعي للتشغيل . وتستمر هذه الساعة بالعمل لحين إعادة تشغيل مضخة الرش مرة ثانية وذلك بعد سكون الرياح وانتهاء فترة التأخير الناجمة عن جهاز التحكم التوقيتي. وبهذا يتم تسجل وقت توقف المضخة عن العمل وذلك لكي يقوم الشخص المسؤول بتعويض هذا الزمن عند التشغيل .

في حالة كون نظام الري بالرش دائم الحركة مثل شبكة الري المحوري (Center pivot) ، فلابد من إيقاف حركة النظام عند توقف الري . ان توقف الري لفترات طويلة سيؤثر حتماً على جدولة مواقيت الري (Scheduling) ، لذا لابد من الاهتمام بتسجيل أوقات توقف النظام من خلال مطالعة الساعة الكهربائية التي تعمل تلقائيا عند توقف النظام فقط ، وإعداد جداول بأزمان التوقف مثبت فيها الأوقات التي يحصل فيها هذا التوقف وذلك من أجل دراسة إمكانية إعداد جدولة جديدة بعد ملاحظة تكرارات أوقات التوقف إذا ما كان لها انتظام وفق مسار معين (Trend) .

التوصيات

يفضل اعداد نظام تجريبي يزود به هذا الجهاز المقترح ويعمل على تقويم أداء النظام من خلال تثبيت الجهاز على ارتفاعات مختلفة تتراوح بين 3 5 متر عن سطح الارض مع تحديد سرعة الرياح الحرجة عند كل ارتفاع وقياس انتظام توزيع أعماق ماء الرش وكفاءة الري عند الحالات المختلفة

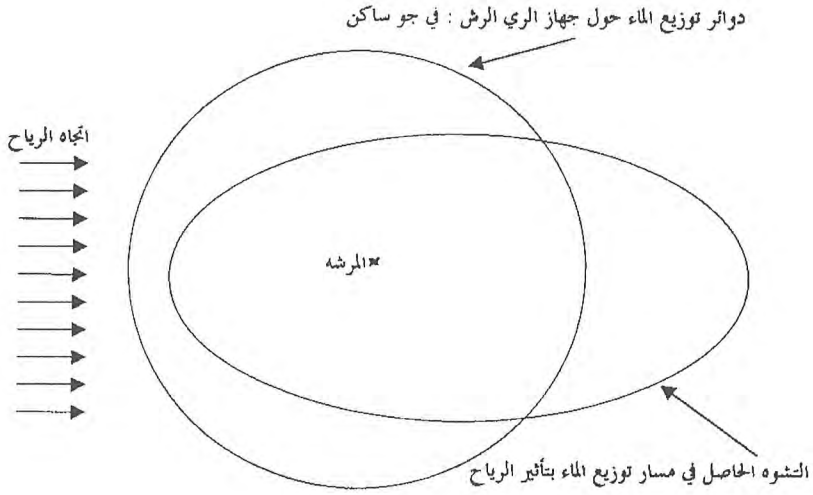
ويوصى البحث بضرورة تصنيع جهاز التحكم التلقائي محليا وبالمواد المتوفرة والوسائل المتاحة لدى الفنيين الوطنين حتى لا يترتب على استخدام هذا الجهاز زيادة التكاليف الأولية لنظام الري مما يحد من التوسع في استخدامه .

يعد المحدد الأكبر لعمل الجهاز هو تسببه في إرباك جدولة مواقيت الري، ويمكن التغلب على ذلك عن طريق إعداد جداول بأوقات توقف الري بسبب تأثير الرياح وملاحظة اتجاه هذه التوقفات ،التي قد يكون لها مساراً منتظماً يمكن جدولته وبالتالي تفادي هذا الإرباك.

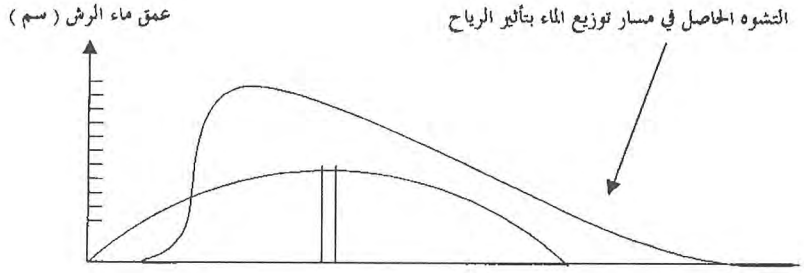
المراجع

1 حاجم أ ي . وحقي إ،1990 ، هندسة نظم الري الحقلي ، مطبعة جامعة الموصل- العراق

2 جامعة الدول العربية التقرير الاقتصادي العربي الموحد ،1997 ، ص 159 - 184.



(أ) منظر علوي

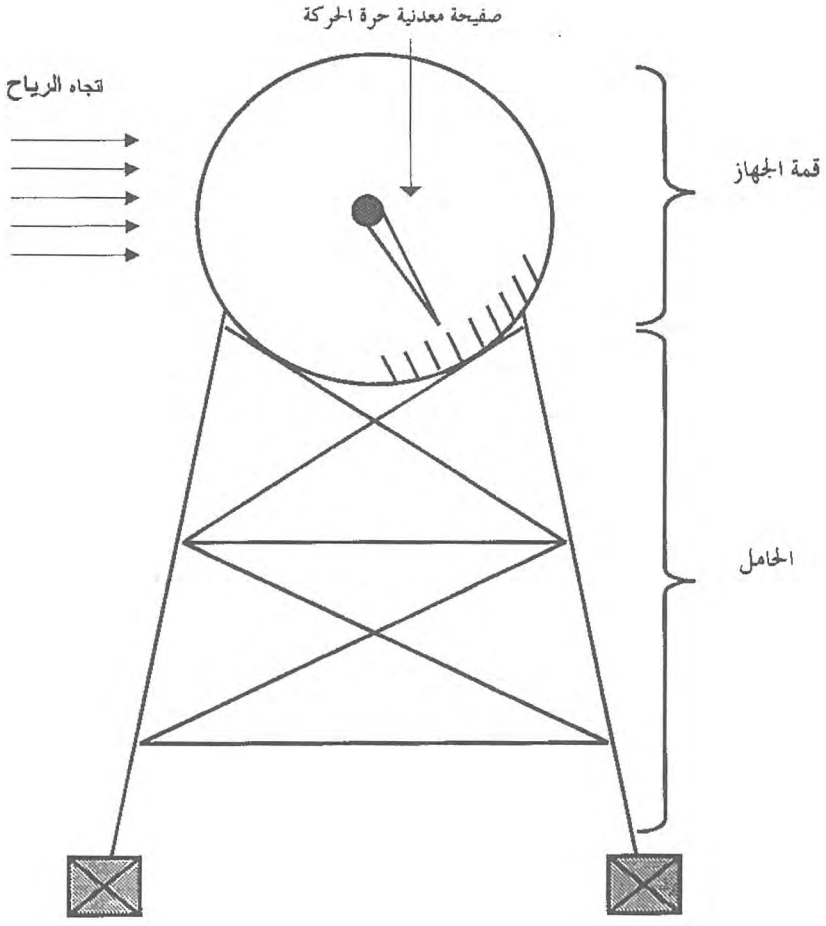


(ب) منظر جانبي

شكل (1)

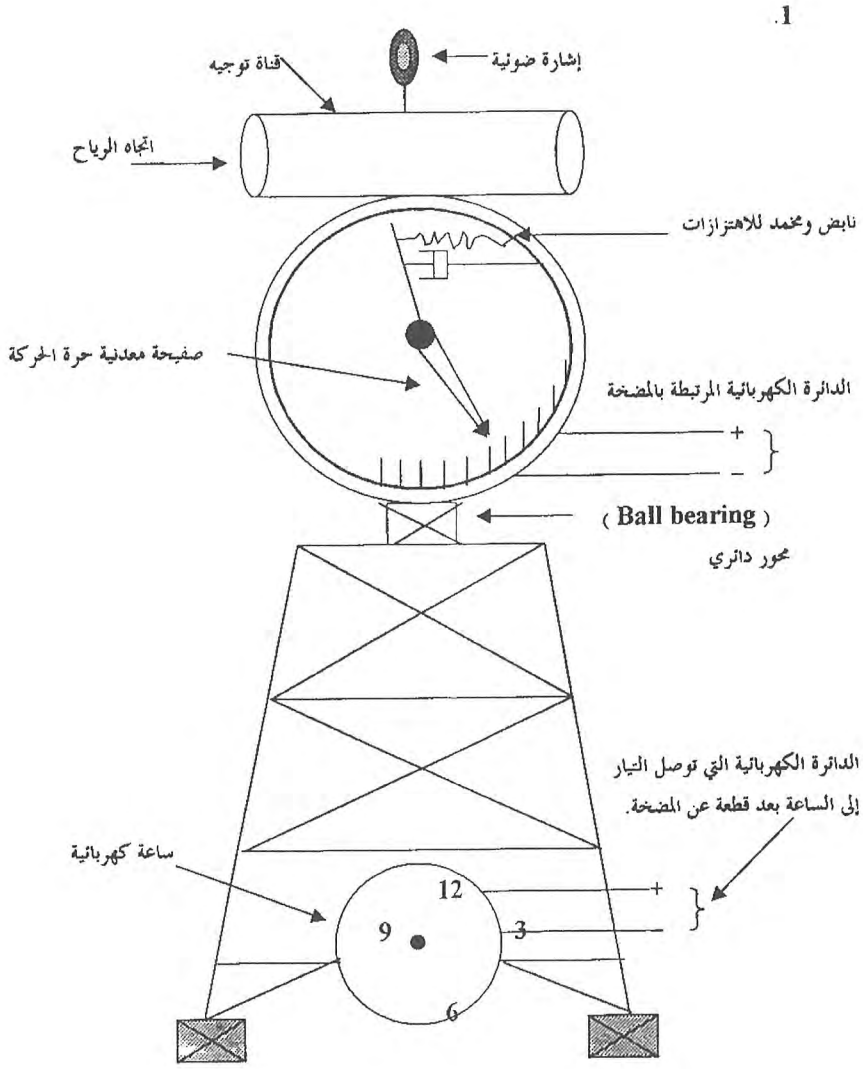
أ – تأثير الرياح علي دائرة توزيع ماء الرش .

ب – تأثير الرياح علي أعماق توزيع ماء الري حول المرش.



شكل (2) : الجهاز الحالي لقياس سرعة الرياح عند البحيرات.

.1



شكل (3) مخطط لجهاز التحكم بنظام الرش المقترح مثبت على برج ذو ارتفاع 5 متر

استخدام مياه الصرف الصحي في الري وتأثيره على التربة والنبات

(دراسة حقلية بسلطنة عمان)

أحمد بن علي الشرياني

استخدام مياه الصرف الصحي في الري وتأثيره على التربة والنبات

(دراسة حقلية بسلطنة عمان)

أحمد بن علي الشرياني

الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية

ملخص

بالرغم من شحة المياه المتاحة في المناطق الجافة وشبه الجافة، بالأخص في منطقة الخليج العربي، ووجود كميات من مياه الصرف الصحي المعالجة والتي يمكن أن تستخدم لإغراض مختلفة وخاصة في الري، إلا أنه لا زال هناك شئ من التخوف لاستخدام هذه المياه. لقد جاء هذا البحث ليبدد تلك المخاوف ويلقي الضوء على بعض الجوانب المتعلقة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، والتأثيرات البيئية الناتجة أو المحتملة من هذا الاستخدام.في تجربة أجريت في منطقة مسقط ــ بسلطنة عمان تم تخصيص أحواض لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً وثانوياً وأوليا، وأحواض أخرى للمياه الخام بالإضافة إلى مياه الشرب بهدف المقارنة وذلك لري نباتات دوار الشمس التي زرعت في تربة بكر لم يسبق زراعتها، وقد تم تتبع الميكروبات المرضية المصاحبة لمياه الصرف الصحي في التربة ونباتات دوار الشمس، وكذلك الكشف عن التأثيرات الفيزيائية والكيمائية. إذا استثنينا مياه الصرف الصحي غير المعالجة وتلك المعالجة معالجة أولية فقد وجد أن تأثير مياه الصرف الصحي من حيث انتقال الميكروبات المرضية يكاد يكون قليلاً أو معدوماً. كما وجد تأثيرات الري بمياه الصرف الصحي على الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة قليلة جدا. أوصى البحث بزيادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة معالجة نهائية وثانوية في الري وخاصة ري المسطحات الخضراء وأشجار النخيل والخضار التي لا تأكل مباشرة.

1. المقدمة

يقول الله تبارك وتعالى : ﴿وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون﴾ (صدق الله العظيم) آية 30 سورة الأنبياء . للماء شأن عظيم وأهمية بالغة في نشأة الحياة واستمرارها بـأي أرض ولأي تجمع بشري ، ويكون أجل وأعظم شأناً بالنسبة لسكان المناطق الجافة وشبه الجافـة ، مثـل سلطنة عمان.

وتقع سلطنة عمان في أقصى الجنوب الشرقي لشبه الجزيرة العربية وتمتد بين خطي عرض 40 , 16 ، 20 , 26 شمالاً وبين خطي طول 50 , 51، 40 , 59 شرقاً، وتمتد سواحلها مسافة 1700 كيلو متر تقريباً من مضيق هرمز في الشمال حتى الحدود المتاخمة للجمهورية اليمنيـة وتطـل بذلك على بحار ثلاثة هي : الخليج العربي ، وخليج عمان، وبحر العرب . ويحدها من ناحيـة الغرب المملكة العربية السعودية ومن الجنوب الجمهورية اليمنية ومن الشمال دولة الإمـارات العربية المتحدة ومن الشرق بحر العرب.

تعتبر الأمطار المصدر الرئيسي لكل مصادر المياه الجوفية في عمان . وكما هو الحال في المنـاطق شبه الجافة ، فإن سقوط الأمطار في عمان غير منتظم ومتباعد الفترات ، ومن النوع الذي يأتي فجأة وبكميات غزيرة نوعاً ما ، إذا استثنينا سهل صلالة في محافظة ظفار في المنطقة الجنوبيـة من عمان، والتي تكون إمطارها منتظمة إلى حد ما ، وذلك في فصل الخريف عندمـا تهـب الرياح الموسمية على هذه المنطقة. وبصفة عامة، فإن المعدل السنوي لتساقط الأمطار لا يتعـدى 400مم.

وتبلغ مساحة سلطنة عمان حوالي 309500 كيلو متر مربع ، وتعد بذلك ثاني أكبر البلـدان في شبه الجزيرة العربية ، منها حوالي 83 ألف هكتار (0.28% من إجمالي المساحة) القابلة للزراعة إلا أن المزروع منها حالياً لا يتجاوز نصف هذه المساحة (41ألف هكتار فقط)، ويعود ذلك في المقام الأول إلى عدم توفر المصادر المائية المناسبة . ونجد أن ظروف السلطنة في هذا المجال تتشابه مع بقية دول مجلس التعاون . وفي ظل الحاجة لزيادة الرقعة الزراعية لتحقيق معدل أعلى مـن الاكتفاء الذاتي في المنتوجات الزراعية ، فإن تنمية مصادر المياه المتاحة للري الحقلي تحتل مركز الصدارة في أولويات برامج التنمية في السلطنة.

هناك العديد من الحلول المطروحة للتقليل من الاعتماد على المصادر التقليدية للمياه في عمـــان وبقية دول مجلس التعاون، ومن ضمن هذه الحلول التوسع في استخدام مياه الصرف الصحـــي المعالج . ويجمع في منطقة مسقط وحدها يومياً أكثر من 22 ألف متر مكعب من مياه الصـرف الصحي.

ولا شك أن هناك العديد من التساؤلات تدور حول إعادة استخدام مياه الصرف الصحـــي ، بعض هذه التساؤلات تتعلق بالتأثيرات الصحية الناتجة من إعادة استخدام هذه المياه في الزراعة أو الاستخدامات الأخرى ، وبعضها يتعلق بالتأثيرات البيئية كتلوث التربة والمحاصيل التي تروى بواسطة هذه المياه والبعض الأخر من هذه التساؤلات تتعلق بالأمور الاقتصادية والاجتماعيـــة والمسائل الفقهية . ولقد أجريت هذه الدراسة لتعالج جانب من هذه التساؤلات وهو التأثـــير البيئي الناتج من إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالج في الري وذلـــك علـــى التربـــة والنباتات المروية بواسطة هذه المياه.

وتهدفت الدراسة إلى إلقاء الضوء على التغيرات الميكروبيولوجية والكيميائية والفيزيائية في التربة نتيجة لريها بمياه الصرف الصحي لمنطقة مسقط بسلطنة عمان ، ودراســـة مـــدى التلـــوث الميكروبي ، في التربة المروية بمياه الصرف الصحي وكذلك تلوث النباتات المزروعة بهذه التربـــة ومنتجاتها بالميكروبات المرضية.

2. طرق البحث:

1.2 مكان ومواد البحث :

أقيمت لهذا الغرض تجربة حقلية بأرض محطة معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة دارســـيت التابعة لبلدية مسقط، والتي تقع في حي دارسيت بمحافظة مسقط باستخدام ميـــاه الصـــرف الصحي الناتجة من مراحل المعالجة المختلفة من المحطة. وتخدم المحطة أكثر من 55 ألـــف مـــن السكان وتعالج حوالي 12 ألف متراً مكعب من مياه الصرف الصحي يومياً التي تصل إليـــها بواسطة شبكة الصرف الصحي وكذلك عن بواسطة الصهاريج. وقد صممت المحطة لنقـــوم بمعالجة مياه الصرف الصحي بواسطة المعالجة البيولوجية (Biologcal Treatment) حيث تشمل ثلاثة مراحل رئيسية هي : المعالجة المبدئية ، والمعالجة الميكانيكية أو المعالجة الثانوية ، أو المعالجة

البيولوجية ، والمعالجة النهائية أو المعالجة الثلاثية . يعاد استخدام مياه الصرف المعالجة في ري الأشجار والحشائش على جانبي الطرق العامة وكذلك الدوارات وبعض المنتزهات في محافظة مسقط ، علماً بأن نوعية هذه المياه تتماشى مع نوعيات المياه المنصوص عليها في اللائحة الخاصة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعمول بها في سلطنة عمان والتي من ضمن شتراطاتها أن لا يتعدى كمية المواد الصلبة العالقة عن 10 ملليجرام/لتر ، ولا يزيد الاحتياج الأكسجين الحيوي عن 10 ملليجرام/لتر، والأمونيا عن 1 ملليجرام/لتر، والكلور المتبقي الحر عن 0.5 ملليجرام/لتر.

2,2 المياه المستخدمة في الري

استخدمت مياه الصرف الصحي الخام والمعالجة أولياً وثانوياً وثلاثياً ، بالإضافة إلى مياه الشرب ، لغرض المقارنة في رأي الأحواض الخمسة.

3.2 التربة المستخدمة

خصصت قطعة أرض في مقر محطة دارسيت مساحتها حوالي 225 متراً مربعاً وقد روعي عند اختيارها أن تكون أرضاً لم يسبق زراعتها من قبل . نقل إليها تربة بكر من أحد الأودية ووضعت فوق الطبقة السطحية للتربة الأصلية بسمك حوالي 15سم ، وقد أخذت عينات التربة قبل الزراعة ، وأجريت عليها التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية. وقد قسمت الأرض المزروعة إلى خمسة أحواض، مساحة كل منها 20 متراً مربعاً(4×5متر) ،مع ترك مسافة نصف متر كفاصل بين الأحواض. وتم توصيل كل حوض بخزان سعته 200 جالون لري الحوض. وتمثل هذه الخزانات أنواع المياه المستخدمة في الري وهي مياه الشرب (مقارنة)، مياه صرف صحي معالجة نهائياً، مياه صرف صحي معالجة ثانوياً ، مياه صرف صحي معالجة أولياً ، ومياه صرف صحي خام (غير معالجة).

4.2 النباتات المزروعة :

تم زراعة بذور دوار الشمس (Helianthus Annus) من النوع (Giant Russian) على جانبي الخطوط وعلى مسافة 20سم بين النبتة والأخرى.

3. الدراسات التي أجريت أثناء التجربة

1.3 دراسات على نمو نبات دوار الشمس

أجريت قياسات على عينات النباتات (10 عينات × 4 مكررات بكل حوض)، شملت هـــذه القياسات طول النباتات ، قطر السابق ، قطر القرص وزن القرص، ووزن البذور .

2.3 دراسات على إنتاجيه نبات دوار الشمس

تم حصاد عينات من النباتات ، وتقدير وزن الأقراص والبذور، وعدد البذور في القرص.

3,3 دراسات الفيزيائية Physical Studies للتربة

أجريت ثمانية تقديرات فيزيائية على عينات التربة كما هو موضحاً في الجدولـــين رقـــم (4)، و(5).

4.3 دراسات ميكروبيولوجية Microbiological Studies

تم جمع عدد (4) عينات لمياه الري أثناء فترة التجربة. كانت عينات مياه الـــري تجمـــع مـــن جزانات الري الخمسة وقد روعي عند جميع العينات أن تترك صنابير الخزانات تصب لفترة قبل ملء الزجاجات ، كما روعي عدم لمس أغطية الزجاجات من الداخل، وكذلك تم لف عنـــق الزجاجة و أغطيتها بورقة.

أما عينان التربة فقد أخذت من مواقع مختلفة من كل مربع (الحوض مقسم إلى أربعة مربعـات) ،ثم تمرر كل عينة في منخل مقياس فتحاته 2مم وبعد أن تمزج العينة تعبأ في قنينات بلاســتيكية معقمة ،وبعدها توضع في حاويات بلاستيكية ثم تنقل إلى المختبر داخل حافظة للبرودة. تم إتباع الطرق الموضحة في Black et al (1982) في تحليلها.

وبالنسبة للنبات، فبعد أن وصل معدل طول نبات دوار الشمس حوالي 10سم بدأ جمع عينات منه خلال مراحل مختلفة من مراحل النمو ، وذلك بقطع أجزاء من الساق والأوراق والـــبراعم من كل مربع من مربعات الأحواض. وقد روعي أن تكون هذه الأجزاء من النبات تمثل أجزاء مختلفة من طول النبات . كانت عينات النبات توضع في أكياس من البلاستيك المعقمة ثم تنقـل إلى المختبر مباشرة داخل حافظة للبرودة وكانت تحلل في نفس اليوم .

وقد أجريت دراسات ميكروبيولوجية على عينات المياه المستخدمة في الري والتربة والنبـــات خلال فترات مختلفة من مراحل التجربة ، شملت هذه الدراسة المتغيرات الموضحة في الجـــداول رقم (3)، و(6)، و(7).

5.3 الدراسات الكيميائية Chemical Studies

تم تقدير تركيزات بعض العناصر والمركبات الكيميائية في عينات مياه الري المستخدمة وكذلك عينات التربة على النحو التالي:

1.5.3 في عينات مياه الري

إن الهدف الأساسي من تحليل مياه الري المستخدمة هو معرفة نوعيات هذه المياه والمكونـــات التي تحتويها حتى يمكن معرفة مدى تأثير هذه المكونات على كل من التربة والنبات. وقـــد تم جمع وتحليل عدد 4 عينات من الأنواع الخمسة للمياه المستخدمة في الري. وقد جمعت العينـــة الأولى والأخيرة من نفس الأماكن التي كانت تنقل منها هذه المياه إلى خزانات ري الأحواض ، أما العينة الثانية والثالثة ، فقد تم أخذها من خزانات الري نفسها. لقد أتبع في جمع وحفـــظ وتحليل العينات الطرق الموضحة في :

Standard Methods for the examination of water and waste - water, 16th edition, 1985.

وتم تقدير تركيزات العناصر والمركبات الكيميائية المشار إليها في الجدول رقم (1) لأربع عينات لمياه الري جمعت أثناء التجربة.

2.5.3 في عينات التربة

كان الهدف الأساسي من تحليل عينات من التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة مختلفة هو معرفة مدى انتقال الملوثات المصاحبة لهذه المياه إلى التربة. وقد جمع أثناء التجربـــة عـــدد (4) عينات، إحدى هذه العينات الأربع جمعت قبل ري الأحواض بهذه المياه، أما العينات الثـــلاث الأخرى ، فقد جمعت في فترات مختلفة خلال فترة الري . لقد اتبع في جمع وتحضير وتحليـــل عينات التربة كيميائياً الطرق الموضحة في Black et al(1986) .وتم تقدير تركيزات العنـــاصر والمركبات الكيميائية المشار إليها في الجدول رقم(2).

4 .النتائج والمناقشة Results end Discussion

1.4 نتائج تحاليل الكيميائية والفيزيائية لمياه الري

تم جمع خمس عينات من مياه الري المستخدمة خلال فترات مختلفة من مرحلة التجربة للتحليل الكيميائية والفيزيائية. ونوضح في جدول رقم (1) التالي معدلات نتائج هذه التحاليل:

م	المتغيرات ، جزء في المليون	مياه الري المستخدمة			
		مياه الشرب	مياه الصرف الصحي المعالجة		
			معالجة نهائية	معالجة ثانوية	معالجة أولية	غير معالجة
1	درجات الحموضة (pH)	7.9	7.2	6.9	7.2	7.1
2	الكالسيوم الذائب	57.50	47.25	45.50	45.50	46.95
3	الصوديوم الذائب	219.67	257.75	246.00	247.00	230.75
4	المغنسيوم الذائب	19.47	31.52	34.13	28.47	28.62
5	البوتاسيوم الذائب	7.10	15.20	15.45	15.00	16.70
6	الفسفور الكلي الذائب	0.28	2.72	2.70	2.21	2.88
7	النيترات الذائبة	<0.10	<0.10	<0.10	0.445	0.615
8	الأمونيا الذائبة	Nil	0.20	3.98	27.64	38.74
9	الاحتياج الأكسجيني الحيوي (BOD_5)	Nil	14.87	14.70	117.50	180.00
10	الاحتياج الاكسجيني الكيماوي (COD)	Nil	91.77	137.82	294.82	779.73
11	البيكربونات الذائبة (HCO)	138.00	99.50	118.75	228.00	211.50
12	المواد الصلبة الكلية الذائبة (TDS)	547.33	877.67	796.00	784.00	706.00
13	المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS)	4.00	27.87	18.00	65.50	383.75
14	القويات الكلية TOTAL) (ALKALINITY	138.03	99.59	118.96	228.04	211.50

ويلاحظ من هذا الجدول أن النتائج لمعظم المتغيرات لمياه الري المستخدمة متقاربة إلى حد ما، وخاصة فيما يتعلق بتركيزات الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والفسفور الكلي والنيترات ولا سيما بين مياه الصرف الصحي المعالجة معالجة نهائية وتلك المعالجة معالجة ثانوية. كما يلاحظ من نتائج قياسات درجات الحموضة لمياه الري المختلفة خلال فترة التجربة أنها أيضاً متقاربة إذ تراوحت بين 6.2 — 8.1 وتعد بذلك في الحدود المسموح بها لاستخدام هذه المياه للري.

وتشير أرقام التوصيل الكهربائي (ECe) لمياه الري المستخدمة خلال فترة التجربة، جدول رقم(2) الموضح أدناه ، إلى نتائج متقاربة لمحتوى هذه المياه من الأملاح لنوعية المياه الواحدة . وقد كانت في متوسطها العام أقل ما يمكن لمياه الشرب ، إذا تراوحت بين 643- 1197 ميكروموز . سم —1 والمتوسط 981.2 ميكروموز . سم —1، بينما كانت أعلى من ذلك في مياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً . فقد تراوحت درجات توصيل الأخيرة من 1127-1601 ميكروموز . سم —1 لمتوسط عام 1407 ميكروموز . سم —1 وتبين أن المياه المعالجة معالجة ثانوية وأولية ومياه الخام متفاوتة في تركيزات الأملاح (درجات التوصيل الكهربائي) ويعود هذا التفاوت أثناء التجربة إلى تعدد مصادر المياه التي تقوم محطة دارسيت بمعالجتها الأمر الذي انعكس على تفاوت تركيزات الأملاح بها. كما أن مياه الشرب تتكون غالباً من خليط من مياه الآبار والمياه المحلاة بنسب ثابت بالرغم من تغير محتوى الأملاح في مياه الآبار والتي تشكل حوالي 50 % من المياه المستهلكة في منطقة مسقط.

جدول (2) التوصيل الكهربي (ECe) لعينات مياه الري المستخدمة ، ميكروموز . سم —1(μ mhos.cm^{-1})

م	مياه الري المستخدمة			
	مياه الشرب	مياه الصرف الصحى المعالجة		
		معالجة نهائية	معالجة ثانوية	معالجة أولية	غير معالجة
1	1197	1601	1575	1706	1523
2	1221	1813	1795	1860	1832
3	1094	1338	1343	1533	1543
4	751	1155	1103	1103	1103
5	643	1127	1105	1213	—
المعدل (AVERAGE)	981.2	1406.8	1384.2	1483	1500.25

2.4 نتائج التحاليل الميكروبيولوجية لمياه الري

تم تحليل أربع عينات لكل من مياه الري المستخدمة في فترات مختلفة خلال التجربة وأجـــرى على هذه العينات تحاليل ميكروبيولوجية شملت العدد الكلي لبكتيريا (Total Count of Feacal Bacteria) وأعداد بكتيريا مجموعة القولونيات (Total Coliform Group) وأعـــداد بكتيريـــا القولونيات الغائطية (Number of Esherichia coli) وأعداد كلوستريديم برفرينجس (Number of Clostridum Perftingens) وأعداد بكتيريا ستربتوكوكاي الغائطيـة (Number of Faecal strepococci) وكذلك الكشف عن وجود السلمونيلا (Salmonella) والشيجيلا (Shigella). الجدول رقم (3) يوضح نتائج هذه التحاليل .

جدول (3) التحاليل الميكروبيولوجية لمياه الري المستخدمة

معدل	العدد الأكثر احتمالاً للبكتريا، MPN /100 **ملليلتر**			
	أنواع مياه الري المستخدمة			
	مياه الشرب	مياه الصرف الصحي المعالجة		
		معالجة نهائية	معالجة ثانوية	معالجة أولية	غير معالجة
العدد الكلي لبكتيريا	1.3 x 10^	1.1 x 10^	3.1 x 10^4	1.0 x 10^6	1.8 x 10^7
أعداد بكتيريا مجموعة القولونيات	NIL	NIL	1.26 x 10^6	1.46 x 10^8	>1.4 x 10^9
أعداد بكتيريا القولونيات الغائطية	NIL	NIL	1.8 x 10^5	4.4 x 10^7	>1.43 x 10^9
أعداد كلوستريديم برفرينجس	NIL	NIL	3.5	7	15
أعداد بكتيريا ستربتوكوكاي الغائطية	NIL	NIL	1.0 x 10^4	12.5 x 10^4	10.3 x 10^5

وتشير نتائج التحاليل الميكروبيولوجية بوضوح إلى التناقص الطردي لأعداد البكتيريا المرضية الكشافة مع تعدد مراحل معالجة مياه الصرف الصحي ، فقد انخفض متوسط الأعداد الكلية للبكتيريا من 7^10 x 1.8 1. خلية .100 مل- ا في المياه الخام إلى 6^10 x 1.0، 4^10 x 3.1، 10 x 1.1خلية .100 مل- ا في المياه الناتجة من المرحلة الأولية والثانوية والنهائية على التوالي و لم تظهر النتائج تفاوتاً غير عادي للأعداد الكلية للبكتيريا.

وتوضح تقديرات أعداد بكتيريا مجموعة القولونيلت(Total Coliform Group) أن أعدادها تتناقص أيضاً خلال مراحل المعالجة وبصورة متوافقة مع الأعداد الكلية للبكتيريا، فقد انخفضت أعداد بكتيريا مجموعة القولونيات من 9^10x1.4 خلية.100 مل- ا في مياه الصرف الصحي الخام إلى 8^10x1.5 خلية . 10 مل- ا في المياه المعالجة الأولية و 6^10 x 1.3 خلية .100 مل- ا في مياه المعالجة الثانوية ، و لم تظهر أي من العينات التي تم فحصها عن تواجد لبكتيريا مجموعة القولونيات في مياه الصرف الصحي المعالجة نهائية ، وكانت بذلك مشابهة لمياه الشرب التي أتت خالية تماماً من هذه البكتيريا.

أما تقديرات أعداد بكتيريا القولونيات الغائطية (Number of Feacal Esherichia coli) فتوضح تناقصاً لهذه البكتيريا خلال مراحل المعالجة وهذا أيضاً ينسجم مع تناقص العدد الكلي للبكتيريا وأعداد بكتيريا مجموعة القولونيات، حيث انخفضت أعداد بكتيريا القولونيات الغائطية من9^10 x 1.43 خلية .100 مل- ا في مياه الصرف الصحي الخام إلى 7^10 x 4.4 خلية. 100 مل- في المياه المعالجة أولياً و 5^10x1.8 خلية .100 مل- ا في مياه المعالجة الثانوية. كذلك لم تظهر هذه البكتيريا في المياه الناتجة من المعالجة النهائية وبذلك قضت هذه المرحلة من المعالجة على أعداد بكتيريا القولونيات الغائطية .

وتوضح تقديرات أعداد بكتيريا كلوستريديم برفرينجس (Number of Closttiolium Perfringens) أن هناك تناقصاً شمل أعداد هذا النوع من البكتيريا خلال مراحل المعالجة .. فقد كانت 15 خلية x 100 مل- في مياه الصرف الصحي الخام نقصت إلى 7 خلايا. 100 مل - في المياه المعالجة الأولية واستمرت في التناقص حتى وصلت إلى 3.5 خلية . 100 مل- ا في المياه المعالجة الثانوية ثم تنعدم في المياه المعالجة النهائية ، شأنها في ذلك شأن مياه الشرب.

كما أن تقديرات أعداد بكتيريا ستربتوكوكاي الغائطية (Number of Feacal Streptococci) تبين أيضاً تناقصاً خلال مراحل المعالجة ، فقد كانت 5^10 x 10.3 خلية . 100 مل-١ في مياه الصرف الصحي الخام ,نقصت إلى 4^10 x 12.5 ، 4^10 x 1.0خلية . 100 مل-١ في المياه المعالجة الأولية والثانوية على التوالي ، و لم تظهر هذه البكتيريا في المياه المعالجة النهائية ، كما هو الحال في مياه الشرب .

وإن دلت هذه الأرقام على شيء فإنما تدل على أن محطة معالجة مياه المجاري بدارسيت كانت تعمل بكفاءة خلال فترة التجربة إذ أن المعالجة النهائية لمياه الصرف الصحي تمكنت من القضاء على جميع الميكروبات الكشافة المرضية والتي فحصت في هذا البحث.

3.4 تحليلات التربة المستخدمة في الزراعة

أجريت تحاليل كيميائية وفيزيائية وميكروبولوجية للتربة المستخدمة في زراعة دوار الشمس قبل بدء ريها بمياه الري المختلفة. وتشير نتائج هذه التحاليل أن تركيزات الكالسيوم المتبادل وكربونات الكالسيوم عالية ، إذا بلغت تركيزات الكالسيوم المتبادل 12.30 ملليمكافئ . 100جم-1 وتركيزات كربونات الكالسيوم 18.58% ولكن هذه التركيزات في الحدود التي أوضحتها دراسة تصنيف التربة في سلطنة عمان والتي قامت بها وزارة الزراعة والأسماك بالسلطنة (دراسة تصنيف التربة 1991م). كما أن هذا الارتفاع في تركيزات الكالسيوم المتبادل يتفق مع ما أشار إليه Futh (1978) في أن الأراضي ذات رقم pH المرتفع تكون عادة ذات تركيزات عالية من الكالسيوم والمغنيسيوم المتبادلة وهذا ينطبق على هذه التربة ذات رقم حموضة 8.0 .

كما أظهر التحليل الميكانيكي لهذه التربة احتواءها على 66.93% رمل 19.53% سلت 13.54% طين وبالتالي فإن قوام التربة (Texture Soil) هو Sandy Loam.

كما كانت الصفات الفيزيائية للتربة متوافقة مع خواص التربة الرملية إذا كانت الكثافة الظاهرة 1.5جم . سم-3 ، ونسب الرطوبة في التربة الجافة هوائياً 1.07% والماء الهجروسكوبي 0.298% والماء الشعري 0.134% والسعة الحقلية 4.97% والذبول المستديم 3.15% .

ويتبين لنا من التحاليل الميكروبيولوجية لهذه العينة أنها خالية من البكتيريا المرضية الكشافة ، عدا العدد الكلي للبكتيريا (Total Count of Bacteria) 3^10x6.4 خلية . جم-1 تربة.

5 تأثير الري بمياه الصرف الصحي على خواص التربة :

1.5 التأثير على قوام للتربة :

أقتصر تأثير الري بمياه المجاري على قوام التربة (Soil Texture) على معاملات الـــري بميـاه الصرف الصحي الخام وتلك المعالجة معالجة أولية ، بينما كانت معاملات الري بالمياه المعالجـة معالجة ثانوية ومعالجة نهائية ومياه الشرب عديمة أو قليلة التأثير على قوام التربة . وكما يتضـح من الجدول رقم (4)، فقد أدى الري بالمياه الخام إلى زيادة نسبة الطين مـــن 13.54% إلى 21.61% ونسبة السلت من 19.53% إلى 19.98 وبالتالي انخفضت نسبة الرمل من 66.93% إلى 58.41% . أما الري بالمياه المعالجة معالجة أولية فقد أدى إلى زيادة نســبة الطـين مـن 13.54% إلى 16.12% ونسبة السلت من 19.53% إلى 21.10% وبالتالي انخفضت نســبة الرمل من 66.93% إلى 62.78% ويتوافق ذلك مع ما تحمله مياه الصرف الصحي من المـواد الصلبة العالقة والتي هي غالباً في مجال حبيبات الطين والسلت.

جدول (4) التحاليل الفيزيائية للتربة المستخدمة في الزراعة

مياه الري المستخدمة		أوقات جمع العينات		
		قبل الري	بعد الرية الثالثة	بعد الرية العاشرة
مياه الشرب	% الرمل	66.93	67.40	67.21
	% السلت	19.53	19.50	19.62
	% الطين	13.54	13.10	13.17
مياه الصرف الصحي معالجة نهائية	% الرمل	66.93	66.28	66.44
	% السلت	19.53	20.00	19.63
	% الطين	13.54	13.72	13.95
مياه الصرف الصحي معالجة ثانوية	% الرمل	66.93	66.11	64.91
	% السلت	19.53	19.92	21.07
	% الطين	13.54	13.97	14.02
مياه الصرف الصحي معالجة أولية	% الرمل	66.93	65.937	62.78
	% السلت	19.53	20.63	21.10
	% الطين	13.54	14.00	21.12
مياه الصرف الصحي خام (غير معالج)	% الرمل	66.93	64.82	58.41
	% السلت	19.53	20.13	19.98
	% الطين	13.54	15.05	21.61

وبتحديد قوام التربة على مثلث القوام نجد أنه لم يحدث تغير يذكر في قوام التربة، فقد ظلت التربة المروية بمياه الشرب أو مياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً أو ثانوية تحمل نفس صفات القوام، وظلت على حالها Sandy Loam . أما التربة التي تم ريها بمياه الصرف الصحي المعالجة أولياً والمياه الخام فإنه وإن لم يحدث تغير في قوام التربة وبقاءها في مجال التربة وبقاءها في مجال التربة الرملية الطينية Sandy Loam إلا أن القوام قد اقترب إلى حد كبير من المجموعة التالية Sandy Clay Loam الأكثر نعومة . ويعود ذلك إلى ما سبق توضيحه من تراكم الغرويات بالتربة والقريبة من حجم حبيبات الطين .

2.5 التأثير على الخواص الفيزيائية للتربة :

الجدول رقم (5) يوضح التحاليل الكيمائية لعينات التربة المستخدمة في زراعة نبات دوار الشمس والتي أخذت قبل الري وبعد الرية الثالثة والرية العاشرة.

جدول (5) التحاليل الكيميائية للتربة المستخدمة في الزراعة

المتغيرات	أوقات جمع العينات	مياه الري المستخدمة				
		مياه الشرب	مياه الصرف الصحي			
			معالجة نهائية	معالجة ثانوية	معالجة أولية	خام (غير معالجة)
الكثافة الظاهرية جرام . سم 3	قبل الري	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	بعد الرية الثالثة	1.31	1.45	1.39	1.47	1.49
	بعد الرية العاشرة	1.24	1.33	1.34	1.35	1.34
نسبة الرطوبة الجافة هوائيا	قبل الري	0.432 %	0.432 %	0.432 %	0.432 %	0.432 %
	بعد الرية الثالثة	0.510 %	0.602 %	0.610 %	0.817 %	0.903 %
	بعد الرية العاشرة	0.659 %	0.717 %	0.718 %	1.03 %	1.02 %
نسبة الماء الهيجروسكوبي	قبل الري	0.298 %	0.298 %	0.298 %	0.298 %	0.298 %
	بعد الرية الثالثة	0.486 %	0.436 %	0.400 %	0.513 %	0.647 %
	بعد الرية العاشرة	0.628 %	0.335 %	0.404 %	0.625 %	0.707 %
نسبة الماء الشعري	قبل الري	0.134 %	0.134 %	0.134 %	0.134 %	0.134 %
	بعد الرية الثالثة	0.024 %	0.166 %	0.210 %	0.304 %	0.256 %
	بعد الرية العاشرة	0.031 %	0.382 %	0.314 %	0.405 %	0.313 %
نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية	قبل الري	4.97 %	4.97 %	4.97 %	4.97 %	4.97 %
	بعد الرية الثالثة	4.86 %	4.72 %	4.12 %	4.47 %	4.30 %
	بعد الرية العاشرة	4.21 %	5.07 %	4.44 %	4.90 %	4.68 %
نسبة الرطوبة عند الذبول المستديم	قبل الري	3.15 %	3.15 %	3.15 %	3.15 %	3.15 %
	بعد الرية الثالثة	3.01 %	3. 10 %	2.85 %	2.75 %	2.96 %
	بعد الرية العاشرة	2.97 %	3.00 %	2.94 %	2.91 %	3.02 %

درجة الحموضة، ق(يد) ، (pH)	قبل الري	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	بعد الرية الثالثة	8.3	8.2	8.2	8.2	8.1
	بعد الرية العاشرة	8.2	8.3	8.3	8.2	8.1
الملوحة الكلية (Ece) ، ميكروموز0سم-1	قبل الري	432	432	432	432	432
	بعد الرية الثالثة	273	400	405	420	610
	بعد الرية العاشرة	255	317	322	340	575
محتوى كربونات الكالسيوم ، (%)	قبل الري	18.58 %	18.58 %	18.58 %	18.58 %	18.58 %
	بعد الرية الثالثة	18.38 %	17.49 %	18.04 %	18.37 %	18.92 %
	بعد الرية العاشرة	17.27 %	18.48 %	19.92 %	18.81 %	18.59 %
محتوى البيكربونات ، ملليمكافئ0لتر-1	قبل الري	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	بعد الرية الثالثة	0.50	0.63	0.70	0.75	0.74
	بعد الرية العاشرة	0.61	0.67	0.69	0.78	0.81
السعة التبادلية الكاتيونية، ملليمكافئ0 100جم-1	قبل الري	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92
	بعد الرية الثالثة	6.91	7.44	7.65	7.67	6.59
	بعد الرية العاشرة	7.76	7.04	7.20	7.89	7.28
تركيز الكالسيوم المتبادل ، ملليمكافئ0 100جم-1	قبل الري	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
	بعد الرية الثالثة	12.9	13.4	14.0	14.2	13.6
	بعد الرية العاشرة	12.7	14.1	13.8	13.8	15.0
تركيز المغنيسيوم المتبادل ، ملليمكافئ0 100جم-1	قبل الري	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	بعد الرية الثالثة	0.9	1.3	1.4	1.4	1.5
	بعد الرية العاشرة	1.0	1.5	1.2	1.5	1.6
تركيز الصوديوم المتبادل ، ملليمكافئ0 100جم-1	قبل الري	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	بعد الرية الثالثة	0.48	0.52	0.43	0.28	0.48
	بعد الرية العاشرة	0.31	0.41	0.45	0.43	0.56
تركيز البوتاسيوم المتبادل ، ملليمكافئ0 100جم-1	قبل الري	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
	بعد الرية الثالثة	0.15	0.20	0.17	0.15	0.15
	بعد الرية العاشرة	0.12	0.21	0.20	0.19	0.17
محتوى الفسفور الذائب ، جزء في المليون	قبل الري	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
	بعد الرية الثالثة	0.85	0.40	NIL	NIL	NIL
	بعد الرية العاشرة	0.70	0.70	2.1	NIL	NIL

ويلاحظ من الجدول رقم(5) أن تأثرت الكثافة الظاهرية للتربة أثناء فترة التجربة كان سلبياً، حيث انخفضت من 1.50جم . سم-3 عند بداية التجربة لتصل بعد 4 شهور من بدء الري بمياه الشرب إلى 1.24 جم .سم-3. كانت الكثافة الظاهرية للتربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً وثانوياً وأولياً والمياه الخام 1.33 ، 1.34 ، 1.35 ، 1.35 جم . سم-3 على الترتيب . ويتفق انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة مع العمليات الزراعية ولا سيما في وجود مياه المجاري مع تجارب سابقة . فقد وجد Abd El - Naim (1986) انخفاض في الكثافة الظاهرية لتربة الجبل الأصفر نتيجة لريها بمياه الصرف الصحي الخام لمدينة القاهرة . إلا أن تجاربهم كانت لفترة أطول بكثير (70عام) . وقد يعود الانخفاض الأكبر في الكثافة الظاهرية للتربة المروية بمياه الشرب إلى غسيل المواد الذائبة من التربة بواسطة مياه الري مع عدم تعويض المسام الناتجة بمواد غروية تقلل المسامية وترفع من الكثافة الظاهرية مرة أخرى ، الأمر الذي توقع حدوثه في حالة الري بمياه الصرف الصحي وقد سبق أن أوضحنا في استعراضنا لتحليل مياه الصرف الصحي (جدول رقم1) احتواء الماء الخام على 384 جزء في المليون مواد صلبة عالقة . ويساعد ترسب هذه المواد في المسافات البينية لحبيبات الرمل على زيادة قيمة الكثافة الظاهرية.

أما تأثير معاملات الري المختلفة على احتفاظ التربة بالرطوبة كان تأثيرات متفاوتة على مستوياتها المختلفة مثل الرطوبة في التربة الجافة هوائياً ، الماء الهيجروسكوبي ، الماء الشعري، السعة الحقلية ، ونقطة الذبول المستديم.

وقد كان تأثير معاملات الري على احتفاظ التربة الجافة هوائياً بالماء واضحاً على مستويين ، الأول ازدياد قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة بازدياد عدد مرات الري ، والثاني زيادة احتفاظ التربة بالرطوبة نتيجة للري بالمياه الخام أو المعالجة أولياً عما هو الحال عند ريها بمياه الشرب أو مياه الصرف الصحي المعالجة ثانوية ونهائياً . فقد ارتفعت نسبة رطوبة التربة الجافة هوائياً من 0.432% عند بداية التجربة لتصل إلى 0.659% ، 0.717 %، 0.718% بموالاة ريها (10مرات) بمياه الشرب والصرف الصحي المعالج نهائياً وثانوية على التوالي . هذا بينما ارتفعت إلى 1.03% ، 1.02% نتيجة للري بمياه الصرف الصحي المعالج أولياً أو الخام على التوالي .

وقد سلك الماء الهجروسكوبي سلوكاً مشابها فقد ارتفع من 0.298% عند بداية التجربة ، ليصل إلى 0.707 %، 0.625% بعد ري التربة (10مرات) بمياه الصرف الصحي الخام والمعالج أولياً على التوالي . كما أظهرت باقي المعاملات ارتفاعاً نتيجة للري عموماً .

وقد سلك الماء الشعري نفس السلوك السابق التنويه إليه للماء الهجروسكوبي وماء التربة الجافة هوائياً، الأمر الذي يعد طبيعياً ، حيث أن الماء الشعري يقدر هنا من نتائج القياسيين السابقين. أما الرطوبة عند السعة الحقلية والذبول المستديم فلم تظهر تأثيرات واضحة للري بمياه الصرف الصحي على خواص التربة. فقد ظلت نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية متأرجحة حول 4.9% تنخفض أحياناً إلى 4.2% وترتفع أحياناً أخرى إلى 5.07% ، أما بالنسبة للرطوبة عند نقطة الذبول المستديم فقد تأرجحت حول 3.00% (2.75 %–3.15%) . أي أن النسبة المئوية للماء الميسر كانت في حدود 1.9% فقط . وهذا يتفق مع طبيعة التربة الرملية (Sandy Loam).

3.5 التأثير على الخواص الكيميائية للتربة :

وتأثير معاملات الري بمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة أولياً، وثانوياً و نهائياً وكذلك الري بمياه الشرب على تطور رقم ق (يد) التربة pH – Soil وملوحتها (ECe) ومحتواها من كربونات الكالسيوم والبيكربونات وسعتها التبادلية الكاتيونية وتركيزات كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم المتبادلة وكذلك تأثير هذه المعاملات على محتوى التربة من الفوسفور . وبالرجوع إلى جدول (5) يلاحظ تطور درجات ق (يد) (pH) للتربة نتيجة لريها بمياه الصرف الصحي الخام وبتلك المعالجة أولياً وثانوياً ونهائياً وكذلك بمياه الشرب المتوفرة بهذه المنطقة . وتوضح النتائج أن هناك تغيراً طفيفاً في درجة ق (يد) التربة إذ ارتفعت أرقام ق (يد) من 8.0 قبل ريها إلى 8.2 – 8.3 بعد ريها بمياه الشرب أو بمياه الصرف الصحي المعالج أولياً ، ثانوياً أو نهائياً ،بينما أظهرت التربة المروية بالمياه الخام أرقام حموضة ق (يد) أقل عن 8.1 . قد يعزي ذلك إلى وجود أحماض عضوية بمياه الصرف الصحي الخام نتيجة للانحلال الجزئي للمادة العضوية العالقة بها. أما المياه المعالجة أولياً وثانوياً ونهائياً فمعدنة المادة العضوية بها تؤدي إلى تراكم القلويات (أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم) ، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع أرقام ق (يد) التربة. وتظهر النتائج التي توصل إليها Abd El - Naim (1986) أن أراضي الجبل الأصفر ذات حموضة مرتفعة جداً والتي تتراوح بين 6.7 – 7.2 مقارنة بمثيلتها بالمنطقة ق (يد) 8,5 ولكن غير المروية بمياه المجاري الخام ، وبتالي فإنه يتوقع زيادة ارتفاع ق (يد) بموالاة الري بمياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً في حين يتوقع العكس عند الري بمياه المجاري الخام.

وقد سلكت تركيزات الأملاح بالتربة سلوكاً مخالفاً فقد أظهرت درجة التوصيل الكهربائي (ECe) انخفاضاً مستمراً بموالاة الري بمياه الشرب، فقد انخفض من 432 ميكروموز . 1سم-1 في التربة قبل الري لتصل إلى 255 ميكروموز. سم-1 بعد 10 ريات بمياه الشرب. بينما أظهرت مياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً انخفاضاً مشابهاً وان ظلت عند قيم نهائية أعلى (317 ميكروموز . سم-1) . سجلت أعلى درجات للتوصيل الكهربي في التربة المروية بمياه المجاري الخام (575 ميكروموز .سم-1) والتي كانت أعلى من درجة التوصيل عن بداية التجربة. ولا شك أن ذلك يعود في الحالات الأولى إلى غسيل الأملاح من قطاع التربة عند ريها بمياه الشرب ومياه الصرف الصحي المعالج نهائياً وثانوياً وأولياً . أما الارتفاع في تركيز الأملاح بالتربة المروية بمياه الصرف الخام فغالباً ما يعود إلى معدنة المواد العضوية العالقة بالمياه والمرسبة في التربة وتحويلها إلى أملاح .

و لم يظهر محتوى التربة من كربونات الكالسيوم اتجاهاً واضحاً سواء نتيجة لموالاة الري أو نتيجة لاختلاف مصادر الري . إلا أن التربة تعتبر غنية في كربونات الكالسيوم (17.5 — 18.9%) أما تركيزات الكربونات فتظهر اختلافاً بسيطاً نتيجة للمعاملات المختلفة، فأرقامها قد ارتفعت من 0.6 ملليكافي . لتر-1 في التربة قبل الري إلى 0.61 ، 0.67 ، 0.69، 0.78، 0.81 . ملليكافي . لتر-1 بعد ريها (10 ريات)بمياه الشرب ، ومياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً ، وثانوياً وأولياء والمياه الخام على التوالي .

وكما يلاحظ أنه ازداد تركيز البيكربونات في التربة كلما قلت درجة معالجة مياه الصرف الصحي ، وبلغت أعلاها للتربة المروية بالمياه الخام . وقد يعود ذلك إلى تواجد ثاني أكسيد الكربون بتركيزات أعلى في هواء التربة المروية بالمياه الخام ، ونتيجة لوجود مواد عضوية مترسبة كثيرة الأمر الذي يؤدي عند انحلالها إلى انطلاق كميات أكبر من ثاني أكسيد الكربون. ومن المعلوم أن الكربونات تتحول إلى بيكربونات عند توافر تركيزات مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون .

أما السعة التبادلية الكاتيونية للتربة الرملية فقد كانت منخفضة عموماً. إذ بلغت 6.92 ملليكافي. 100 جم-1 في التربة قبل الري . وقد حدثت زيادة نتيجة لزراعتها بدوار الشمس لتصل إلى ما يتراوح بين 7.04 — 7.76 ملليكافي . 100 جم-1 إلا أن تأثير معاملات الري لم تظهر اتجاها واضحاً وأن كانت النتائج متباينة ، وقد يعزي ذلك إلى عدم تجانس العينات نتيجة

لاحتوائها على جذور النباتات بدرجات متفاوتة ، مما جعلت عملية التجنيس مهمة صعبة التحقيق.

وقد أظهرت تركيزات الكاتيونات المتبادلة على غرويات التربة اتجاهاً للزيادة نتيجة لزراعة التربة وموالاتها بالري عدة مرات كما كانت الزيادة أكبر ما تكون عند الري بمياه الصرف الصحي الخام .

فقد ازداد الكالسيوم المتبادل من 12.3 ملليكافي. 100جم-1 عند بدء التجربة ليصل إلى 15.0 ، 14.4 ، 13.8 ، 14.1 ، 12.7 ملليكافي. 100جم-1 في التربة المروية (10مرات) بمياه الصرف الصحي الخام ، والمعالج أولياً وثانوياً ، ونهائياً ومياه الشرب على التوالي .

بينما ازداد تركيز المغنيسيوم المتبادل من 1.2 ملليكافي. 100جم-1 ليصل إلى 1.6 ، 1.5 ، 1.4 ، 1.5 ، 1.0 ملليكافي. 100 جم-1 بالتربة المروية (10مرات) بمياه الصرف الصحي الخام، المعالج أولياً ، ثانوياً ، نهائياً ومياه الشرب على الترتيب .

وسلكت تركيزات الصوديوم المتبادل سلوكاً مشابهاً ، إذ ازدادت من 0.26 ملليكافي. 100جم-1 في التربة عند بداية التجربة لتصل إلى 0.56 ، 0.43 ، 0.45 ، 0.41 ، 0.31 ، ملليكافي. 100جم-1 بعد عشر ريات من مياه الشرب المجاري الخام والمعالج أولياً، وثانوياً ، ونهائياً ومياه الشرب على التوالي . وكانت تركيزات البوتاسيوم والمتبادل أقل من الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم، إلا أنها أظهرت نفس السلوك السابق. فق ارتفعت تركيزات البوتاسيوم المتبادل في التربة من 0.14 ملليكافي . 100جم-1 عند بداية التجربة لتصل إلى 0.17 ، 0.19 ، 0.20، 0.21 ، 0.12 ملليكافي . 100جم-1 في التربة المروية بمعاملات الري السابق على الترتيب .

كما كان محتوى التربة من الفوسفور الذائب منخفضاً ، إذ لم يتجاوز 1.7 جزءاً في المليون في التربة عند بداية التجربة . وقد انخفض التركيز بموالاة الري وفي جميع الأحوال . حتى أن التركيز وصل في بعض الحالات إلى مستوى يصعب تقديره ، ولا سيما في التربة المروية بمياه الصرف الصحي الخام والمعالج أولياً وثانوياً . ويعود الانخفاض الأول في تركيز الفوسفور الذائب إلى كون التربة رملية فقيرة في المادة العضوية ، ولعدم زراعتها سابقاً . أما الانخفاض الشديد لتركيز الفوسفور الذائب في الأرض المروية بالمياه الخام والمعالجة أولياً وثانوياً فقد يعود إلى النمو الكثيف لنبات دوار الشمس نتيجة لزيادة أعداد النباتات، ولتوفير العناصر الغذائية

الضرورية الأخرى في مياه الصرف الصحي مثل الأزوت والكالسيوم والمغنيسيوم وغيرها، الأمر الذي قد يؤدي إلى استهلاك كل الفوسفور الضئيل بالتربة.

4.5 التأثير على الخواص الميكروبيولوجية للتربة :

يتناول الجدول رقم(6) عرض نتائج تحاليل تأثيرات معاملات الري بمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة أولياً, وثانوياً ونهائياً وكذلك الري بمياه الشرب على الخواص الميكروبيولوجية للتربة والتي تشمل العدد الكلي للبكتيريا (وأعداد بكتيريا مجموعة القولونيات (Total Coliform Group) وأعداد بكتيريا القولونيات الغائطية (Number of Feacal Esherichia coil) وأعداد بكتيريا كلوستريديم برفرينجس (Number of Clostridum) وأعداد بكتيريا يتربتوكوكاي الغائطية (Number of Faecal Streptococci).

جدول (6) التحاليل الميكروبيولوجية لعينات التربة المستخدمة في زراعة نبات دوار الشمس

معدل	أوقات جمع العينات	العدد الأكثر احتمالاً للبكتريا، خلية . جم-1 تربة				
		أنواع مياه الري المستخدمة				
		مياه الشرب	مياه الصرف الصحى المعالجة			
			معالجة نهائية	معالجـــة ثانوية	معالجة أولية	غير معالجة
	قبل الري	6.4×10^3	6.4×10^3	6.4×10^3	6.4×10^3	6.4×10^3
العدد الكلى لبكتيريا	بعد الرية الأولى	1.4 x 10^4	8.6 x 10^4	1.2 x 10^5	3.0 x 10^5	2.0 x 10^6
	بعد الرية الخامسة	1.2 x 10^4	1.2 x 10^5	3.4 x 10^5	8.8 x 10^5	8.0 x 10^6
	بعد الرية التاسعة	3.5 x 10^4	5.0 x 10^5	5.0 x 10^5	2.0 x 10^6	3.2 x 10^6
أعداد بكتيريا مجموعة القولونيات	قبل الري	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	بعد الرية الأولى	NIL	NIL	NIL	1.7×10^1	1.7×10^3
	بعد الرية الخامسة	NIL	NIL	2.0	2.3×10^2	1.1×10^3
	بعد الرية التاسعة	1.7	7.9×10^1	5.0×10^3	7.0×10^3	< 2.4 x 10^4
أعداد بكتيريا القولونيات الغائطية	قبل الري	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	بعد الرية الأولى	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	بعد الرية الخامسة	NIL	NIL	NIL	2.0×10^1	2.0×10^2
	بعد الرية التاسعة	NIL	NIL	2.0	2.0×10^1	4.0×10^2
أعداد كلوستريديم برفرينجس	قبل الري	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	بعد الرية الأولى	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	بعد الرية الخامسة	2	6	3	16	16
	بعد الرية التاسعة	2	3	2	NIL	NIL
أعداد بكتيريا ستربتوكوكاي الغائطية	قبل الري	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	بعد الرية الأولى	NIL	NIL	4.9×10^2	2.2×10^2	NIL
	بعد الرية الخامسة	NIL	NIL	NIL	1.1×10^2	NIL
	بعد الرية التاسعة	NIL	NIL	2.0×10^1	5.0×10^1	1.7×10^3

ومن الجدول رقم (6) الموضح أعلاه يتضح أن العدد الكلي للبكتيريـــا (Total Count of Bacteria) في التربة المروية بمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة أولياً وثانوياً ونهائياً والمرويـــة كذلك بمياه الشرب ازداد في أعدادها في التربة خلال فترة التجربة لمعظم معاملات الـــري .

فقد كان العدد الكلي للبكتيريا قبل بد الري 3^10 x 6..4 خلية . جم-1 تربة ، وصلت بعد الرية التاسعة إلى 6^10 x 3.2، 6^10x2.0، 5^10 x 5.0، 5^10 x 5.0، 4^10 x 4.5 خلية . جم-1 تربة مروية بمياه الصرف الصحي الخام أو المياه المعالجة أولياً وثانوياً ونهائياً ومياه الشرب على التوالي . وتعود الزيادة في الأعداد الكلية للبكتيريا في التربة نتيجة للري وإلى تمشيط التربة ونمو الجذور ومن ثم وجود مواد عضوية سهلة الانحلال عملت كغذاء للبكتيريا. هذا فضلاً عما احتوته مياه الصرف الصحي من أعداد كلية للبكتيريا (جدول 3) ولاسيما الخام منها والمعالجة أولياً فقط.

لم تظهر بكتيريا مجموعة القولونيات (Total Coliform Group) في التربة قبل الري ولكنها ظهرت مباشرة بعد الرية الأولى في التربة المروية بمياه الصرف الصحي الخام (3^10 x 1..7خلية . جم-1 تربة) والمعالجة أولياً (1^10 x 1.7 خلية . جم-1 تربة) ثم ظهرت بعد الرية الخامسة في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً (2خلية . جم-1 تربة) . وبعد الرية التاسعة ظهرت في التربة المروية بكل معاملات الري . ويلاحظ التراكم الذي حدث لهذا النوع من البكتيريا في التربة ولا سيما في التربة المروية بمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة أولياً حيث ظهرت هذه البكتيريا في التربة المروية بالمياه الخام بعد الرية الأولى بعدد مقداره 1.7 x 3^10خلية . جم-1 تربة وصل هذا العدد بعد الرية التاسعة إلى أكثر من 4^10 x 2.4 .كذلك في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة أولياً فقد زادت من خلية . جم-1 تربة بعد الرية الأولى إلى 1^10x 1.7، 3^10x 7.0 خلية. جم-1 تربة بعد الرية التاسعة .

وسلكت بكتيريا القولونيات الغائطية (Number of Feacal Esherichia Coli) مسلك بكتيريا مجموعة القولونيات، إلا أنها لم تظهر بالتربة إلا بعد الرية الخامسة . وظهرت فقط في التربة المروية بمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة أولياً وبعد الرية التاسعة ظهرت أيضاً في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً وانعدام وجودها في التربة المروية بالمياه المعالجة نهائياً وكذلك بمياه الشرب. ويعود غياب E. Coli في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة الصحي المعالجة ثانوياً أو نهائياً أو المروية بمياه الشرب إلى عدم تواجدها أصلاً بالمياه التي استخدمت في الري.

وقد ظهرت البكتيريا كلوستريديم برفرينجيس (Number of Clostridum Perfringens) في التربة بعد الرية الخامسة بغض النظر عن معاملات الري ، ثم عادت للاختفاء في التربة المروية بالمياه الخام وتلك المعالجة ثانوياً وذلك عند تقدير أعدادها بعد الرية التاسعة .كذلك تناقصت

أعدادها في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً أو نهائياً ، ونظراً لعدم وجود هذا النوع من البكتيريا في مياه الشرب أو مياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً أو ثانوياً فإن تواجدها في التربة لابد وأنه يعود إلى تلوث ثانوي من حبيبات التربة التي قد تكون انتقلت بفعل الرياح أو انتقلت بفعل الحشرات الناقلة من أحواض المعاملات المروية بالمياه الخام إلى أحواض المعاملات الأخرى .

تأرجحت (تباينت) أعداد بكتيريا ستربتوكوكاي الغائطية (Number of Faecal Streptococci) في التربة المروية بمعاملات الري . ففي حين ظهرت بعد الرية الأولى في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة أولياً وثانوياً، لم تظهر في التربة المروية بمياه الصرف الصحي الخام، حيث كان من المتوقع وبصورة أكثر احتمال تواجد مثل هذا النوع من البكتيريا. كذلك لم تظهر بعد الرية الخامسة إلا في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة أولياً فقط. أما بعد الرية التاسعة فقد ظهرت في التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً والمروية بمياه الشرب حيث أن هذا النوع من البكتيريا غير موجودة أساساً في النوعين المذكورين من المياه (جدول 3) .

وقد يعود السبب في عدم ظهور بكتيريا ستربتوكوكاي الغائطية في التربة المروية بمياه الصرف الخام بعد الرية الأولى والخامسة ، وظهورها بعد الرية التاسعة إلى أن التخفيفات التي استخدمت عن تحليل العينات التي جمعت بعد الرية الأولى والخامسة من هذا النوع من المياه كانت عالية ، وبالتالي لم تظهر هذه البكتيريا في هاتين العينتين . كما أن عودة هذه البكتيريا للظهور في التربة بعد اختفائها قد يعود كما ذكرنا سابقاً إلى الانتقال الميكانيكي لحبيبات تربة حاملة للميكروب من أحواض معاملات الري بمياه الصرف الصحي الخام إلى أحواض معاملات الري الأخرى ، أو انتقال الميكروبات بواسطة الحشرات الناقلة.

5.5 تأثير الري بمياه الصرف الصحي على تلوث نبات دوار الشمس

نستعرض في هذا الجزاء تأثير معاملات الري بمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة أولياً وثانوياً ونهائياً وكذلك الري بمياه الشرب على تواجد الأنواع المختلفة من الميكروبات على أسطح نبات دوار الشمس عندما كان عمر النبات 5 ، 10 ، 12 أسبوع من الزراعة نبات دوار الشمس وقد شملت التقديرات كما سبق التنويه على العدد الكلي للبكتريا (Total Count of Bacteria) ، أعداد مجموعة القولونيات (Total Coliform Group) اعداد بكتريا القولونيات الغائطية (Number of Feacal Esherichia coli) واعداد بكتريا كلوستريديم برفرينجينس (Number of

Clostridium Perfringens)وأعداد بكتريا ستربتوكوكاي الغائطية (Number of Faecal Streptococci) والجدول رقم ( ) يوضح التحاليل الميكروبولوجية لنبات دوار الشمس.

جدول (7) التحاليل الميكروبيولوجية لعينات نبات دوار الشمس

معدل	العدد الأكثر احتمالاً للبكتريا، خلية . جم-1 تربة					
	عمر النبات أوقات جمع العينات	مياه الشرب	أنواع مياه الري المستخدمة			
			مياه الصرف الصحى المعالجة			
			معالجة نهائية	معالجة ثانوية	معالجة أولية	غير معالجة
العدد الكلى لبكتيريا	5 أسابيع	1.5 x 10^2	2.5 x 10^1	3.0 x 10^2	5.5 x 10^3	7.7 x 10^4
	10 أسابيع	8.5 x 10^2	3.8 x 10^1	5.0 x 10^3	1.0 x 10^3	1.0 x 10^4
	12 أسبوع	2.1 x 10^2	6.2 x 10^2	1.7 x 10^2	2.0 x 10^3	7.5 x 10^3
أعداد بكتيريا مجموعة القولونيات	5 أسابيع	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	10 أسابيع	NIL	2.0	2.0	NIL	2.0
	12 أسبوع	NIL	NIL	7.0 x 10^	NIL	2.0 x 10^3
أعداد بكتيريا القولونيات الغائطية	5 أسابيع	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	10 أسابيع	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	12 أسبوع	NIL	NIL	NIL	NIL	2.0 x 10^
أعداد بكتيريا ستربتوكوكاي الغائطية	5 أسابيع	2	1	NIL	NIL	9
	10 أسابيع	1	3	3	2	4
	12 أسبوع	2	3	1	6	9
أعداد بكتيريا ستربتوكوكاس الغائطية	5 أسابيع	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
	10 أسابيع	1.0 x 10^1	2.0 x 10^2	NIL	NIL	2.0 x 10^2
	12 أسبوع	NIL	NIL	7.0 x 10^3	NIL	NIL

يتبين من الجدول رقم(7) أن الأعداد الكلية للبكتريا أخذت اتجاهاً إلى الزيادة على أسطح النبات كلما قلت درجات معالجة مياه الصرف الصحي ، فقد كانت أعلى ما يمكن على

النباتات المروية بالمياه الخام فكانت إعدادها بالألف خلية . جم-1 77 ، 10 ، 7.5 بعد 5 ، 10 و 12 أسبوعاً من الزراعة في حين بلغت بآلاف خلية .جم-1 5,5 ، 3.0 و 2.0 بعد نفس الفترات للنباتات المروية بالمياه المعالجة أولياً وكان بالألف خلية ، جم-1 3.0 ، 5.0 و 0.17 للنباتات المروية بالمياه المعالجة ثانوياً . بلغت أقلها عدداً على النباتات المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً إذا كانت بالألف خلية . جم-1 0.025 ، 0.038 و 0.62 بعد نفس الفترة . بينما جاءت أعداد الكلية للبكتريا على النباتات المروية بمياه الشرب أعلى من الأخيرة إذ بلغت بالألف خلية . جم-1 1.5 ، 0.85 ، 0.21 عن نفس أعمار النبات على التوالي . ولاشك أن هذا يتوافق مع حمل هذه المياه من الميكروبات (جدول 3) فقد كانت الأعداد الكلية للبكتريا أعلى ما يمكن في مياه المجاري الخام ، وانخفضت أعدادها بازدياد مراحل المعالجة.

كما تشير النتائج إلى أن الأعداد الكلية للبكتريا على نباتات دوار الشمس قد تناقصت بتقدم النبات في العمر وذلك في أغلب معاملات الري ، فقد انخفضت على النباتات المروية بمياه الصرف الصحي الخام من 77 ألف خلية . جم-1 عند عمر 5 أسابيع إلى 10 ، 7.5 ألف خلية. جم-1 عن أعمار 10 ، 12 أسبوعاً على التوالي. وقد يعود ارتفاع الأعداد الكلية للبكتريا على أسطح النبات صغير العمر (5 أسابيع) إلى قرب النبات من سطح الأرض ومياه الري ومناطق الغبار الكثيف ، أما يتقدم النبات في العمر وازدياد ارتفاعه فإن ذلك قلل التعرض للتلوث ، كما أن أعداد البكتريا التي علقت عند العمر الصغير معرضه للتناقص من أعدادها نتيجة للهلاك . فقد أورد Shuval et al (1986) أن العمر الزمني لكثير من أنواع البكتريا المرضية الكشافة لايزيد عن 30 يوماً على سطوح النباتات ويتقدم النبات في العمر 10 ، 12 أسبوعاً يتحقق أنخفاض أعداد الملوثات المتواجدة عن عمره 5 أسابيع .

وقد سلكت بكتريا مجموعة القولونيات (Total Coliform Group) سلوكاً مخالفاً لسلوك الأعداد الكلية للبكتيريا فبينما لم يستدل على وجودها على سطوح النباتات عند عمر 5 أسابيع بغض النظر عن نوع المياه المستخدمة في الري ، فقد ظهرت على سطوح بعض النباتات وبأعداد قليلة جداً ــ إذا كانت متوسطات أعدادها 2 خلية . جم-1 على سطوح نباتات دوار الشمس عمر 10 أسابيع المروية بالمياه الخام أو المعالجة ثانوياً أو نهائياً ، بينما لم تظهر على

النباتات المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة أولياً أو المروية بمياه الشرب ، ويتقدم النبـــات في العمر (12 اسبوعا) عادت بكتيريا مجموعة القولونيات للظهور وبأعداد كبيرة على النباتـــات المروية بالمياه الخام 2000 خليه .جم-1 وبأعداد أقل على النباتات المروية بالمياه المعالجة ثانويـــاً (70 خلية . جم-1) بينما لم تظهر هذه البكتريا على النباتات المروية بالمياه المعالجة أوليـــاً أو نهائياً أو بمياه الشرب . وهذه النتائج المتضاربة تدل على أن التلوث ببكتيريا مجموعة القولونيات لم يكن تلوثاً مباشراً بدليل عدم تواجدها على سطوح النباتات صغيرة العمر القريبة من الأرض والأكثر عرضة لملامسة مياه الري (عمر 5 أسابيع) وأنما أمكن الكشف عنها على سطوح بعض النباتات الأكبر عمر (10 أسابيع ، 12 أسبوعاً) وبدون وجود علاقة مع درجة معالجة ميـــاه الصرف الصحي ، وأغلب الظن أن التلوث المتأخر حدث نتيجة لعوامل نقل أخـــرى مثـــل الحشرات ، والهواء المحمل برذاذ من محطة دارسيت لمعالجة مياه الصرف الصحي (موقع إجـــراء التجربة) ، أو الهواء المحمل بجزئيات الحماة الجافة الموجودة قرب موقع التجربة .

أما أعداد بكتريا القولونيات الغائطية (Number of Feacal Esherichia Coli) فلم تظهر علـــى النبات المروي بمعاملات الري المختلفة سوى على النبات المروي بمياه الصرف الصحي الخـــام وعندما كان النبات عمره 12 أسبوعاً، ولاشك أن تواجده كان مرتبطاً بلتوث ثـــانوي عـــن طريق الحشرات أو انتقال الغبار أو الرذاذ كما سبق ذكره .

ويتضح لنا ايضاً أن أعداد بكتريا كلوســـتريديم برفرينجـــس (Number of Clostridium Perfringens) على أسطح النبات لم يسلك مسلكاً محدداً فعلى سبيل المثال عندما كان عـــرم النبات 5 أسابيع ظهرت على أسطح النبات المروي بمياه الشرب خليتان في كل جرام نبـــات ثم عند عمر النبات 10 أسابيع ظهرت خلية واحدة وبعد أن وصل النبات عمر 12 أسبوعاً ظهرت خليتان ، أما بالنسبة للنبات المروي بمياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً ، فلم يظهر هذا النـوع من البكتيريا على أسطح النبات ولكنه ظهر عندما كان عمر النبات 10 أسابيع بواقع 3 خلايـا لكل جرام نبات ثم نقصت إلى خلية واحد عندما كان عمر النبات 12 أسبوعا ، وبالرغم مـــن ذلك فقد كانت أعداد بكتيريا كلوستريديم برفرينجس أكبر على النباتات المروية بمياه الصرف الصحي الخام ، إلا أن الأعداد كانت عامة منخفضة جداً .

أما بكتيريا ستربتوكوكاي الغائطية (Number of Feacal Streptococci) ، فلم تظـــهر علـــى أسطح النبات عندما كان عمر النبات 5 أسابيع على مستوى كل معاملات الـــري ولكنـــها

ظهرت بعدما كان عمر النبات 10 أسابيع على أسطح النباتات المروية بمياه الصرف الصحي الخام وتلك المعالجة نهائياً وكذلك على النباتات المروية بمياه الشرب حيث كانت أعدادها 200 ، 200 ، 10 خلية . جم-1 نبات على التوالي ، ثم انخفضت هاتين المعاملتين في العينة التي جمعت عندما كان عمر النبات 12 اسبوعا ، بينما ظهرت على اسطح المروي بمياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً (700 خلية . جم-1) و لم تظهر على النباتات المروية بالمعاملات الأخرى.

وكما أوضحنا من قبل فإن تواجد البكتيريا المرضية الكشافة على أسطح النباتات تحكمها ظروف بيئية عديدة ولاسيما إذا كانت هذه النباتات مزروعة في موقع تتعدد فيه مصادر التلوث الميكروبي كما هو الحال في موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي بدارسيت .إلا أن هناك مؤشراً عاماً يتضح من هذه الدراسة هو أن التلوث الذي تم تسجيله وهو التلوث بالميكروبات المرضية الكشافة لم يكن تلوثاً مباشراً من مياه الصرف الصحي وإنما كان تلوثاً غير مباشراً من مياه الصرف الصحي وإنما كان تلوثاً غير مباشر (بواسطة الحشرات ، الهواء ، الرذاذ) وغالباً ما يكون مرتبطا بتواجد التجربة في الموقع الحالي بمحطة دارسيت لمعالجة مياه الصرف الصحي حيث يتطاير رذاذ المياه الخام في الهواء كما أن تواجد أكوام الحماة الجافة معرضة لنقل جزئياتها بالرياح وغير ذلك من العوامل البيئية.

6 . الخلاصة

يمكن أن نخلص إلى القول بان تأثير الري بمياه الصرف الصحي على الخواص الفيزيائية للتربة كانت عديمة أو قليلة وخاصة على التربة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة نهائياً وثانوياً .أما التأثير على الخواص الكيميائية للتربة ، فقد أشرنا أن هناك تغييرا طفيفاً في ق (يد) التربة وخاصة التربة المروية بمياه الصرف الصحي الخام ، وزيادة قليلة في تركيزات الكاتيونات المتبادلة على غرويات التربة وبالأخص التربة الميروية بمياه الصرف الصحي الخام ، وبالتالي يمكننا أن نقول ايضاً أن تأثيرات الري بمياه الصرف الصحي على الخواص الكيميائية (بناء على نتائج هذه التجربة) كانت قليلة جداً .

اما الميكروبات المرضية المصاحبة لمياه الصرف الصحي وسلوكها علي كل من التربة والنبات ، فقد لوحظ، على سبيل المثال الاعداد الكلية للبكتريا ، كان لها سلوكاً واضحاً في التربة المروية بمعاملات الري المختلفة حيث تتراكم هذه الاعداد بمولاة عدد الريات . أما بالنسبة لنباتات

دوار الشمس ، فكما أوضحنا أن أعداد هذه البكتريا تتناقص بمولاة عمر النبات ، والسبب في ذلك هو ارتفاع النبات عن المناطق الملوثة بتقدم عمره. ونستطيع القول بأن انتقال الميكوربات المرضية من مياه الصرف الصحي إلى كل من التربة ونبات دوار الشمس كان قليلاً ، إضافة إلى أن الميكروبات المرضية التي ظهرت في التربة وعلى أسطح النبات ليس بالضرورة أن تكون من المياه المستخدمة في الري، بل برما تكون من البيئة المحيطة بموقع التجربة داخل محطة معالجة مياه الصرف الصحي بدارسيت .

المراجع :

1- المراجع باللغة العربية :

1. إدارة التعاون التقني لأغراض التنمية – الموارد الطبيعية ، الأمم المتحدة (1985م) : استخدام موارد المياه غير التقليدية في البلدان النامية ، سلسلة دراسات عن المياه رقم (14) ، نيويورك.
2. بليغ ، عبدالمنعم (1979م) : الأتربة المتأثرة بالأملاح ، منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ، روما .
3. سالم ، ابو بكر صديق وعبدالمنعم ، نبيل محمود (1989م) : التلوث – المعضلة والحل ، سلسلة الأسس التكنولوجية ، مركز الكتب الثقافية ، لبنان .
4. شري ، محمد (1984م) الوقائية الصحية ، دار الفكر اللبناني ، بيروت – لبنان .
5. عبدالمقصور ، زين الدين (1990م) البيئة والإنسان – دراسة في مشكلات الإنسان والبيئة ، دار البحوث ، بيروت ، لبنان .
6. عثمان ، مصطفى نوري (1983م) : الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية مطبوعات تهامة جدة المملكة السعودية.
7. عوض عادل (1990م) : استخدام مياه المجاري للأغراض الزراعية ، جامعة تشرين، الجمهورية العربية السورية .
8. الليلة ، محمد أنيس وأحمد شميم وميدكبروكس أ ي . جو ، تجميع ومعالجة مياه الفضلات جامعة الموصل .
9. مجلس التنمية (1989م) : الكتاب الإحصائي السنوي لعام 1989م ، سلطنة عمان.
10. منظمة الصحلة العالمية (1984م) : دلائل جودة مياه الشرب – الجزء الأول ، التوصيات ، جنيف .
11. وزارة البيئة (1986م) : اللائحة الخاصة بإعادة استخدام مياه الصرف وتصريفها ، سلطنة عمان .
12. وزارة الزراعة والأسماك : دراسة تصنيف التربة (1991م) .

2.REFERENCES IN ENGLISH

1. Abd El-Naim, E.(1986); Use of Sewage Water in irrigation. FAO National Training Course on Reclamation and Management of marginal Soils in Egypt, 14-25 Dec. 1986, Egypt.

2. Adams, V.D. (1981); Disinfection for reuse of wastewater. In Trieff, N.M.: Environment and Health. Ann Arbor Science. U.K. ,pp.324-345.

3. Ahmad,.(1989):Wastewater Reuse in Landscape and Agricultural Developement in Doha, Qatar. Water, Science and Technology, 21.

4. Arar, A. (1986): Management Aspects of Low Quality Water including Sewage Effluent for irrigiation. National Training Course on Reclamation and Management of Marginal Soils in Egypt, 14-25 Dec., Egypt.

5. Black, C.A. (Ed.)1965; Methods of Soil Analysis Part II. American society of Agronomy Monograph No. 9, Madison, wisconsin, U.S.A.

6. Blake, G.R. 1965. Bulk Density In: C.A. Black (ed.). Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. Am. Soc. of agron. and Am. Soc. for testing of Meterials, Agronomy Monograph No. 9. Madison, Wisconsin, U.S.A.

7. Crook, J., Spath, D., (1981): Water Reuse - health and other Aspects. In Trieff, N.M.: Environment and Health - by Triff, N.M. Ann Arbor Science. U.k., pp.503-551.

8. Shuval, H.I., (1988) : Adin, A., Fattall B., Rawitz, E. and Yekutiel, P. (1986): Wastewater irrigation in Developing Countries: Health Effects and Technical Solutions. World Bank Technical Paper No 51.

9. WHO (1985): Guidelines for Drinking Water Quality. Vol 3, Drinking - Water Quality Control in small Community Supplies. Geneva.

10 .WHO (1988): Health Guidelines for the use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture, Technical Report' Series 778, Geneva.

Wild, A. (1988): Russell's Soil conditions and Plant Growth. 11th Ed. Longman Scientific and Technical New York.

الاستفادة من مياه الصرف الصحي في الزراعة وغيرها

د. سعيد سويلم التركي

الاستفادة من مياه الصرف الصحي في الزراعة وغيرها

د . سعيد سويلم التركي

قسم الجغرافيا – كلية العلوم الاجتماعية

جامعة أم القرى

ص . ب : 715 مكة المكرمة .

فاكس : 5572444 [02]

ملخص البحث

على الرغم من أهمية المياه على حياة الإنسان والحيوان وللزراعة والصناعة ، منذ القدم فان الاهتمام بالاستفادة من مياه الصرف الصحي في الانتشار الزراعي وتربية الحيوان ، و لم تكن له بداية إلا في وقت قريب .

إن إنشاء محطات التصريف الصحي لم تكن معروفة في السابق وذلك بعد التغيير في البيئات زاد الاحتياج للمياه في الاستخدام الآدمي والزراعي والصناعي وغيرها ، تركز الاهتمام بها .

وللتطور للمعرفة واحتياج الإنسان للمياه كانت السدود تقام لحفظ المياه للاستفاة منها للتسرب داخل الأرض عبر المسافات بين التربة وارتفاع المياه الجوفية ومن ثم ارتفاع مناسب المياه في الآبار .

ولكن لقلة التساقط والاحتايج الزائد للمياه مع تزايد عدد السكان والحركة العمرانية والزراعية وكثرة المياه المهدرة اتجه التفكير في استخدام مياه التصريف الصحي للزراعة ، وكما هو معروف فإن المملكة ليست دول نهرية أو ذات أمطار منتظمة في تساقطها .

ولتفادى هذه المشكلة اهتمت حكومة المملكة بالبحث عن مصادر للمياه وقامت وزارة الزراعة والمياه بإنشاء محطات تنقية مياه التصريف الصحي في مختلف المناطقة متباينة الأحكام أو التصريف ، حيث بلغ عدد المحطات تقريباً مابين 15 – 20 محطة منتشرة في المملكة وكان حجم المياه التي تجمعها تقريباً 297 مليوم م3 في المدن الكبرى كمكة المكرمة ، المدينة المنورة ، الرياض ، جدة ، الدمام ، وغيرها والهدف هو :

1- مساعدة المساه الطبيعية من عدم الاعهتماد الكلي عليها في الظروف والمحافظة عليها.

2- تجميع المياه المهدرة ومحاولة تنقيتها بالنوعية الجيدة لاستخدامها .

3- ري المزارع .

لابد هنا من مراعاة استخدام المواد المساعدة في التنقية التي يسمح بها وهناك مشكلة من عملية تزايد كمية المياه المتجمعة بعد تنقيتها وتصريفها ، وعدم الإسراف باستخدامها بكثرة .

ولقد توصل البحث لحلول قد تكون مفيدة في هذا الأمر :

بناء حزانات بجوار المحطات لتخزين المياه الفائضة ، وكذلك بدفعها بمواتير الدفع بعد عمل شبكى من الأنابيب لتوصيل المياه من الخزان والعكس ، دو فقدها كما يفعل الآن مع عمل شبكة داخل المدن لتصريف المياه واستخدامها .

لابد من إقامة السدود والإكثار من إنشائها على الأودية الكبيرة كسدود خرسانية وعلى الأودية الصغيرة سدود ترابية أو تراكمية ، خاصة في هذه المدة التي تنقص كمية الأمطار بها وإقامة المحطات في المدن الأخرى وتوسيع المحطات المقامة لاستيعاب المياه والاستفادة منها .

مقدمة :

الماء سبب الحياة على هذه الأرض وجميع الكائنات تبحث عن المياه . تقع المملكة العربية السعودية في منطقة قليلة المياه حيث أن امطارها غير منتظمة في سقوطها وكذلك في كميتها ولاتوجد بها انهار دائمة أو ينابيع مستمرة .

ولهذه الأسباب نجد ان حكومة المملكة العربية السعودية ممثلة بوزارة الزراعة والمياه تهتم بالبحث والتنقيب عن مكامن المياه واقامة السدود ، وإقامة محطات لتحلية المياه وكذلك تنقية مياه المجاري للاستفادة منها للاستخدام .

وتكمن أهمية مياه المجاري في العصر الحاضر انها تساند المياه الطبيعية كما أنه تستخدم في الصناعة والزراعة والاستخدامات الأخرى كغسيل المنازل والسيارات غير الشرب .

تتكون الدوره الهيدرولوجيه بشكل مبسط من سحاب فمطر ثم انهار وسيول منها مايتغلغل إلى باطن الأرض . ويستعملها الإنسان من هذه الدورة شيئاً بسيطاً والجزء الآخر يذهب إلى البحر أو المحيطات ثم يابخر ثم يتكون سحاباً مره أخرى .

لم تكن اعادة استخدام المياه وليده زماننا الحالي بل وقد اختلفت الآراء نحوها . فقد كان البعض يعتقد أنها تساهم في خصوبة التربة وتساعد على تكاثر الزراعة ، أما البعض الآخر

فكان يرى تركها وعدم إعادة استخدامها لاعتقادهم انها تساهم في تلوث التربة بما تحتويه من مكروبات وجراثيم . ولكن في السنوات الماضية القريبة تقدمت التكنولوجيا والتعقيم والترشيح للمياه فجاز استخدامها للري ، والمصانع .

على الرغم من الحيطة والترشيد في استخدام المياه إلا أن المدن الكبيرة والمصانع والمزراع تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه لن يفي بتأمينها إلا مياه المجاري بعد تعقيمها ومعالجتها .

وقد جعلت الزيادة السريعة والمضطردة بطلب الماء ، بعض الدول تضع المخططات لاستعمال هذه المياه بعد انشاء المحطات لمعالجة مياه الصرف ، وهذه تكثر في بلدان لاتقع أصلاً في المناطقة الجافة .

ونتيجة للنمو الحضري والسكاني الذي تعيشه المملكة منذ أكثر من عقدين ارتفعت معدلات استهلاك المياه بشكل كبير ويقدر الامداد الاجمالي لمياه الشرب في مدن المملكة حوالي 3ر36 مليون م^3/يوم [1] . كما بلغت كمية مياه الصرف الصحي التي تعالج في الثلاثين محطة رئيسية حوالي 1ر23 مليون3/يوم[2] . اما المياه التي يعاد استخدامها فتقدر بحوالي 2ر75الف م3/يوم[3] أي مايعادل حوالي 22% من اجمالي المياه المعالجة .

تعتبر مياه المجاري المنقاه أحد المصادر التي تلعب دوراً هاماً في المساعدة على سد احتياج القطاعات الهامة كالزراعة وهذا المصدر ساعد التقليل من الاعتماد على الخزانات الجوفية . واقيمت محطات لتنقية المياه في كثير من المدن في المملكة العربية السعودية للتنمية الزراعية . كما يستخدم للتشجير والري بالإضافة إلى تمديدات شبكات المياه في الأحياء إلى المحطات لتنقيتها .

ويلاحظ أن هذه تساعد على التغلب على نقص المياه وترشيدها في المملكة العربية السعودية وذلك لأن مشكلة المياه وشحها في المملكة العربية السعودية تتعمق بمرور الزمن وذلك من محدودية الامكانات وتوسع العمران في المدن وعلى ضوئها توسع المدن المتسارع الذي يتسارع من ازدياد السكان (من 466ر009ر7 نسمة عام 1394هـ إلى 388ر948ر16 نسمة عام 1413هـ)[4] ونضوب مصادر المياه الطبيعي التي توضح عمق المشكلة المائية التي ستزيد عمقاً

---

[1] وزارة الزراعة والمياه – تنمية موارد المياه ، 1997م .

[2] مصلحة المياه والمجاري – الرياض – 1998م .

[3] مرجع سابق .

[4] وزارة التخطيط ، مصلحة الاحصاءات العامة ، 1413هـ .

لو لم يضع لها حلول دائمة لانهاء المشكلة . ومن هذه الحلول اعادة استخدام المياه المـــهدره في أغراض محدوده .

وتتمثل الأهداف في الآتي :

1- تعميم استخدام مياه الصرف الصحي بعد تفتيتها على جميع مناطق المملكة .

2- الجدوى الاقتصادية لتعميم استخدام مياه الصرف الصحي النقي ، من إقامـــة المحطـــات ومد الشبكات الواصلة من المنازل للمحطة والعكس .

3- الضمانات الصحية لاستخدام مياه الصرف المعالجة ، على التربة والزراعة .

4- ملاحظة عدم جعلها سبباً في التلوث على التربة والزراعة .

فرضيات الدراسة : وتتمثل هذه الفرضيات في الأمور التالية :

1) الاستفادة من تعميم مياه الصرف الصحي المنقاة على جميع مناطق المملكة في الزراعـــة والصناعة .

2) التوسع باقامة محطات التنقية لمراحلها الثلاثة بجميع المناطق . وتحسين وضـــع المحطـــات القائمة السابقة بزيادة انتاج المحطة من المياه المنتقاه .

3) تحليل المياه المنقاه في محطات التنقية ، ومراقبتها الصحية .

4) معالجة مواد التلوث على التربة والزراعة .

يلاحظ قبل البداية الاطلاع على أسباب استخدام هذه المياه المتمثلة في :

1- انخفاض قيمة التكلفة لانشائها وتشغيلها .

2- ازالة مشكلة التلوث الصحي والجراثيم المرضية .

3- لاعتبارها مغذيات للنبات خاصة في حالة الري غير المفيد .

4- التنقية قبل اسالتها على الأرض وتغلغلها للمياه الجوفية .

كما تهدف هذه الدراسة على :

1) مساعدة المياه الطبيعية من عدم الاعتماد عليها في هذه الظروف .

2) تجميع المياه المهدره وتنقيتها بالنوعية الجيدة .

3) الاستخدام في غير المأكل والمشرب . وفي مجال الزراعة كالري ومجال الصناعة.

ولاعتبارات اقتصادية وتخطيطية في تحديد أفضل البدائل باستعمال مياه الصرف الصحـــي بعد تنقيتها وذلك تابع للسياسة العامة في عملية الترشيد في استخدام الميـــاه الطبيعيـــة

القليلة. وتعتبر من الأمور المهمة التي يستند عليها لتحديد التوجيهات المستقبلية لاستخدام هذه المياه في ظل استراتيجية شامله تأخذ في الاعتبار الاحتياجات الكمية والنوعية للقطاعات المختلفة والبدائل المتاحة لتغطية هذه الاحتياجات .

2 – منهج الدراسة :

هذه الدراسة نتاج لمسح ميداني لخمس محطات رئيسة هي محطة جدة – الطائف – الرياض – المدينة والمنطقة الشرقية وبعض المحطات الصغيرة كمحطة مطار الملك عبد العزيز الدولي بجدة . والبيانات والإحصائيات من وزارة الزراعة والمياه وإدارة مصلحة المياه والمجاري في المناطق التي قام الباحث بزيارتها . بالإضافة إلى إدارة تخطيط المدن بوزارة البلدية والأشغال العامة كما كان جمع المعلومات عن مياه الصرف الصحي المنقاه وكيفية عمل المحطات ومقدار التنقية التي وصلت إلى مياه الصرف الصحي .

لهذا قام الباحث بتقسيم الدراسة خمس فصول لهذا الموضوع على النحو التالي :

– الفصل الأول : الطلب على المياه .

– الفصل الثاني : الاستفادة من استخدام المياه المعالجة (مياه المجاري) .

– الفصل الثالث : مصادر مياه المجاري ونوعيتها .

– الفصل الرابع : الخلاصة المنبثقة من الدراسة .

– الفصل الخامس : التوصيات .

الخاتمة .

المراجع .

الفصل الأول : الطلب على المياه :

نقص المياه الطبيعية وشحها في المملكة العربية السعودية أدى إلى التركيز على استخدام مياه المجاري بعد تنقيتها مهمه لإيجاد حلول لمشكلة نقص المياه الطبيعية والتغلب على الشح فيها .

ولو تطلع الطلب على المياه ساعد على تطرقنا إلى مشكلة المياه من حيث نقصها وشحها في المملكة لوجد أنها تتعمق بشكل كبير مع مرور الزمن وذلك من المحدوديه لكمية المياه واتساع المدن وزيادة عدد السكان ان المشكلة أخذت تمس الحياة اليومية للفرد .

تؤكد الدراسات الدولية على ان المشكلة سوف تزداد إذا لم يكن هناك حلول دائمه يلجأ إليها لتحد تفاقم شح المياه .

ينصب التفكير الآن بوضع خطط لتحقيق الامن المائي الذي أصبح هدفاً وطنياً في المملكة العربية السعودية نظراً لافتقارها من المصادر المياه الطبيعية كالانهار والبحيرات وسقوط الامطار بانتظام .

يلاحظ من هذا أن الاستهلاك العام للمياه لايأخذ أهمية هذه الثروة ، علما ان توفير المياه في المملكة يعتبر أكثر تكلفة من كثير من الدول التي لديها مصادر مياه كالأنهار والبحيرات العذبة ، وذلك للاعتماد على مشاريع تحلية مياه البحر علماً بان نقص المياه يحد من النمو الاقتصادي للفرد . لهذا لابد من التفكير والتخطيط المزدوج من حيث احتياجات نمو البلد والتحديات البيئية التي تواجهها قلة سقوط الأمطار شح المياه الجوفية وغيرها .

ترجح الدراسات السابقة على هذا كله أدى إلى التفكير في اعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها وذلك لسد نسبة جيدة من الري والصناعة والزراعة وكذلك الصرف الصحي في المنازل ، إذ من شأنه ان يخفف الاستهلاك عن المياه الطبيعية خاصة والمطالبة بالتوسع في استخدام المياه المعالجة من اجل المساهمة أكثر لهذا النوع من المياه في الطلب الوطني للمياه والمتوقع ان يرتفع من 12 مليار م^3 إلى حوالي 20 مليار م^3 2020 م ولتخفيض العجز المائي الذي يصل إلى حوالي 2 مليار م^3 ويسجل نموا سنوياً يصل إلى 8ر0% .

تعتمد المملكة على المياه الجوفية غير المتجددة لتلبية الاحتياجات من المياه بنسبة 75% وعلى المياه الجوفية المتجددة والسطحية حوال 14% اما محطات تحلية المياه فحوالي تلبي 12% من هذا الطلب ولا تزيد مساهمة المياه المعالجة عن 2ر1% من اجمالي الطلب [1] ومن التوقعات ان هذه النسبة لن تتغير كثيراً عن عام 2020 الامر الذي يشكل عبأ كبيراً على الموارد المائية غير المتجددة .

وتشير التوقعات [2] ان الاستهلاك المحلي سيصل إلى 6 آلاف م^3 سنوياً فإذا افترضنا معالجة واعادة استخدام النصف للكمية بحلول عام 2020 م فإن هذه المياه بامكانها تغطية حوالي 11% من اجمالي الطلب وإذا استخدمت هذه المياه في الزراعة فإنها ستلبي حوالي 14% من متطلبات المياه للقطاع الزراعي واذا ماتم استخدامها كبديل للمياه الجوفية غير المتجددة فانها سوف تقلل من استنزاف هذه المياه بحوالي 15% . (جدول رقم 1)

---

[1] **وزارة الزراعة والمياه إدارة تنمية موارد المياه ، 1997م .**

[2] **مرجع سابق .**

جدول رقم (1)

يبين المكميات المستخدمة من مياه الصرف الصحي في المملكة[3]

المدينة	1415هـ/ 1995م		1440هـ /2020م	
	يومياً(آلاف) م3	سنوياً (مليون)م3	يومياً (آلاف) م3	سنوياً (مليون)م3
مكة المكرمة	125	80	200	105
المدينة المنورة	91	60	120	80
الرياض	310	140	470	280
جده	290	125	450	240
الدمام	75	45	130	90
الطائف	61	40	90	80
بقية المدن	271	126	600	260
المجموع	1223	616	2050	1135

وكما هو ملاحظ فإن الجدول يبين حجم هذه المياه المتاحة للاستعمال بعد تنقيتها حيث يتضح الكميات الكبيرة التي ينبغي الاستفادة منها ، حيث ستساعد على التقليل من الاعتماد على المياه الجوفيه .

توفر لمدينة مكة مثلاً في المياه عام 1410هـ - 1990م كان 112 الف م3/يومياً ارتفع عام 1415هـ - 1995م إلى حوالي 125 الف م3/يومياً وذلك لأن الشبكة قد تمت توصيلها إلى المحطة ولان المحطة المستَقْبِله كمية استيعابها أقل مما تصرفه المدينه من مياه في هذه الشبكة . ومن المتوقع وبعد التوسعة وانتهائها سوف تتمكن المحطة من الاستيعاب لهذه المياه التي سوف تصل إلى حوالي 200 الف م3/يومياً . أي سوف يلاحظ التزايد من تصريف المياه للصرف الصحي إلى المحطة واستخدامها وهذا في غير وقت المواسم (الحج والعمرة) وهذا يعطي أن المملكة قفز مياه الصرف الصحي من 397مليون م3/ سنوياً عام 1410هـ - 1990م إلى 616 مليون م3/سنوياً عام 1415هأ - 1995م تم التوقع والزيادة عام 1440 هأ - 2020م إلى حوالي 1135 مليون م3/ سنوياً ويعطي هذا ان المملكة سوف تصل إلى الاستقرار باستخدام مياه الصرف الصحي كمساعدة للمياه الجوفية والتحلية باستخدامات بشرية غير الشرب والأكل .

---

[3] المصدر إدارة مياه الصرف الصحي وبتصرف من الباحث .

بدأت الحكومة في الثمانينات ببناء المحطات المعالجة وشبكات الصرف الصحي في معظم المدن الكبرى وتصل السعة لهذه المحطات إلى مايزيد على 550 مليوم م^3 في السنة بينما تتم معالجة نحو 530مليون م^3 سنوياً . إذا نظرنا إلى إعادة الاستخدام لاتزيد عن 100 مليون م^3 سنوياً بنسبة 35% من الطاقة المتاحة والباقي يرمى اما في البحر أو الاودية . جدول رقم (2) وشكل رقم (1 ، 2) .

جدول رقم (2)

استخدامات وتقديرات المياه للصرف الصحي في المملكة (مليون م3سنوياً) [1]

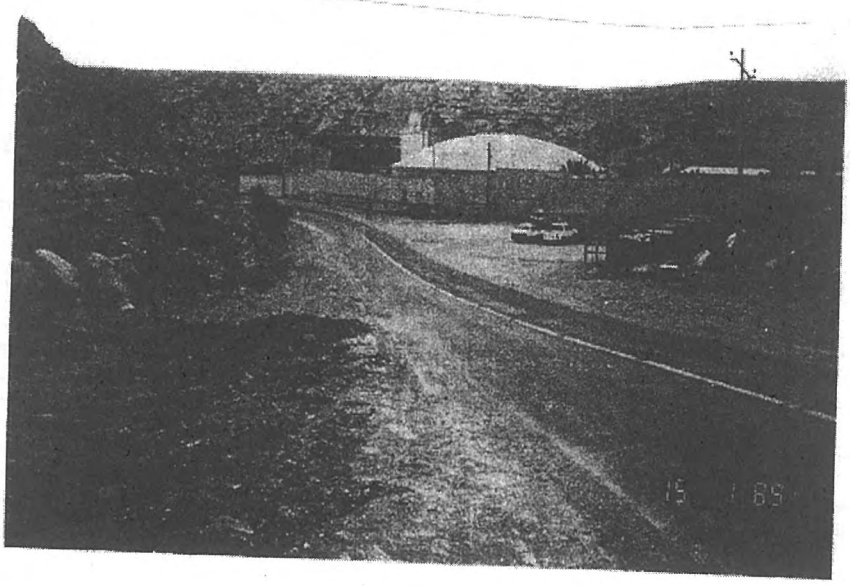
الاحتياجات	1402هـ/ 1982م	1420هـ / 2000م	1440هـ /2020م
البلدية والصناعة	17	125	300
الزراعة	200	302	825
المجموع	217	427	1125

يعطي الجدول تصوراً على استخدام المياه للجوانب أو للخدمات التالية : فالبلدية والصناعة استخدمت المياه وكان في ازدياد من 17مليونم3/سنوياً عام 1402هأ - 1982م وذلك لأن الفرد والمجتمع لم يحبذا استخدام هذه المياه المنقاة في الريي وفي المنازل والمصانع ولكن عام 1420هـ - 2000م زال بعض الشيء المانع من استخدام هذه المياه فزاد استخدامها وقبولها ولقلة المياه غير المتجدده المهدده بالانتهاء فبلغ الاستخدام لنفس الغرض إلى 125 مليون م3/ سنوياً ومن المعتقد والتقديرات المستقبلية سوف يصل استخدام هذه المياه للبلدية والمصانع إلى حوالي 700 مليون م3/ سنوياً لتعدد الاستخدامات والاحتياجات المطلوبة وازدياد الزراعة المعتمدة على ري مياه الصرف الصحي وتوسع بعض المصانع وانتشار مصانع تحتاج هذه المياه للتبريد أو التنظيف.

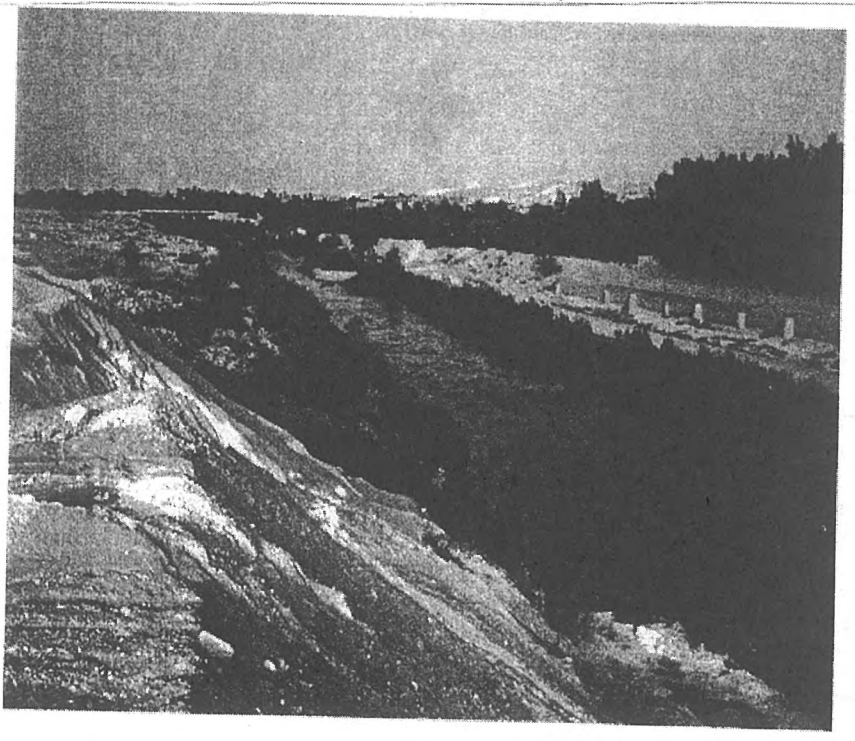
وينطبق هذا الأمر على الزراعة ففي عام 1402هـ - 1982م كان الاستخدام حوالي 200 مليون م3/ سنوياً ثم ازدادت هذه الاستخدامات فوصلت عام 1420هـ - 2000م إلى 302 مليون م3/ سنوياً ومن المتوقع ان يصل استخدام هذه المياه إلى حوالي 825 مليون م3/سنوياً يعود ذلك إلى وصول التنقية لهذه المياه إلى المستوى النقي باستخدام التنقية الثلاثية وقبول المزارعون لهذه التنقية ب علمهم بان المياه الجوفية اخذت بالنقصان .

---

[1] بتصرف من الباحث .



شكل رقم (١) محطة الحاير للتنقية في الرياض



شكل رقم (٢) نهر من مياه المجاري في الحاير جنوب الرياض

وتتركز استخدام المياه في الزراعة التجميلية بالإضافة إلى ري بعض المحاصيل العلفية أي ان هذا الاستخدام لايعطي المياه قيمتها الاقتصادية الحقيقية في ظل الوضع الراهن في المملكة . (جدول رقم 3)

جدول رقم (3)

يوضح نسبة أهمية اعادة مياه الصرف الصحي في المملكة [1]

نسبة الاحتياجات مستقبلاً	1402هـ / 1982م	1420هـ / 2000م	1440هـ / 2020م
الاحتياجات البلدية	2ر3	4	8ر9
الاحتياجات الآخرى	15	25ر9	43

يدل الجدول الثالث النسب المئوية من كميات المستخدمة فالبلديات لم تستفيد الى 2ر3% من كميات المياه المستخدمة عام 1402هـ / 1982م ، وهذا يوضح بعدم معرفة الفائدة في هذه وايضاً لعدد السكان في ذلك الوقت الذي لم يتجاوز تقريباً 10 ملايين نسمة تقدير وزارة المالية والاقتصاد الوطني ولكن لازدياد العدد السكاني واقبال المملكة على استخدام التكنولوجيا في جميع القطاعات ساعد على ازدياد استخدام المياه ولكن لم يصل إلى ماكان يريده المخططون فكان نسبة استخدام هذه المياه 4% من كمية المياه لان المجتمع لم يقبل هذه المياه في عام 1420هـ /2000م ولكن من المتوقع في عام 1440هـ /2020م سوف يصل الاستخدام إلى 8ر9% لان الزراعة سوف يزداد استخدام المياه على حصة البلديات والصناعة .

تعطى هذه الدراسة بإزدياد من 15% عام 1412هـ /1982م إلى 25ر9% عام 1420هـ / 2000م إلى التوقع 40ر1% في عام 1440هـ / 2020م وهو يعطي دلالة على قبول استخدام هذه المياه بين المجتمع دون حرج أو رغبة . ويعطي هذا انه في المستقبل سوف يصل استخدام المياه إلى أكثر من 50% من كميات المياه المنتجة للأغراض التي يحتاجها الإنسان .

الفصل الثاني : الاستفادة من استخدام المياه المعالجة (مياه المجاري) :

مما سبق فإنه يمكن استعمال مياه المجاري بعد معالجتها في الصناعة والزراعة والاستخدام الآدمي [غير الشرب والطهي] وبلاد كالمملكة العربية السعودية صحراوية قليلة الموارد من المياه ، يجب التخطيط بعناية بمراعاة لوضع الخطط باعادة استعمال مياه المجاري التي تزداد يوماً بعد يوم دون الاستفادة منها بل تركها كما هي مسببه التلوث وتهدد الصحة العامة والطلب على

---

[1] **بتصرف من الباحث .**

المياه سيزداد نتيجة التطور العمراني والصناعي والزراعي . وقد شكل نقص المياه في عدة مناطق من المملكة عائقاً رئيسياً كان له الآثر الكبير في الحد من قيام تنمية زراعية . فثبت ان بالامكان استخدام مياه المجاري المنقاه بالمدن بعد تخليصها من الجراثيم والمواد الضاره وذلك لري المزارع القريبه منها بالاضافة إلى استخدامها في تشجير المدينة ، والفكرة الآن هو انجاح هذا المشروع في استعمال مياه المجاري للأغراض الزراعية والصناعية . والتي يمكن من هذا المنطلق اعتمد رفع كفاءة المحطات المعالجة للصرف الصحي القائمة والاتجاه إلى التقنية الثلاثية لانتاج نوعية أفضل من مياه الصرف الصحي المعالجة ليتاح استخدامها بشكل أفضل في الأغراض الزراعية والصناعية حيث يتم حالياً الاستفادة من بعض مياه الصرف الصحي المنقاة في الزراعة والصناعة.

نظراً لارتفاع تكاليف معالجة مياه الصرف الصحي وتعقيدها التقني خصوصاً ما بعد التقنية الثانية والثلاثيه والمتقدمة فقد تم التوجيه على ان التقنية يجب ان تلائم مع طبيعة الاستعمال لتلك المياه فالزراعة غير المفيدة (زراعة كافة المحاصيل بدون استثناء بالإضافة إلى المنتزهات العامة) فان التقنية الثلاثية مع استعمال التعقيم بالكلور أو غيره اما إذا كانت الزراعة مفيدة (عدم زراعة الخضار التي تؤكل دون طبخ والمتماسة مع مياه الصرف الصحي المنقاة باستثناء الاشجار المثمرة غير المتماسة مع المياه على أن يوقف الري قبل اسبوعين من جني الثمار كذلك عدم ري المنتزهات العامة) فأن التنقية الثانوية تعتبر كافية مع التعقيم ورفع مستوى الري بين المستفيدين من هذه المياه لحسن استعمالها حفاظاً على الصحة العامة . ومن هذا يمكن الاكتفاء بري المزروعات لمصدات الرياح أو على الطريق السريع خارج المدن بالتنقية الأولية فقط .

خصص من مياه الصرف الصحي الصناعة في استعمالاتها فإنه يتم تنقيتها حسب نوعية ونقاوة المياه المطلوبة بعد المرحلة الثانوية او الثلاثيه من قبل المستفيد منها . كما هو معمول به في مصفاه الرياض للبترول حيث يتم ضخ مياه الصرف الصحي المعالجة من موقع محطة التنقية إلى المصفاة حيث يتم هناك معالجتها بمراحل متقدمة حسب نوعية الاستعمال .

ان التوسع في استخدام المياه المعالجة سيحقق عدة فوائد أهمها خفض الاعتماد على المياه المحلاة التي تصل تكلفتها إلى 8ر0 دولار امريكي (تقريباً ريال ونصف) لانتاج المتر المكعب الواحد بينما لاتزيد تكلفة انتاج المتر المكعب الواحد من المعالجة ثلاثياً عن 32ر0 دولار امريكي (أقل من ريال سعودي واحد) .

تستخدم لقطاع الزراعة وهو المستهلك الأكبر للمياه الجوفية غير المتجددة حوالي 83% من اجمالي الطلب على المياه بالإضافة إلى احتوائها على بعض العناصر المستخدمة في المسمدات مثل عناصر النيتروجين والفسفور وبذلك يمكن تقليل كمية الأسمدة الكيماوية المستخدمة وزيادة المردود الاقتصادي للمزارعين كذلك يمكن استخدامها بفاعلية لقطاع الصناعة لان هذا القطاع يستخدم المياه من أجل التبريد وأغراض اخرى لاتحتاج لمواصفات مائية متشددة مقارنة بالري والزراعة . من هذا كله فإن اعادة استعمال المياه المعالجة يمكن ان تستخدم للأغراض التالية :

1 – اعادة استخدام المياه المعالجة لأغراض البلدية : Municipq/Reuse

استعمال المياه المعالجة المنقاة في ري الحدائق المترلية والاستخدام في صندوق الطرد في الحمامات. في هذه الحالة يلزم وجود خطي للتغذية المائية احدهما للمياه الطبيعية وذلك للاستخدام الاعتيادي للشرب أو الطهي او الاستحمام والآخر لنقل المياه المعالجة .

2 – استعمال المياه المنقاه المعالجة في الصناعة : Industria / Reuse

استخدام هذه المياه تكون اما للتبريد أو التسخين وهي قليلة الضرر بالصحة العامة لاستعمال تلك المياه خلال شبكة مواسير مغلقة .

3 – استعمال المياه المعالجة المنقاة في الزراعة :

تستخدم هذه المياه في الزراعة بشكل كبير وتعتمد نوعية المحاصيل الزراعية على نوعية المياه وكميتها ودرجة نقاوتها .

4 – استعمال المياه المعالجة المنقة في الأغراض الترويحية :

تستخدم هذه المياه بعد معالجتها وتنقيتها إلى الدرجة المطلوبة في عمل بحيرات صناعية أو كمزارع للاسماك أو زراعة وري الحشائش في الملاعب الرياضية والحدائق العامة .

5 – استعمال المياه المعالجة المنقاة في حقن المياه الجوفية :

يمكن استخدام المياه المعالجة لتغذية الخزانات الجوفية صناعياً عن طريق حقنها في الخزان الجوفي لتحسين نوعية مياهه او وقف استنزافه وتكوين حاجز هيدروليكي ليقاوم غزو المياه المالحة القادمة من البحر ومن مياه التكوينات العميقة أو لخزنها حتى قدوم المواسم الزراعية لإعادة استخدامها كما تستعمل لحقن الطبقات الجوفية الحاملة للزيت في مناطق حقول البترول.(جدول رقم 4) .

جدول رقم (4) يوضح الاحتياج للبلدية من مياه الصرف الصحي بالمليون م3 سنوياً[1]

	1400هـ /1980م	1405هـ / 1985م	1420هـ/2000م
الاحتياجات	3ر25	4ر42	8ر62
الاستهلاك	2ر10	3ر10	3ر80
حقن المياه المنقاة في المياه الجوفية	1ر50	2ر00	2ر85
المجموع	6ر95	9ر52	15ر27

يعطي الجدول رقم (4) توضيحاً لاستخدامات البلدية من مياه الصرف الصحي وهذا يدل على تفهم المواطن الاحتياجات من هذه المياه فمن 3ر15 مليون م3/سنوياً عام 1400هـ / 1980م للاحتياجات المترلية كري الحدائق وغيرهاماغ قفزت إلى 4ر42 مليون م3/ سنوياً عام 1405هـ / 1985م أي خلال خمس سنوات قفز الاحتياج حوالي مليون م3/ سنوياً ثم في عام 1420هـ / 2000م قفز الاحتياج لهذه المياه إلى حوالي الضعف 8ر62 مليوم م3/ سنوياً ن وذلك للانتهاء من مد شبكات التوصيل والقبول من المجتمع لهذه المياه كتحقيق الضغط على المياه الجوفية. وأيضاً الاستهلاك لهذه المياه أخذ في الزيادة من 2ر10 مليون م3/ سنوياً عام 1400هـ / 1980م إلى 3ر10 مليون م3 / سنوياً فوصل إلى 3ر80مليون م3/سنوياً ويبرز الجدول كمية المياه التي تحقن في الآبار الجوفية من هذه المياه المنقاة من 1ر50 مليون م3/ سنوياً فزاد نصف مليون م3/ سنوياً مابين عامي 1400هـ / 1980م إلى عام 1405هأ /1985م فوصل الحقن إلى 2ر85 مليون م3/ سنوياً وذلك لان المياه المنقاة ثلاثية ذات كلفة .

يلاحظ أن هناك عدة طرق لحقن المياه الجوفية بواسطة المياه المعالجة التي منها على سبيل المثال:

أ – الرش .

ب – البرك السطحية .

ج – حقول الترشيح .

وتعتمد كل منها على نوعية وسماكة طبقات التربة فوق مستوى المياه الجوفية . ويجب ان لاتستخدم هذه الطريقة إذا كان مستوى المياه قريبه من سطح الأرض أو طبقات التربة فوق مستوى المياه الجوفيه من النوع الرملي الخشن شديد النفاذ او سكن الناس قريباً منها . (جدول رقم 5) .

---

[1] **إدارة مياه الصرف الصحي وبتصرف من الباحث .**

جدول رقم (5)

يوضح احتياج مياه الصرف الصحي في المملكة بالمليون م3/ سوياً [1]

العام	الصناعة والاحتياج المدني	الزراعة (الري)	المجموع
1406هـ / 1986م	220	601	821
1410هـ / 1990م	250	733	983
1420هـ /2000م	330	810	1140

يركز الجدول رقم (5) على اعطاء فكرة لاحتياج المملكة من مياه الصرف الصحي المنقاة فيعطي عام 1406هـ / 1986م المخصص للصناعة والاحتياج المدني 220مليون م3/ سنوياً . فقفزت إلى 250 مليون م3/ سنوياً عام 1410هـ/1990م فقفز إلى 30 مليون م3/ سنوياً عام 1420هـ / 2000م واكثره للاحتياج الصناعي منه للاحتياج المدني وذلك لصعوبة عمل شبكات داخلية للمنازل لاستخدام المياه لزيادة التكلفة المالية في ذلك .

ويعطي هذا الجدول في نفس السنوات يلاحظ القفز باستخدام المياه من 601مليون م3/ سنوياً إلى 800 مليون م3/ سنوياً لرغبة المزارعين في الاستمرار بالزراعة وعدم ترك زراعتهم تموت وتنتهي ولعلمهم ان المياه الجوفيه مهدده للانتهاء .

التحكم في عملية المعالجة صناعياً :

اما عن كيفية التحكم في عملية معالجة المياه من المتابعة في هذا الأمر فإذا وزارة الصناعة والكهرباء وضعت مواصفات للمخلفات السائلة التي يسمح بصرفها على الشبكة طبقاً للمواصفات التصميمية لمحطة المعالجة وتشمل ست عشرة مواصفة . من هذا فان العمل للتحقيق من مطابقة هذه المواصفات فإن يتم اخذ عنيات من مياه الصرف الصحي بمعدل ست مصانع يومياً بالإضافة إلى أخذ عينات من الواحدت غير الصناعية بالمدنية حيث يتم معايرة مياه الصرف الصحي للمصنع وفقاً للمواصفات المستخدمة المخالف لهذه المواصفات ينذر كتابياً ثم تفصل عن التوصيله للشبكه .

يقوم المختبر بأخذ عينات من المياه الداخله والخارجه للتأكد من جودة المياه وكفاءتها وفي عدم الكفاءة للمياه عن عملية المعالجة في أي مرحلة يوجد في المحطة مضخات لاعادة الدوران حيث يتم نقل المياه بين الأحواض بشكل عكسي . حيث يوجد بالمحطة أربع مضخات طاقة الواحدة

---

[1] إدارة مياه الصرف الصحي وبتصرف من الباحث .

10000م^3/اليوم ولضمان كفاءة الاحواض لتأدية عملها يتم تنظيفها ونقل الوحل المستقر إلى حوض الترسيب .

لذا فإن استخدامات المياه المعالجة من الصرف الصحي تستعمل للأغراض الحالية :

1 – ري النباتات في الحدائق العامة .

2 – صرف هذه المياه في مجاري الأودية .

3 – استعمال هذه المياه في دورات المياه (المراحيض) بدلاً من استخدامها مياه الشرب ، وفي ذلك توفير هائل للمال والماء معاً .

4 – استخدام الماء في غسل السيارات وغيرها .

5 – استخدامها كمصدر للتدفئة والتبريد في المصانع .

6 – يمكن استخدامها لاستزراع الاسماك .

الفصل الثالث : مصادر مياه المجاري ونوعيتها :

تعتمد مياه المجاري على عدة مصادر هي :

1 – مياه قادمة من المناطق السكنية Domestic Sewage

2 – مياه قادمة من المناطق الصناعية Industrial/ Sewage

1– مياه قادمة من المناطق السكنية :

يتم تجميعها من المساكن باختلاف احجامها (عمائر – فلل) وأيضاً من الاماكن التي يرتادها الافراد كالمطاعم والفنادق والاسواق التجارية والمستشفيات. وهذه المياه المجمعة تكون ذات خواص ومكونات متشابهة .

2 – مياه قادمة من المناطق الصناعية :

تجمع هذه من المعامل والمصانع والورش وتختلف في تكوينها باختلاف نوعية المصانع . وعلى الرغم من ان اختلاف المصادر لهذه المياه فإنها أخيراً تجمع بواسطة شبكات المجاري وتنقل إلى محطات التنقية لمعالجتها وتنقيتها بطريقة أو عدة طرق تعتمد كل منها على نوعية المياه المراد معالجتها وعلى درجة مكوناتها المختلفة وعلى نوعية المياه المطلوبة بعد معالجتها .

يلاحظ ان استعمال المياه الجوفية أو السطحية بواسطة سكان المدن ينتج عنه اختلاط مختلف المواد مثل القاذورات والزيوت والبكتيرا والمواد القاتلة للحشرات ومواد عضوية وغير عضوية .

في حين ان المياه القادمة من مجاري المصانع تكون في احتوائها الاملاح العضوية وغير العضوية ومعادن واصباغ ومواد سامة وزيوت .

كما تشمل المياه القادمة من مجاري المستشفيات على مواد مشعه ومواد ضاره وسامه .

يلاحظ من هذا انه يجب التخطيط السليم والتأني حيال استعمال أي طريقة لاعادة استعمال المياه المعالجة ويكون ذلك مع مشاركة جميع المتخصصين لدراسة الموضوع من جميع جوانبه واعتماد الطريقه المناسبة في كل حاله لإعادة استعمال المياه المعالجه من أجل المحافظة على الصحة العامة وحماية البيئة . كما يستحسن عمل تصميم محطات التقنية أن تسبقها دراسة من حيث أي من مياه المجاري يجب عدم خلطها مع مياه مجاري المدينه , وأي منها يمكن دمجها واعادة اسالتها في الشبكة العمومية واستعمالها للري أو الصناعة .

يلاحظ على هذه الدراسة اذا اتبعت الوسائل الملائمة والصحية والتنقية المناسبة فإن هناك فوائد من عمل بحيرات واحواض تكون منتزها للسكان وموطناً للطيور المهاجرة والبط والاسماك (لاتصلح للأكل الأدمي لتلوثها) كما هو ملاحظ بالقرب من مدينة الدمام الصناعية الثانية بالمنطقة الشرقية وكذلك بوادي الحائر الذ اعتبر نهر يمر بالقرب من مدينة يقع بجنوبها ويستمد المياه من محطة حي المصانع الواقع في جنوب الرياض .

يلاحظ على ذلك هناك مضار لابد من اظهارها وتوضيحها . وهي وجود حبيبات الاملاح التي تنتقل إلى التربة على أنها جزء من مواد عضوية وتبقى بها حتى بعد المعالجة وطبقه عازله لوصول الاكسجين لهذه التربة هذا ان كانت نسبة الاملاح كبيرة جداً ونظراً لان المملكة تتميز بارتفاع نسبة التبخر لكونها منطقة جافه وهذا التبخر يخلق الاملاح والمواد العضوية في التربة . والمناطق التي تروي بمياه المجاري يلاحظ على تربتها بقعة بيضاء وتغطي بنسبة كبيرة من الاملاح وبعد فترة يلاحظ عليها ان التربة تحولت إلى تربة سوداء لاحتوائها على نسبة كبيرة من المواد العضوية فزيادتها مع الاملاح يقلل من تهوية التربة وذلك لتلاصق الحبيبات والاملاح وتكون حاجزاً لوصول الهواء إلى التربة فتبدأ التفاعلات اللاهوائية بالنسبة للبكتيريا فتغير فيزيائية التربة .

تركيز هذه الاملاح والمواد العضوية لابد ان يقام باصلاح التربة وذلك بتقليبها لتهويتها ولكي يصل الماء إلى أعماق التربة او ان تضاف مواد الاسمدة مثل البيتس الذي يساعد على تفكيك التربة لتسهل تهويتها . هذه المياه المعالجة لاتستعمل الا بعد التأكد من سلامتها على الصحة

العامة وحافظاً على البيئة من التلوث ومنعاً لانتشار الامراض خاصة التي تتوفر ميكروباتهـــا في مياه الصرف الصحي .

محطات الصرف الصحي :

تتوزع في المملكة عدد من محطات التنقية لمياه الصرف الصحي يتم فيـــها معالجـــة مياهـــها للتخلص مما تحمله من ميكروبات ، ففي المحطات يتم معاملة المياه الملوثه بهذه الميكروبات مـــن أجل التخلص منها وتصبح بعدها هذه المياه المعامله صالحة للاستخدام.

وصف للمحطات تنقية مياه الصرف الصحي :

طبقاً لخطة علمية دقيقة فقد تم انشاء محطات الصرف الصحي تتمثل بـــ :

1 - خزانات ضخمة تعرف بغرف التجمع : لجمع مياه الصرف الصحي بها . الهدف منـــها ترسيب المواد الصلبه بها كالرمال والحصى في القاع حيث يتم سحبها اولاً بأول ويتـــم حجز المواد العضوية العالقة الكبيرة الحجم خلال مرشحات خاصة ثم يتم تخزينـــها في اماكن خاصة لذلك . (شكل رقم 1 ، 2) .

2 - خزانات الترسيب الأولى ، يتم ضخ مياه الصرف من غرفة التجميع إلى خزانات خاصـة تسمى بخزانات الترسيب الأولى ، حيث يتم ترسيب المواد العضوية المتحللة إلى القـــاع خلال فترة زمنية تتراوح مدتها بين ساعة وساعتين بعد ذلك تجمع وترسل إلى وحـدات خاصة للمعالجة . (شكل رقم 3) .

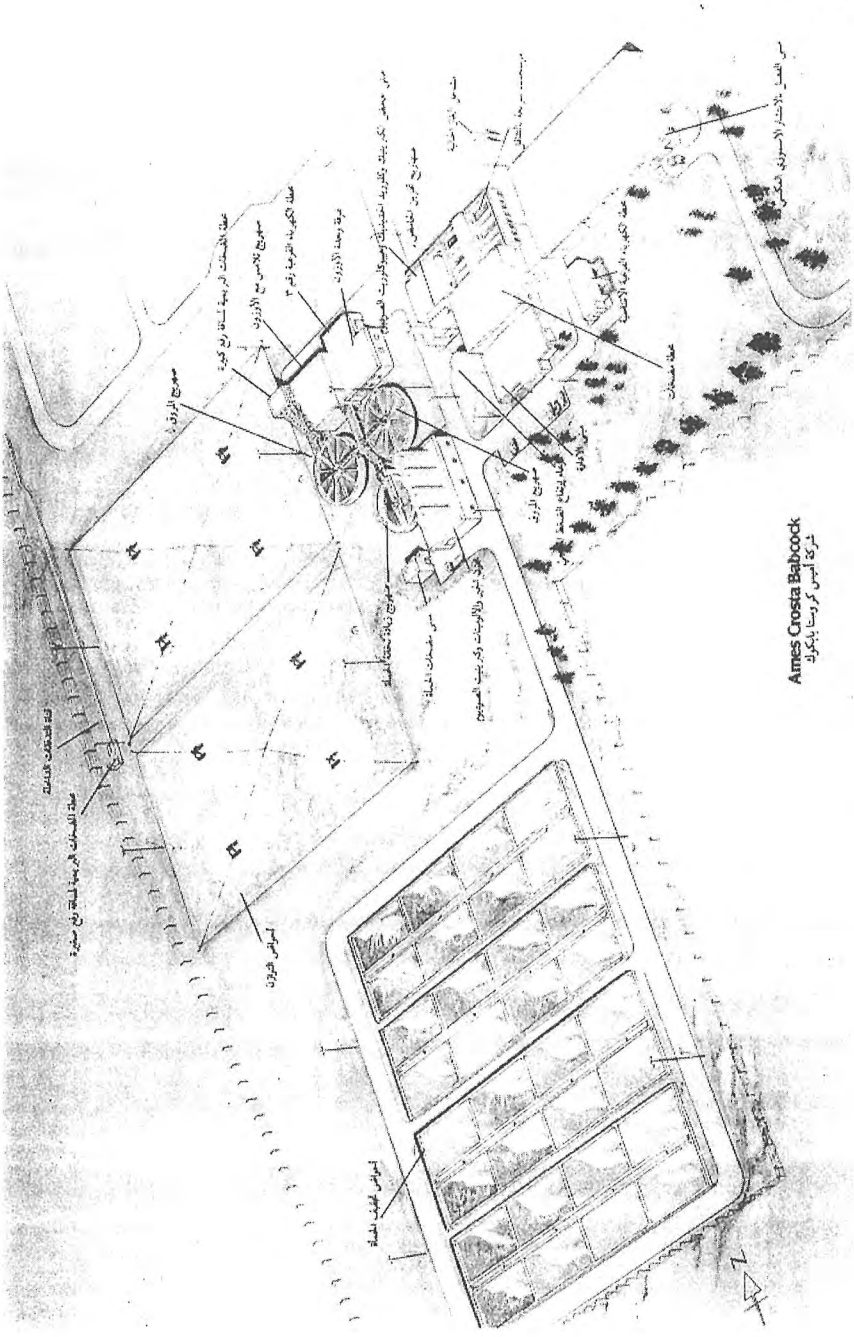
3 - خزانات التهوية : يضخ ماء الصرف الصحي من خزانات الترسيب إلى خزانات التهويـة ، حيث يتم تهويتها من أجل الاسراع في عمليات اكسدة المـــواد العضويـــة المتبقيـــة وترسيبها ولزيادة نمو الكائنات الدقيقة التي تحول المواد العضوية إلى أخرى غير عضويـــة . (شكل رقم 4)

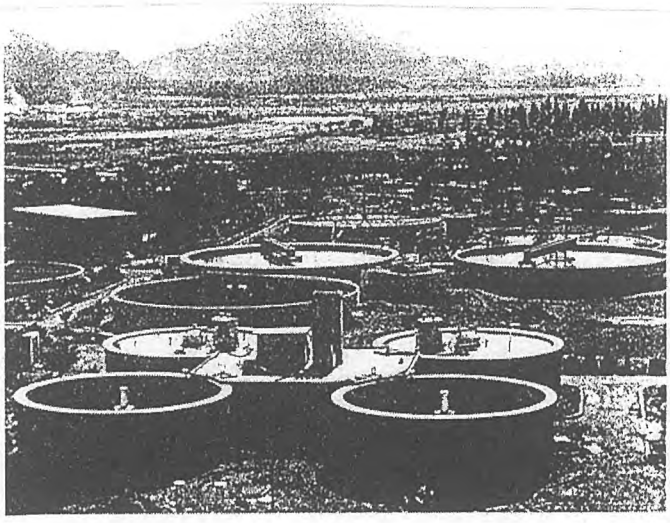
4 - خزانات الترسيب الثانوي : يتم مرور الماء ببطء في خزانـــات التهويـــة إلى خزانـــات الترسيب الثاني حيث يتم عزل ماتبقى من مواد عضوية صلبـــه واعادتهـــا إلى خـــزان التهوية.

5 - وحدات المعالجة المتطوره : يتم مرور المياه القادمة من خزانات الترسي الثـــانوي علـــى مرشحات من الرمل حيث يتم غزل أية مواد عضوية عالقة وبعد ذلك يتم معالجة الميـــاه بالكلور للتخلص من أية بكتيريا او ميكروبات أو غيرها ..

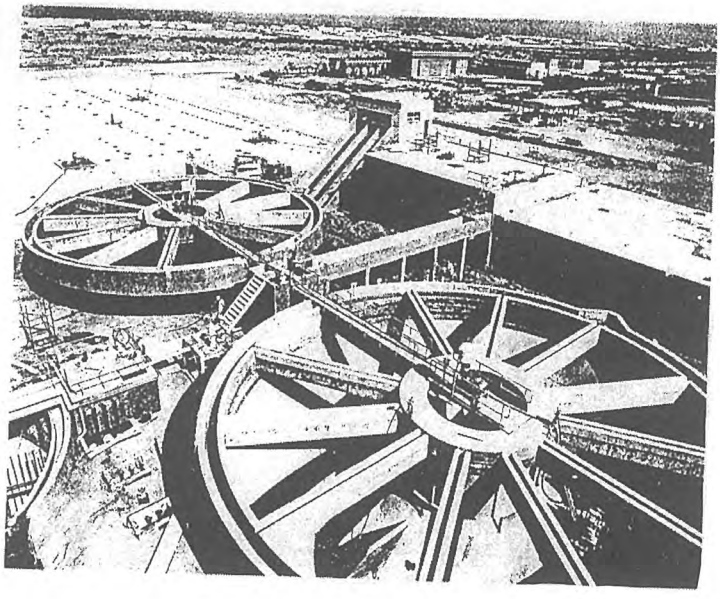
عند هذه الدرجة تكون مياه الصرف الصحي قد أصبحت أكثر نقاءً (المرحلة الثالثة).

شكل رقم (1)

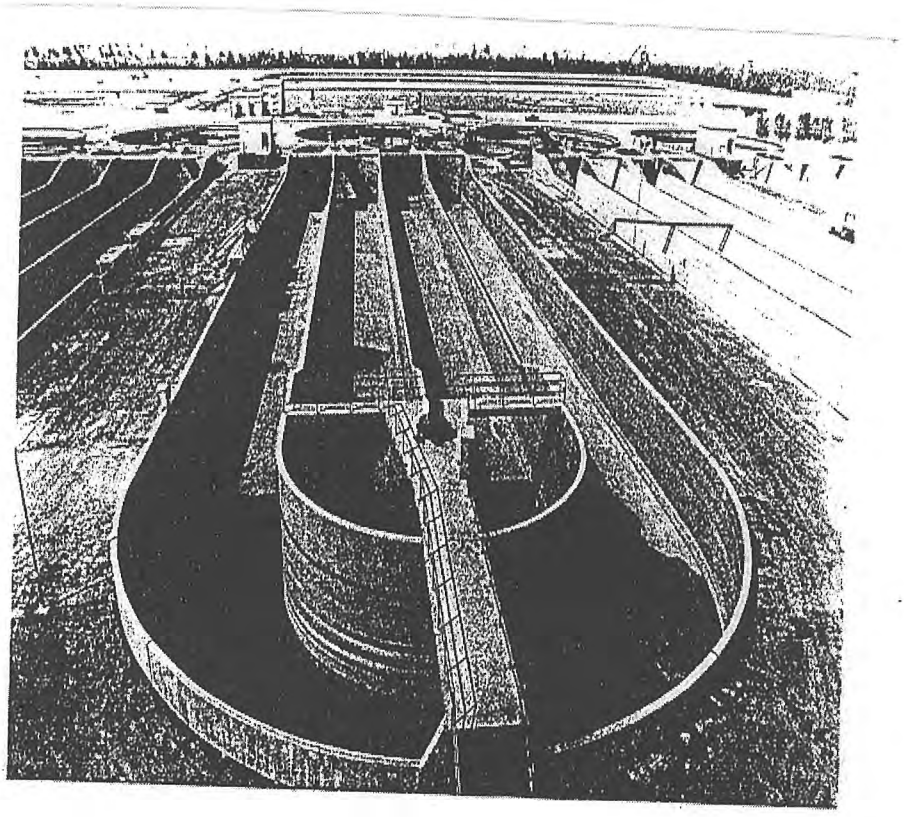




شكل رقم (2) من أحواض الترشيح



شكل رقم (3) يوضح خزانات الترسيب



شكل رقم (4) يوضح خزان التهوية

استخدامات مياه الصرف الصحي :

يلاحظ ان معظم المحطات صممت لمستوى المعالجة الثنائية (استفادة زراعية وصناعيـــة) . إلا ان بعضها قد صمم لمستوى المعالجة الثلاثية كمحطة المعالجة بمنفوحه بمدينة الريـــاض ومحطـــة المعالجة بالطائف ومحطة المعالجة بالخرج . وتعتبر محطة منفوحه من أكبر المحطات بالمملكة إذ أنها محطتان في موقع واحد سعة كل منها 000ر200م^3 /يوم . [1] وكانت المحطة الجنوبيـــة تقـــوم بمعالجة اجمالي مياه الصرف الصحي في مدينة الرياض بحوالي 000ر38م3/يوم[2] حتى اســتكمال انشاء وتشغيل المحطة الشمالية في عام 1994م .

تعالج محطة منفوحه المياه للأغراض الزراعية في عدة مناطق زراعية قريبة من المدية كالدرعية – العيينه – الجبليه – ديراب – ضرماء الزاحميه تقدر بحوالي 000ر200م^3/يوم اما بـــــاقي الميـــاه المعالجة فتصرف في وادي حنيفه اذ تمثل مجرى مائي دائم الجريان يمتد لمسافة 60 كم .

تتم في المنطقة الشرقية مثلا فتتم معالجة حوالي 000ر310م^3/يوم[3] لمحطات الدمـــام – الخبر القطيف والجاردرية اذ لايستفاد منها إلا 000ر22م^3/يوم [4] اما الباقي حوالي 288 الـــف م3/يوم فيتم التخلص منه بالقائه في البحر .

اعدت خطة لتوسعة عدد من محطات المعالجة حتى تؤدي دورها تجاه الاحتياجات من مياه الصرف الصحي ولاهميتها ، وعلما فإن المياه المعادة تبلغ كميتها حوالي 217 مليـــون م3/ سنويا .(جدول رقم 1) .

الفصل الرابع :خلاصة الدراسة (النتائج) :

ظهرت النتائج من العرض السابق للموضوع وتتلخص على النحو التالي :

1 – للمشكلة المستعصية لنقص الموارد المياه الطبيعية اتجهت الافكار إلى اعادة استعمال ميـــاه الصرف الصحي المعالجة لبعض الأغراض التي يوأمل في سد النقص في مصادر الميـــاه الطبيعية خاصة في المناطق القاحلة والمحافظة عليها والتخفيف من الاستهلاك .

2 – درجة النقاوة من الشروط المهمة لدى استعمال مياه المجاري المعالجه لأي غـــرض مـــن الأغراض مع الحرص على المحافظة على الصحة العامة والبيئة من الامراض والتلوث.

---

[1] مصلحة المياه والمجاري بالريضا ، 1997م.

[2] مرجع سابق .

[3] مصلحة المياه والمجاري – المنطقة الشرقية ، 1997م .

[4] مرجع سابق .

3 – من الملاحظ ان استعمال المياه المعالجة لأي غرض صناعي (ماعدا الصناعة التي تدخل في التغذية) ليس له أي ضرر صحي مع التوسع في استخدامها لهذه الاغراض . (شكل رقم 5)

4 – هناك مرشحات طبيعية وذلك من تسرب المياه غير المعالجة خلال التربة تعتبر معالجة بيولوجية ، فإن من المستحسن صرف هذه المياه المبتذلة على سطح التربة (كما هو معمول بمدينة الطائف – مكة – الرياض وغيرها) دون معالجة مسبقه ودون التسبب في مخاطر صحيه تحت الشروط التالية :

أ – أن تكون هذه المياه المنسابه في مناطق غير أهله بالسكان .

ب – ان تكون التربة ملائمة لهذا الغرض .

ج – ان لاتكون المياه الجوفية التي تصل إليها هذه المياه المبتذلة تستعمل للاستخدام المترلي . (شكل رقم 6)

د – ان لا تستعمل لري النباتات التي تؤكل من غير طهي . شكل رقم (7)

5 – هذه المياه المبتذلة تعتبر غنية ببعض الغذاء التي تريدها بعض النباتات مع الاحتفاظ بمعدل متوازن بنسبة الاملاح في التربة . (شكل رقم 8)

6 – عدم استخدام هذه المياه المبتذله المعالجة بزراعة النباتات التي تؤكل بغير طهي خاصة في الدول والمجتمعات الأقل تقدماً .

7 – المياه المنقاه وتحتوي على نسبة قليلة من المواد العضوية تكون قد اضيفت إليها مواد كيماوية مطهرة أو عن طريق الاشعة فوق البنفسجية .

8 – لابد من الأخذ بعين الاعتبار التخلص من المواد الصلبة بطريقة سليمه وغير ضاره بالصحة.

9 – إنشاء شبكة لحمل المياه المعالجة إلى الأماكن التي تستفيد منها منفذه هذه الشروط على النحو التالي :

أ – ان تكون الانابيب من النوع البلاستيك المقاوم والمحافظ على عدم التلوث . مختلف الاحجام حسب الرغبة .

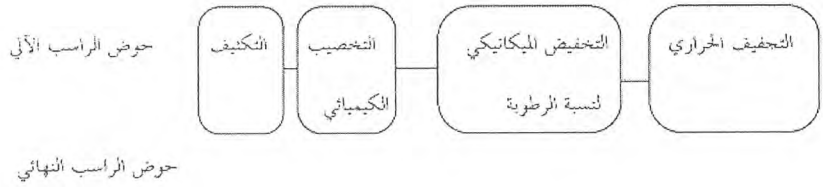
ب – حفر لمسار الانابيب باعماق تختلف (للري – أو المصانع – أو المنازل) .

ج – وضع محابس لقفل المياه المعالجة بعد الانتهاء من الاستخدام .

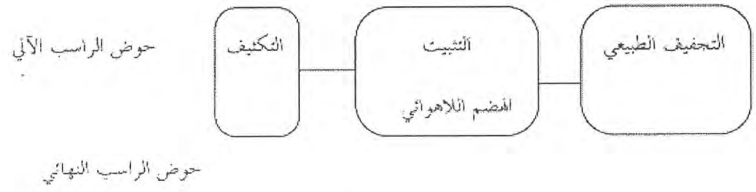
د – بناء خزانات علوية فوق سطح المنازل لهذه المياه المعالجة لاستخدامها لصناديق الطـــرد في الحمامات (السيفونات) أو لغسيل المنازل وتنظيفها أو الري للحدائق المترلية وغسيل السيارات الخاصة .

هـــ – وضع أو بناء خزانات فوق مغاسل السيارات لاستخدامها في الغسيل .

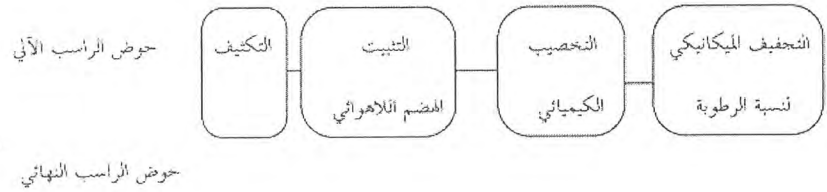
و – مد شبكات مزدوجة من المحطة إلى الأماكن التي يراد استخدام المياه بها وبالعكس ايضـــاً للتنقية (كما هو معمول بشبكات محطة مدينة الطائف) . (شكل رقـــم 9، 10 ، 11) .



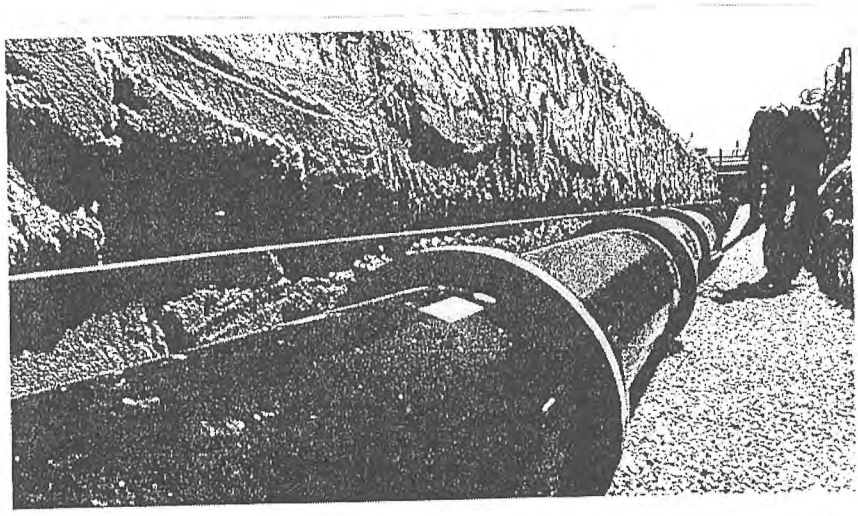
شكل رقم (٥) يوضح نظام المعالة الأولية للاستخدام الزراعي المفيد



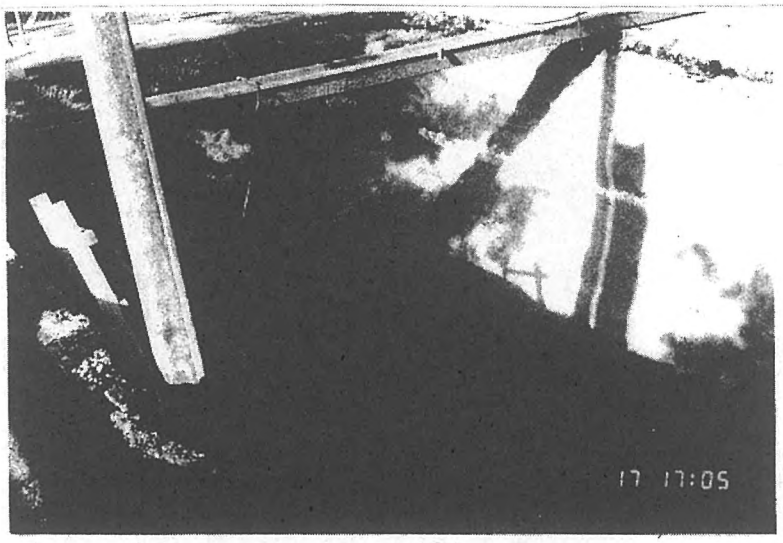
شكل رقم (٦) يوضح نظام مستوى المعالجة الثنائية للاستخدام الزراعي المفيد



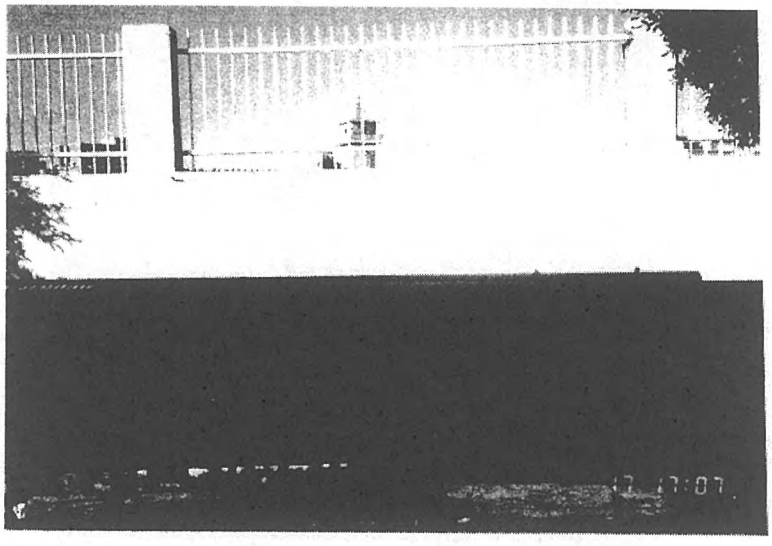
شكل رقم (٧) نظام مستوى المعالجة الثلاثية للاستخدام الزراعي غير المفيد



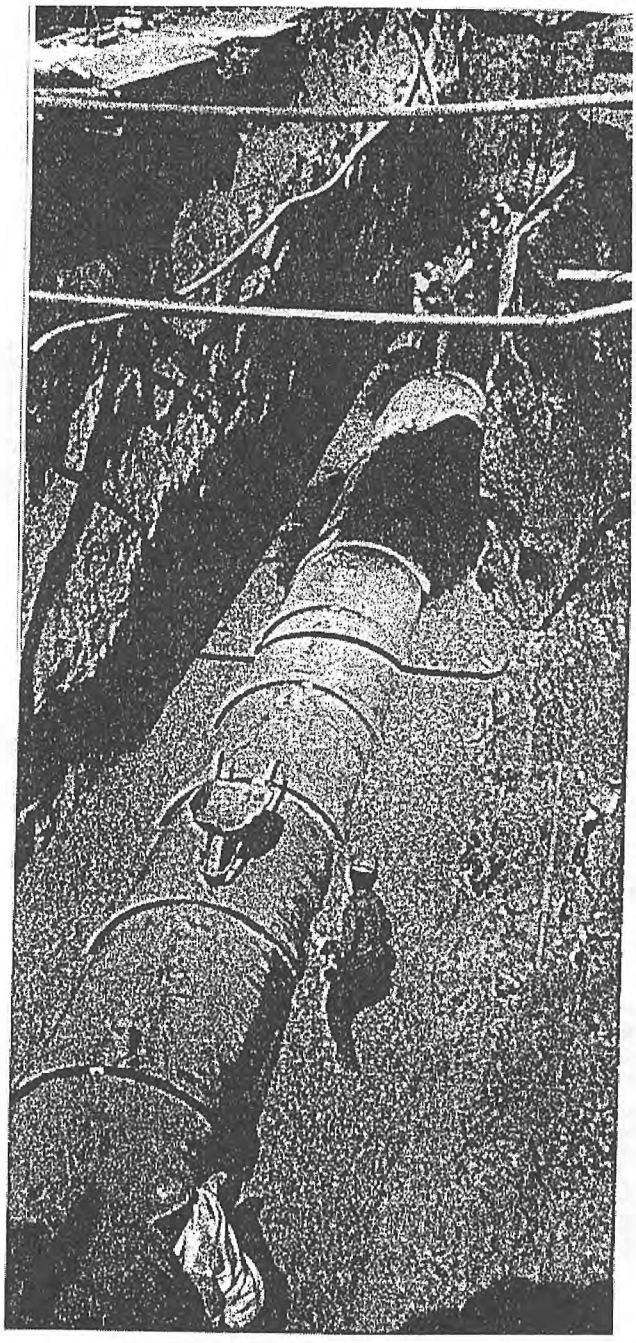
شكل رقم (8) يوضح تمديد الأنابيب



شكل رقم (10) يوضح شبكة توزيع المياه للصرف الصحي بالطائف



شكل رقم (11) يوضح أنابيب لتوزيع مياه الصرف الصحي



شكل رقم (12) يوضح مشروع المجاري الواصلة بين المدينة المنورة والمحطة (قطر 2000كم)

10 – رفع الوعي المائي لدى مستخدمي هذه المياه المعالجه خاصة المزراعيين حتى تتم الفـــائدة من استخدامها .

11 – رغم شح المياه الطبيعية وتوفر كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي إلا ان المســـتفاد منها فعلاً لايتجاوز حوالي 35% من كميات المياه المعالجة .

12– نظراً لأهمية اختيار التقنية المعالجة للمياه المستعملة فان الحاجة ماسة لإجراء دراســات مكثفة للتعرف على المخاطر الصحية والبيئية المرتبطة بهذه البدائل من اعادة اســتعمال المياه المهدره (مياه الصرف الصحي) .

13 – التركيز على الاستفادة من خبرات الدول المتقدمة في هذا المجال والتأكيد على التعـــاون وتبادل الخبرات لحل المشكلات من استخدام مياه الصرف الصحي .

التوصيات :

ظهر من الدراسة والبحث والاطلاع ان الباحث ركز على عدد من التوصيات هي :

1) إنشاء لجنة للمراقبة على استخدام المزارعين لمياه الصرف الصحي المعـــالج في زراعـــة الخضروات أو الفواكهه الطازجة وفرض غرامة على المخالفين .

2) قيام قطاعات الصناعة بمعالجة وتدوير مياهها بشكل منفص وهذا يتطلـــب حصـــر الصناعات في المناطق الصناعية وبناء شبكة خاصة للصرف الصحي بها ومنع دخـــول مخلفاتها إلى شبكات الصرف الصحي للبلدية .

3) بناء استراتيجية وضاحة لاستخدامات المياه تتضمن إعادة استخدام المياه المعالجة بنـــاء على خطة إداريه شاملة للموارد المائية .

4) تحليل الجوانب التقنية والاقتصادية والتحويلية لجاهزيه الموارد المائية واستخدامها.

5) تغير نظرة المجتمع السلبية تجاه استخدام هذه المياه المعالجـــة عـــن طريـــق الاعـــلام والملصقات والصحف والمجلات واظهار فائدتها كمساعدة لموارد المياه الطبيعية.

6) وضع مواصفات وطنية للمياه المعالجة والاستخدام الفعّال لهذه المياه .

7) التركيز على إعادة استخدام مياه المجاري للزراعة المثمرة ذات القيمة الاقتصادية العالية والاقلال من استخدامها للتشجير والزراعة التجميلية .

8) الاهتمام باقامة السدود بجميع احجامها وأغراضها على الأودية .

المراجع العربية :

1 – تقرير من شركة أس كروستابابكوت ليمتد ، وحدة استرجاع المياه في جـدة ، 1993م ، جدة .

2 – مصلحة مجاري المنطقة الشرقية " خطة عمل المصلحة " ، مطابع الشرق ، الخبر ، 1995م .

3 – وزارة الزراعة والمياه " لمحة عن مشاريع المياه " إدارة تنفيذ المشاريع ، الرياض ، 1997م .

4 – مصلحة مياه المنطقة الغربية " برنامج اعادة استخدام مياه المجاري بجدة " ، جدة ، 1997م .

5 – وزارة الزراعة والمياه " نبذة موجزة عن مشروع اعادة استعمال مياه المجـاري المنقـاة في الاغراض الزراعية " إدارة تنفيذ المشاريع ، الرياض ، 1993م .

6 – وزارة الشئون البلدية والقروية " دراسات مختلفة " الإدارة العامة للمرافـق ، الريـاض ، 1990م .

7 – مصلحة مياه الصرف الصحي بمنطقة الرياض ، الرياض ، 1997م .

8 – وزارة الزراعة والمياه " دراسات مختلفة " الإدارة العامة لتنمية الموارد المائية ، الريـاض ، 1997م .

9 – وزارة الزراعة " النشرات المائية " الإدارة العامة لتنمية الموارد المائية ، الرياض ، 1996م .

10 – مصلحة مياه منطقة الرياض " برنامج إعادة استخدام مياه المجـاري بمدينـة الريـاض" الرياض ، تقرير ، 1420هـ .

11 Deming, H.G., " Watr" New Tork, Oxford University Press, Second Print . 1978.

12 - Hommer , Mark J., " Water and Wasrt Water Tehnology" Singapore, John Witey & Sons Inc, Second Edition, 1986 .

13 - McGHEE T.J, " Water Supplyd and Sewerage " MtGiae - Hill Series in Water Resoures and Envirenmetal Enginering , Sixth Edition, London , 1991 .

14 - Doniel Dworkin and others , " Water Re - Use &the Ciries " The University Press ed New England , 1977.

15 - Culp. Wesner , Culp, " Handbook of Public Water Systms " , Van Nostrand Reinhild - 1986 .

الخاتمة :

تقع المملكة العربية السعودية في منطقة جافة نادرة في سقوط الامطار وغير منتظمة في كميتها ووقتها . أيضا اعتماد السكان على المياه الطبيعية غير المتجددة والازدياد السنوي مرتبط بازدياد السكان المضطرد ساهم على التفكير في ايجاد حلول لمشكلة المياه وبدائل للمياه الطبيعية تستعمل كمساعدة للمياه الطبيعية خاصة في مجال الزراعة أو الاستخدام الآدمي (غير الطبخ والشرب وغسل الملابس)

وبذلك شرعت حكومة المملكة العربية السعودية ممثله أولاً بوزارة الزراعة والمياه ثم بإدارة الصرف الصحي ومياه المجاري بإقامة عدد من محطات المعالجة في المدن الكبرى كمكة المكرمة – الرياض – المدينة المنورة – جدة – الدمام والخبر – ينبع والجبيل وغيرها . وتجميع هذه المياه ومعالجتها ثم توزيعها للأغراض المقامة من أجلها . وذلك بعد مد شبكات المياه بمواصفات تحمي الإنسان والبيئة من التلوث والأمراض .

كانت الفكرة في بداية القرن 20 الميلادي من معالجة الصرف الصحي هو حماية البيئة من التلوث ولكن مع الازدياد من الاستهلاك للمياه خاصة في المدن الكبرى أدى إلى زيادة الصرف من مياه الصرف الصحي حتى أصبحت معالجة مياه الصرف الصحي ليست لحماية البيئة فقط بل إلى توفر مياه بكميات كبيرة وذات جودة جيدةو أصبحت مصدراً جديداً يستفاد منه بشكل كامل في أغلب دول العالم .

فلو نظرنا إلى المملكة لوجدنا ان الاستفادة من هذه المياه المعالجة تركزت في الامداد الصناعي والزراعي ولو أخذنا أمثلة لوجود مدينة الرياض التي تعتبر من أكبر مدن المملكة اتساعاً وسكاناً واستهلاكاً للمياه فتعتبر مثالاً حياً لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالج .(شكل رقم 12)

فيلاحظ انها تستهلك من المياه مامعدله أكثر من 000ر200ر1 م3/يومياً[1] وعلى افتراض ان 75% من هذه المياه يتم صرفها على شبكة مياه الصرف الصحي فهذا يدل على ان هناك توفير لمصدر مائي يبلغ معدله 000ر900م^3/يومياً[1] يمكن الاستفادة منه للإغراض الزراعية والصناعية وهذا سوف يؤدي إلى المحافظة على كمية معادله له من مياه الآبار المستخدمة في الزراعة فلابد ونحن في بلاد تعتبر قليلة المياه ومناخ حار وجاف الاستفادة من كل قطرة ماء

---

[1] **وزارة الزراعة والمياه ، إدارة تنمية الموارد المائية ، 1997م ، ومصلحة الصرف الصحي ، 1997م .**

[1] **مرجع سابق .**

متوفره . وهذه المياه المعالجة المنقاه هي أحد المصادر المائية الهامة المهملة . وبالتالي فلابد من الاستفادة من كافة أنواع المياه حسب درجة نقاوتها .

وقد بلغت المياه التي تمت معالجتها عام 1419هـ تقريباً 290ر431ر154م3[2] كما بلغت كمية المياه المعالجة التي اعيد استخدامها في الأغراض الزراعية والصناعية لنفس العلم 5844985م3[3] .

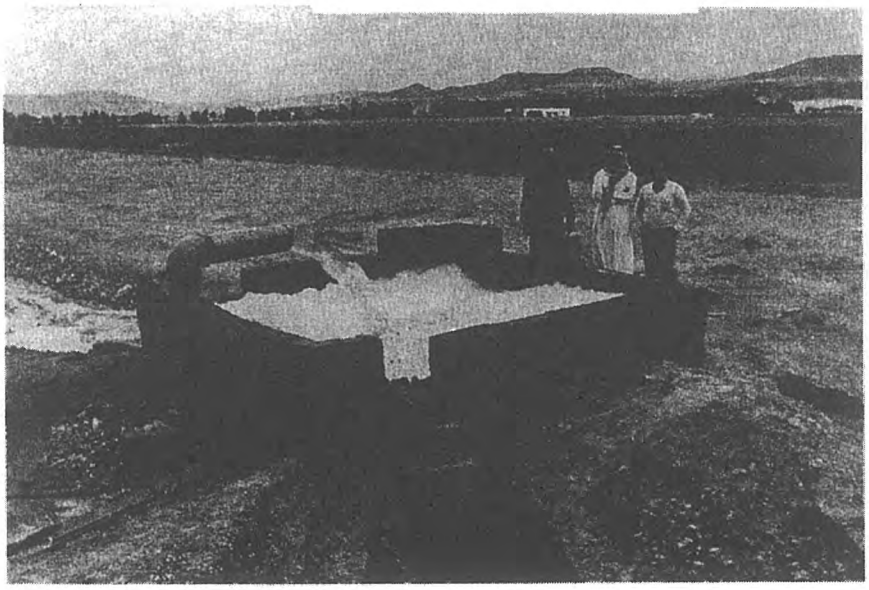
علماً انه يوجد في مدينة الرياض خمس محطات للتنقية والمعالجة اربع تخدم مدينة الرياض والخامسة تخدم مدينة الخرج .

أشكال 13 ، 14 ، 15 ، 16 تمثل شكل عام للمحطة بجدة وأيضاً مقتطفات من محطات التنقية في المملكة .

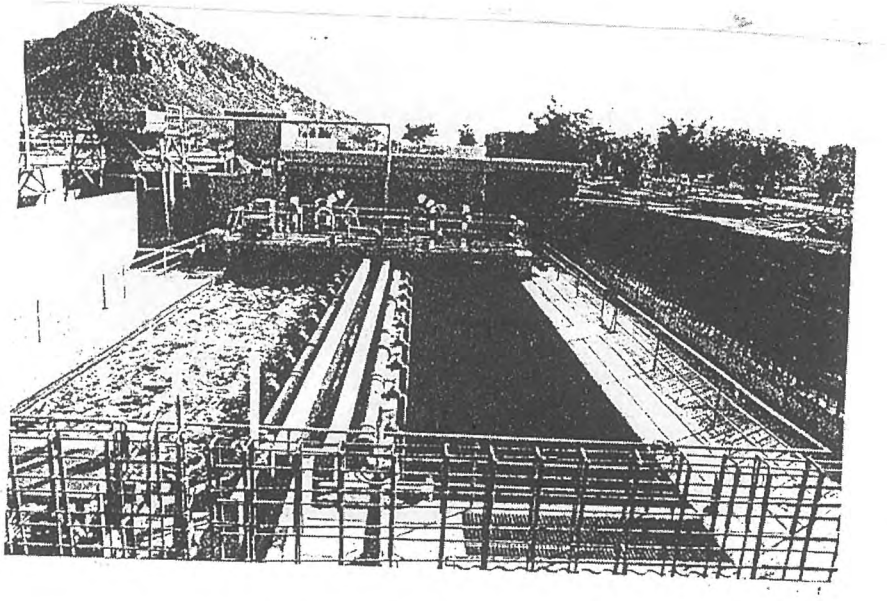
---

[2] **مصلحة مياه الصرف الصحي ، الرياض ، 1420هـ ، تقرير سنوي .**

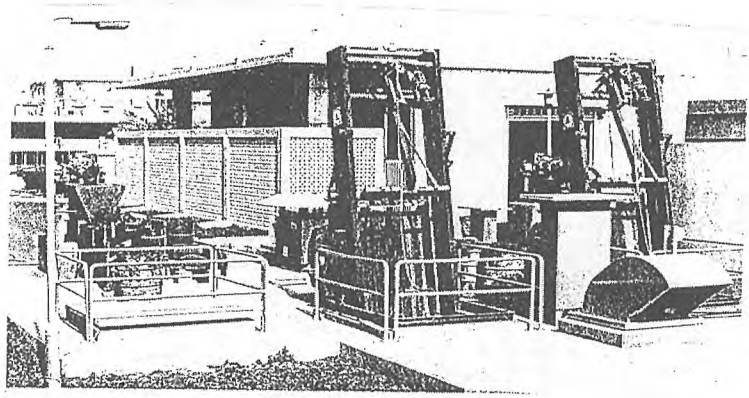
[3] **مرجع سابق .**



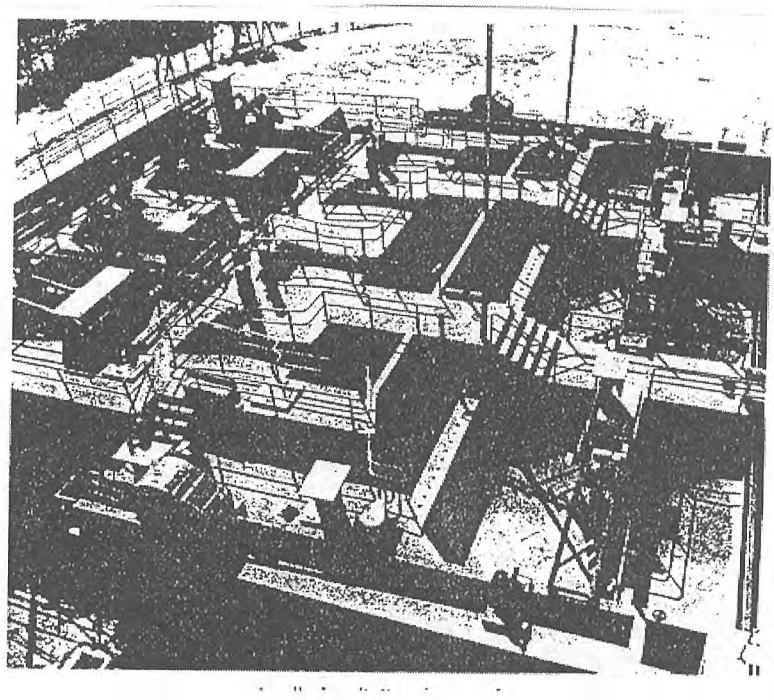
شكل رقم (13) مياه الصرف الصحي للري



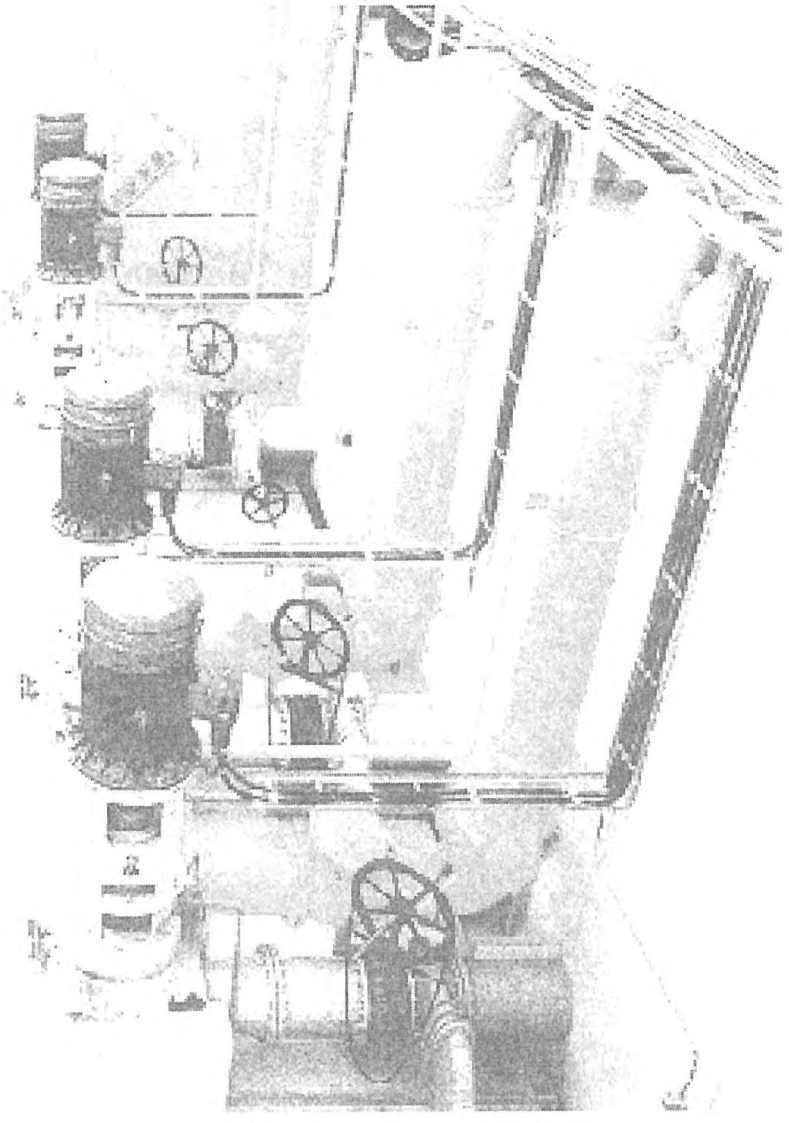
شكل رقم (14) يوضح أحواض فصل الرمال



شكل رقم (15) يوضح محطة ضخ للمجاري



شكل رقم (16) يوضح منظر عام لمنشأة الدخول للمجاري



شكل رقم (17) يوضح محطة الضخ قباء – 2 – .

مقارنة كفاءة المياه للرغل المحلي والبرسيم

د. عبدالله مرزوق الهاجوج، وإلياس عثمان سيد أحمد

مقارنة كفاءة استخدام المياه للرغل المحلي والبرسيم

د. عبدالله مرزوق الهاجوج و إلياس عثمان سيد أحمد
مركز أبحاث تنمية المراعي والثروة الحيوانية بالجوف – المملكة العربية السعودية

الملخص:
تهدف هذه التجربة إلى مقارنة كفاءة استخدام المياه بين البرسيم والرغل المحلي مع التركيز على دراسة الرغل المحلي من حيث القيمة الغذائية وإمكانية التلبين والإحتياجات المائية. تم تقسيم التجربة إلى أربعة أقسام متساوية تختلف فيما بينها حسب كمية المياه الساقطة من الرشاش حسب سرعات الرشاش وهي 20م/س و 40م/س و 60م/س و 80م/س . وقد اشتمل كل قسم على ثمانية مربعات بحيث يكون هناك أربعة مكررات لكل نبات في كل قسم من الأقسام. زرع الرغل بمعدل 15 كجم للهكتار بينما زرع البرسيم بمعدل 25 كجم للهكتار بطريقة النثر اليدوي. أوضحت النتائج المرحلية للتجربة انخفاض انتاجية البرسيم بزيادة سرعة الرشاش وقلة كمية المياه المعطاة بينما لم يتأثر الرغل بانخفاض نسبة الرطوبة إلا عند سرعة 80م/س. وتبن من النتائج الأولية إمكانية نمو الرغل بمعدلات مياه تقل كثيرا عما يحتاجه البرسيم. وتبين من الدراسة إمكانية تلبين الرغل وحشه عدة مرات.

مفاتيح الكلمات: البرسيم ، الرغل المحلي ، المياه ،الرشاش المحوري، الحش ، التلبين

المقدمة :

إن الاهتمام بموضوع المياه يعتبر مطلب أساسي لأي تنمية مستدامة في المناطق الصحراوية ذات المصادر المائية المحدودة. إن زيادة الطلب على المياه في الجزيرة العربية للأغراض المختلفة يتجاوز العرض المتوفر من هذه المياه بشكل كبير ويعتبر الأعلى في العالم بينما يعتبر التعويض في منسوب المياه المتجددة الأقل في العالم. ويأتي استخدام المياه للأغراض الزراعية أعلى أنواع الاستخدام للمياه وخاصة الجوفية منها، و استمرار استخدام هذه المياه لتقابل احتياجات الإنتاج الزراعي العالية سيقود لإنخفاض منسوب المياه في المنطقة. إن ترشيد استخدام المياه للأغراض الزراعية واختيار الأصناف ذات الإحتياج المائي الأقل يعتبر مطلب هام للمحافظة على هذا المصدر وتنميته لنا وللأجيال القادمة.

تستهلك المحاصيل العلفية كمية عالية من المياه خاصة في فصل الصيف. فعلى سبيل المثال يصل معدل البخر في معظم مناطق المملكة العربية السعودية إلى أكثر من 2400مم مما يتطلب أكثر من 24,000 م3 من الماء للهكتار من المحاصيل العلفية (Peacock et al., 1999). ويستهلك البرسيم المزروع في شمال المملكة العربية السعودية أكثر من 68% من هذه الكمية خلال الستة أشهر من أبريل وحتى سبتمبر (Peacock et al., 1999). وفي المقابل تشتهر نباتات المراعي الطبيعية بنموها بأقل كمية من المياه (الهاجوج، 1999) وحيث أن أراضي المراعي تغطي أكثر من 50% من أراضي الجزيرة العربية وتمثل أكثر من 75% من أراضي المملكة العربية السعودية فإنها يمكن أن تكون مصدرا مهما للأعلاف في حالة إدارتها إدارة سليمة (ميرة ، 1996).

أوضحت الدراسات المحدودة على نبات الرغل المحلي تحملة للملوحة والجفاف والظروف البيئية للمناطق الشمالية من المملكة العربية السعودية. وعلى الرغم من ارتفاع القيمة الغذائية لنبات البرسيم مثلا إلا أن خلط مجموعة من نباتات المراعي يمكن أن يوفر عليقة كاملة للحيوانات. تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة كفاءة استخدام المياه بين البرسيم والرغل المحلي مع التركيز على دراسة الرغل المحلي من حيث القيمة الغذائية وإمكانية التلبين والإحتياجات المائية.

طرق ومواد البحث:

تم اختيار نباتي البرسيم *Medicago sativa* والرغل المحلي *Atriplex leucoclada* لدراسة كفاءة استخدام المياه لها. تم تقسيم التجربة إلى أربعة أقسام متساوية تختلف فيما بينها حسب كمية المياه الساقطة من الرشاش لكل قسم وذلك باختلاف سرعة الرشاش المحوري . يدور الرشاش المحوري في القسم الأول بسرعة 20م/س وفي القسم الثاني بسرعة 40م/س وفي القسم الثالث بسرعة 60م/س وفي القسم الرابع بسرعة 80م/س وقد اشتمل كل قسم على ثمانية مربعات بحيث يكون هناك أربع مكررات لكل نبات في كل قسم من الأقسام.

وزعت المربعات بين النباتين بطريقة التتابع (Alternating) وكانت مساحة المربع الواحد 100م (10مX10م) وقد تركت مسافة 2م بين المربعات وقد أعطى كل مربع رقماً عشوائياً كما أنه تركت مسافة 35م بين الأقسام الأربعة لنتمكن من تغيير سرعة الرشاش دون أن يكون هناك تداخلا بين الأقسام لضمان أن تأخذ كل مكررة كمية المياه المقررة لها .

وحيث أن نوع التربة في موقع التجربة يختلف من الرملية إلى الطينية، فقد روعي التباين في توزيع المربعات في كل قسم بحيث كانت متجانسة في جميع الأقسام، وقد حرثت التربة حراثة عميقة ثم حراثة تنعيم ومن ثم تسطيح .

البذور :

بالنسبة لنبات الرغل المحلي فقد تم استخدام البذور المنتجة من محطة إكثار البذور في بسيطا حصاد عام 1998م وذلك بعد تنقيتها من الشوائب وقد زرعت في الحقل بمعدل 15كجم/للهكتار . أما بالنسبة للبرسيم فقد تم زراعة بذور برسيم صنف كاف101 الأمريكي بدرجة نقاوه 99% بمعدل 25كجم/للهكتار و بطريقة النثر اليدوي (Hand Broadcasting) ومن ثم تغطية البذور بالتربة بطريقة التمشيط الآلي.

الري :

حيث أن هذا هو العامل المتغير الوحيد في التجربة ولما كانت التجربة مقامة تحت الرشاش المحوري فقد كانت الطريقة السليمة هي التغيير في سرعة الرشاش فقد حسبت كمية المياه الساقطة في كل قسم حسب سرعات الرشاش وهي على النحو التالي:

جدول رقم 1. عمق المياه الساقطة من الرشاش حسب سرعة الرشاش

سرعة الرشاش	عمق المياه الساقطة (مم)
20 م/ ساعة	15.369
40 م/ساعة	8.578
60 م/ساعة	6.036
80 م/ساعة	4.369

هذا وقد تأسس جدول الري على ضوء فترة تأسيس المحصول والظروف الجوية إذ تتقارب فترات الري كلما ارتفعت درجة الحرارة والعكس. و يبين الجدول رقم 1 التالي فترات الري المعطاة.

جدول رقم 2. فترات الري المعطاة حسب مراحل النمو المختلفة

أيام الري	تاريخ الري من وإلى		مدة الري	ملاحظات
يوميا	10/19	1999/10/30	12 يوما	مرحلة الإنبات
يوم بعد يوم	10/30	2000/1/16م	17 يوما	مرحلة تأسيس التجربة
توقف الري	1/16	2000/2/1م	17 يوما	انخفاض كبير في درجات الحرارة
يوم بعد يوم	/2/1	2000/3/18م	46 يوما	مرحلة تأسيس
يوم بعد يومين	3/18	2000/6/1م	17 يوما	اعتدال في الطقس ونمو النباتات
يومياً	/6/1	مستمر	مستمر	ارتفاع كبير في درجات الحرارة

الحشائش :

إن كثافة الحشائش وتنوعها في أرض التجربة جعل منها عاملاً مهماً من عوامل التجربة لا يمكن تجاوزه . حيث أن تأسيس نباتي التجربة واستمرارهما احتاج لمجهود كبير كيميائي ويدوي وما زال هذا الجهد مستمراً . وقد كان انتشار الحشائش بنوعيها رفيعة الأوراق (مثل الهيبان والشعير) وعريضة الأوراق (مثل الخبيزة وغيرها) في فترة الشتاء سريعاً لدرجة كبيرة وقد أمكن السيطرة على الحشائش رفيعة الأوراق كيماوياً في كل من البرسيم والرغل باستعمال مبيدا كيميائيا مناسبا أما عريضة الأوراق خصوصاً الخبيزة فتمت مكافحتها في البرسيم بواسطة مبيدا كيميائيا أما في الرغل فقد كوفحت يدوياً لعدم إمكانية رش الرغل بالمبيد .

وبالنسبة للحشائش الصيفية فقد تركت في مربعات الرغل فقط لوجود الفراغات بين النباتات على عكس البرسيم الذي منعت كثافته نمو الحشائش الصيفية .

التسميد :

تم إعطاء رشتين من سماد المايكروبلانت Microplant للبرسيم لملاحظة بعض الضعف فيه وهو عبارة عن عناصر صغرى وقد كانت الرشة الأولى بعد 50 يوم من الزراعة والرشة الثانية بعد 160 يوم من الزراعة ، هذا و لم يظهر أي أثر نقص عناصر على النباتين خلال فترة التجربة.

الآفات والأمراض :

تم مكافحة الآفات الحشرية والأمراض التي تعرض لها المحصولين خلال فترة التجربة باستخدام المبيدات المناسبة لها وحسب ما هو متبع في المنطقة.

الحش :

تم الحش يدوياً بالنسبة للمحصولين ، تمت الحشة الأولى بالتتابع للمحصولين مع بعضهما البعض . وتمت الحشة الثانية أولاً في نبات البرسيم لكل مربعاته في جميع المكررات ومن ثم في مربعات الرغل وذلك للتفاوت في سرعة الإنبات وكذلك بالنسبة للحشة الثالثة.

التلبين :

تم تلبين المحصولين بعد القص وبالنسبة لنبات الرغل فقد لبن على ثلاث طرق :

1- بعد القص مباشرة .

2- بعد القص بثلاثة أيام .

3- بعد القص بأسبوع .

النتائج والمناقشة:

حيث أن البحث مازال مستمرا وسوف يستمر لعدة سنوات قادمة فإن النتائج المتوفرة هي نتائج مرحلية. وقد أوضحت النتائج المرحلية انخفاض انتاجية البرسيم بزيادة سرعة الرشاش

وقلة كمية المياه المعطاه. بينما لم يتأثر الرغل المحلي بانخفاض نسبة الرطوبة إلا عند سرعة 80م/س. ويبين الجدول رقم (3) إنتاجية المحصولين في السرعات المختلفة لثلاث حشات متوالية. عند سرعة 20م / س كانت إنتاجية البرسيم أعلى من الرغل بينما قلت عن إنتاجية الرغل مع زيادة سرعة الرشاش.

جدول رقم 3. إنتاجية البرسيم والرغل المحلى في الحشات الثلاث (كجم/100م2):

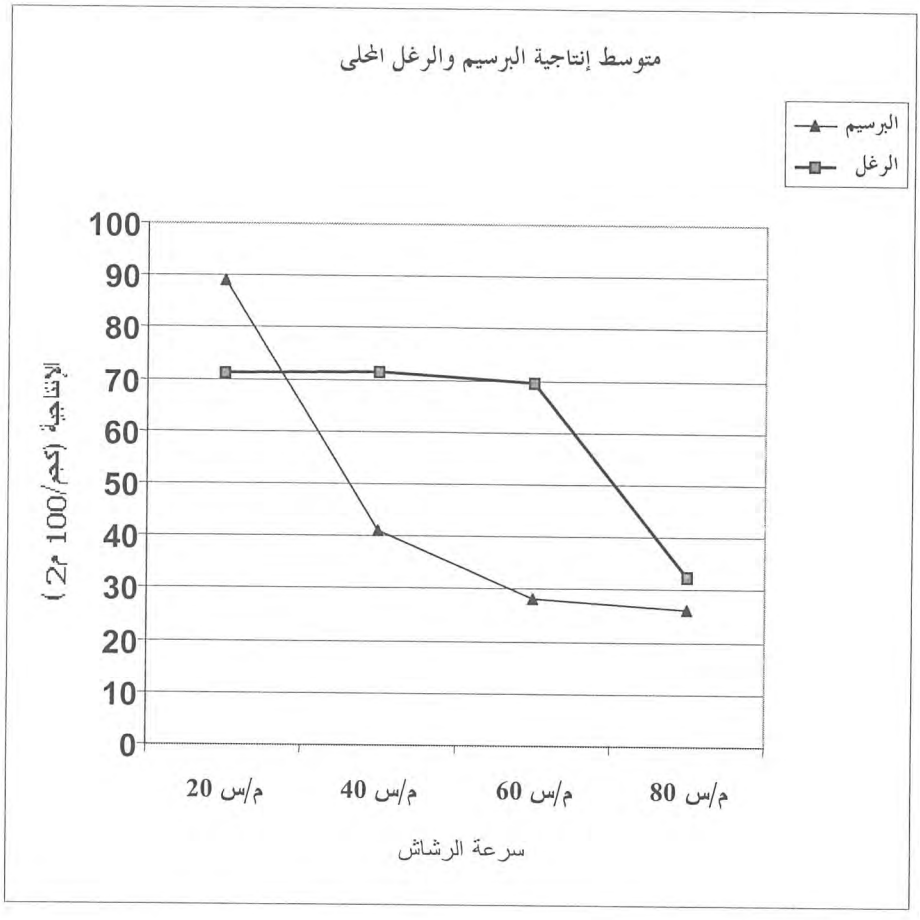
سرعة الرشاش (م/س)	الحشة الأولى		الحشة الثانية		الحشة الثالثة		الحشة الرابعة	
	البرسيم	الرغل	البرسيم	الرغل	البرسيم	الرغل	البرسيم	الرغل
20	90.25	75	84.5	83	92	15.8		
40	36.7	136	42.5	42	44	37		
60	13.5	85.7	29.3	68.5	42	54		
80	7.5	35.7	26.5	35.3	44	26		
متوسط الحشات	36.99	83.1	45.7	57.2	55.5	33.2		

يبين الجدول رقم 3 أنه كلما زادت سرعة الرشاش انخفضت انتاجية البرسيم في الحشات الثلاث وأن أفضل انتاجية للبرسيم كانت عند سرعة 20م/س بكمية مياه تصل إلى 15.4 مم مما يدل أن البرسيم يحتاج إلى كمية عالية من المياه. يتبين من الجدول أيضا أن انتاجية الرغل زادت عندما زادت سرعة الرشاش من 20م/س إلى 40م/س ومن 40م/س إلى 60م/س وانخفضت بعد ذلك حينما زادت سرعة الرشاش إلى 80م/س مما يدل على أن سرعة 60م/س (6مم ماء) كافية للرغل و أن زيادة سرعة الرشاش عن 60م/س هو إهدار للماء دون مبرر، أما إنخفاض كمية المياه عن 6مم يؤدي إلى انخفاض انتاجية الرغل ويبين الرسم البياني رقم 1 سلوك المحصولين مع تغير سرعات الرشاش المحوري. وبأخذ متوسط الحشات الثلاث تبين زيادة انتاجية البرسيم مع تكرار الحشات بينما قلت انتاجية الرغل مع تكرار الحشات

النتائج الأولية للدراسة:

أوضحت النتائج الأولية لهذه الدراسة أمكانية نمو الرغل بمعدلات مياه تقل كثيرا عما يحتاجه البرسيم، كما أنه من النباتات التي يمكن تلبينها وحشها لعدة مرات إلا أن انتاجيته تقل مع تكرار الحشات.

شكل رقم 1. سلوك محصولي البرسيم والرغل المحلي مع تغير كمية المياه الساقطة من الرشاش المحوري



المراجع:

1. الهاجوج، عبدالله مرزوق، 1999 ، استزراع النباتات الرعوية تحت الظروف الطبيعية بأقل كمية من المياه. المؤتمر العالمي للتخضير وتجميل البيئة في المناطق الجافة بدولة الكويت. الكويت

2. ميرة ، محمد محمود ، 1996 ، دراسات عن إدارة المراعي في شمال المملكة العربية السعودية. مركز أبحاث تنمية المراعي والثروة الحيوانية بمنطقة الجوف. الجوف ، المملكة العربية السعودية

3. Kaleemullah, Sayed, AlRowaily Saud L. R., Al Hassan Hamdan O., and AlRowaily Marei M. 1997. Variability in Germination Among Seeds of Twelve Different Native Rangeland Species. Range and Animal Development Research Center. Al-Jouf Saudi Arabia.

4. Peacock, J. M., M. E. Ferguson, G. Al-Hadrami, S. L. Al-Rowaily, and A. Al Hajoj. 1999. Desert Forages of The Arabian Peninsula - a solution for enhancing conservation and combating desertification. Third Conference on Desertification and Environmental Studies - Beyond the Year 2000. Center for Desert Studies, King Saud University, Kingdom of Saudi Arabia.

خصخصة خدمات المياه والصرف الصحي

تجارب منطقة مكة المكرمة ومنطقة المدينة المنورة

عادل أحمد بشناق

خصخصة خدمات المياه والصرف الصحي
تجارب منطقة مكة المكرمة ومنطقة المدينة المنورة

عادل أحمد بشناق

دار التقنية

الخلاصة

يعرف الكاتب خصخصة خدمات المياه بأنها إدارة مرافق المياه حسب منهج عمل القطاع الخاص بهدف زيادة الكفاءة وتخفيض معونة الدولة وتحقيق التمويل الذاتي والتطوير المستمر ويوضح أن هناك نماذج مختلفة لخصخصة خدمات المياه ولا يوجد نموذج واحد مناسب لكل الحالات ويؤكد ضرورة توفر العزيمة والصبر والمثابرة لدى قيادات المجتمع التي ترغب في تطبيق الخصخصة .

يستعرض الكاتب بإيجاز المعوقات التي تواجه جهود الخصخصة في دول الخليج والأولويات المطلوب إنجازها من قبل الدولة لنجاح جهودها نحو إعادة هيكلة قطاع المياه والبدائل أو النماذج المتاحة في هذا الصدد.

ثم يستعرض الكاتب مبادرات المسئولين في الدولة وقيادات القطاع الخاص لخصخصة خدمات المياه في منطقة مكة المكرمة ومنها تجارب شركة جدة القابضة لخصخصة خدمات توزيع المياه والصرف الصحي بمدينة جدة وشركة الشعيبة لخصخصة بناء توسعة محطة تحلية الشعيبة وشركة الكنداسة لخصخصة خدمات إنتاج وتوزيع المياه في المنطقة الصناعية بجدة بالإضافة إلى تجارب إدارة المنطقة الصناعية بجدة ومصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة مكة المكرمة لخصخصة خدمات الصرف الصحي والصناعي في بعض الأحياء بجدة كما يستعرض الكاتب بالمقابل تجربة مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة المدينة المنورة من خلال التعاون مع المقاولين والمصنعين المحليين والسعي لتحسين خدمات المياه والصرف الصحي بكل الوسائل الممكنة وبما لا يتعارض مع أنظمة الدولة ثم يخلص الكاتب إلى ضرورة استنباط وتطبيق حلول مالية وإدارية مبتكرة (منهج الخصخصة) لسد الفجوة الكبيرة المتزايدة في خدمات المياه والصرف ومسئولية

كل من قيادات القطاع الخاص (الغرف التجارية والصناعية والشركات المساهمة) وقيـــادات إدارات المياه المعنية في الدولة في طرح المبادرات والسعي والمثابرة لإنجاز المشـــاريع وتحســين الخدمات وتخفيض تكاليف هذه الخدمات من خلال المنافسة والتطوير0

المقدمة

تزداد الحاجة إلى مشاركة القطاع الخاص والمستفيدين من خدمات المياه والصرف الصحـي في تمويل وتطوير وإدارة مرافق المياه لأسباب عديدة أهمها تزايد حجم الاستثمارات اللازمة لتوفير خدمات المياه والصرف الصحي ورغبة الحكومات في زيادة كفاءة تشغيل قطاع المياه وتخفيض التكاليف من خلال المنافسة في تقديم الخدمات ولهذا اصبح مصطلح "الخصخصة" كلمة شائعة في القاموس اليومي لوسائل الأعلام.

لا يوجد تعريف واحد متفق عليه لمعنى "الخصخصة" فهي لا تعنى بالضرورة مشاركة القطـاع الخاص في ملكية مرافق المياه حيث يمكن تحقيق النتائج المرجوة منها من خلال الإدارة السـليمة للمؤسسات الحكومية المعنية بشئون المياه وتوفير الحوافز اللازمة للعاملين فيها والقائمين علـى إدارتها بالإضافة إلى تمكين المؤسسات الحكومية من استخدام القـروض التجاريـة لتمويـل مشاريعها ولهذا كله هناك أساليب وسياسات مختلفة لتطبيق الخصخصة وهذه هـي القـاعدة الاولى التي يجب تأكيدها في هذا الشأن.

أذا كانت هناك اساليب مختلفة لتحقيق الخصخصة ما هو إذا الأسلوب الأفضـل ؟ لا يوجـد أسلوب افضل لجميع الحالات فكل دولة بل كل مدينة أو مشروع له خصوصياته وما يكـون الأفضل لحالة معينة ليس من الضرورة هو الأفضل في جميع الحالات وهذه هي القاعدة الثانيـة التي يجب تذكرها.

ومن هذا المنطلق يشبه البعض تجارب الخصخصة المختلفة بتجارب تربية الأبناء فالمنهج الأمثـل في التربية يختلف حسب الابناء والمواقف وتحقيق النتائج المرغوبة يتطلـب الصـبر والمثـابرة والتكيف مع المستجدات.

في ضوء هذه المقدمة ما هو إذا تعريف خصخصة مرافق المياه ؟ يميل البعض إلى ربط مصطلـح الخصخصة بنقل إدارة وربما ملكية المرافق العامة إلى شركات القطاع الخاص حتى وإن كـانت هذه الشركات مملوكة كلياً أو جزيئاً من قبل الدولة وربما الأفضل ربط مصطلح الخصخصـة بأسلوب وحوافز الإدارة القائمة على مرافق المياه لان ذلك هو التغيير المنشود وبناء عليه يكون

التعريف الأنسب لخصخصة مرافق المياه هو إدارة مرافق المياه حسب منهج عمل القطاع الخاص المعروف بقدراته على المنافسة وتخفيض التكاليف مع تحسين الخدمات والتمويل الذاتي ولعل هذه هي أهم معايير نجاح الخصخصة.

المعوقات والمتطلبات

معوقات خصخصة خدمات المياه في دول الخليج متعددة أهمها التعرفة المنخفضة للمياه وضعف الجباية مما ينتج عنه تزايد حجم معونة الدولة لقطاع المياه ونظراً لعدم وجود خطة عمل محددة لدى هذه الدول (باستثناء أمارة أبو ظبي) للتخلص من معونة الدولة خلال مدة زمنية معقولة سيصعب جداً توفير التمويل الذاتي لنمو هذا القطاع أو مشاركة القطاع الخاص في التمويل وبالخصوص لضعف المؤسسات المالية المحلية وعدم حماسها لتمويل المرافق ولغياب المعايير والمقاييس المالية والفنية للمراقبة والإشراف على قطاع المياه وغياب التشريعات والنظم التي تشجع على الاستثمار في المرافق.

يتضح مما سبق أن نجاح جهود خصخصة خدمات المياه والصرف الصحي يتطلب من الدولة الإفصاح عن سياستها نحو مشاركة القطاع الخاص في تمويل وإدارة مرافق المياه ثم الإفصاح عن خطة الدولة لتحقيق التمويل الذاتي لخدمات المياه بهدف ضمان استمرارها ونموها وتحسنها وتعديل مستويات التعرفة خلال سنوات محددة لتقارب مستوى

التكاليف الفعلية لإنتاج ونقل وتوزيع المياه وتوفير خدمات الصرف الصحي ثم تحفيز المؤسسات المالية على تمويل مرافق المياه وابتكار أدوات مالية جديدة لتحقيق ذلك مع العمل على إعادة تأهيل العمالة وتوفير فرص عمل بديلة للمواطنين العاملين بمؤسسات الدولة.

ويجب التأكيد في هذا الصدد على مسئولية الدولة نحو استمرار دعم قطاع المياه لمساعدة الفئات المحرومة في المجتمع على الحصول على الحد الأدنى من خدمات المياه والصرف الصحي هذا بالإضافة إلى أهمية حماية الصحة العامة وصون البيئة والمصادر الطبيعية من التلوث للمحافظة عليها للجيل الحالي والأجيال القادمة وهذا يعني بالضرورة استمرار الدعم المادي وأشراف الدولة على هذا القطاع الحيوي لصحة وازدهار المجتمع.

كما يجب التأكيد على ضرورة المحافظة على المنافسة العادلة في كافة المراحل والمستويات لضمان تحقيق الأهداف المرجوة من عملية الخصخصة وفي مقدمتها تخفيض التكاليف وتحسين

الخدمات كما تجب الإشارة إلى أهمية توفر مناخ المنافسة لتحفيز الاستثمار في البحوث والتطوير والتدريب واللذى يؤدي بدوره إلى المزيد من تخفيض التكاليف وزيادة كفاءة التشغيل والقدرة على المنافسة العالمية في المدى البعيد.

ومن المتطلبات ذات الأولوية أيضاً في عملية الخصخصة إنشاء هيئة وطنية مستقلة للتنظيم والأشراف على خدمات المياه والصرف الصحي لتحديد ومراجعة ومراقبة تنفيذ المعايير المالية والفنية الإدارية التي يجب أن تلتزم بها جميع الجهات الحكومية والأهلية التي تقدم خدمات المياه.

البدائل

هناك عدد من البدائل المتاحة لمشاركة القطاع الخاص في تقديم خدمات المياه يمكن التمييز بينها حسب مستوى المشاركة في الإدارة أو في ملكية المرفق أو فيهما معاً حسب ما هو موضح في شكل رقم (1). يوضح هذا الشكل أيضا موقع بعض النماذج والتجارب القائمة في المملكة العربية السعودية والتي سيرد ذكر بعضها في الجزء التالي.

ويمكن إيجاز العقود البديلة لخصخصة خدمات المياه والصرف حسب تزايد دور القطاع الخاص في الإدارة والملكية كما يلي:

- عقود الخدمات
- عقود الإدارة
- عقود التأجير
- عقود البناء والتشغيل والتحويل
- عقود البناء والتشغيل والامتلاك
- عقود الامتياز

النموذج الشائع في دول الخليج هو التنافس بين الشركات على تقديم خدمات إدارة مرافق المياه وصيانتها وهناك نماذج عديدة لعقود الاستصناع حيث تقوم الدولة بشراء الماء العذب أو خدمات الصرف بعقود البناء والتشغيل والتحويل أو الامتلاك و لم تنتشر بعد عقود الامتياز ولا محاولات تطوير المؤسسات الحكومية لتعمل كشركات قادرة على الاقتراض التجاري والتمويل الذاتي.

المملكة العربية السعودية بتطبيق الخصخصة

منذ أن أعلن خادم الحرمين الشريفين في عام 1995م التزام المملكة بمنهج الخصخصة اتخذت الدولة عدة خطوات لتحقيق ذلك أهمها تشكيل لجنة وزارية لشئون الخصخصة والبدء بخصخصة خدمات الموانئ والاتصالات والبريد

وإنتاج الطاقة الكهربائية كما تحث الدولة الشركات على الاستثمار في تطوير مرافق الغاز والطاقة وزيادة المياه المحلاة.

كما بادرت الهيئة الملكية للجبيل وينبع بطرح مشروع شركة مرافق بهدف نقل ملكية وإدارة مرافق المياه والصرف والطاقة الكهربائية بكل من مدينتي الجبيل وينبع الصناعتين إلى شركة " مرافق " التي يشارك في تأسيسها كبار المستفيدين من خدمات المرافق بهاتين المدينتين (شركة ارامكو السعودية وشركة سابك).

هذا وقد أكد عدد من كبار المسئولين في مناسبات متكررة على عزم الدولة على خصخصة كافة خدمات المياه والصرف الصحي كما وافق مؤخراً صاحب السمو الملكي الأمير عبد الله بن عبد العزيز ولي العهد ونائب رئيس مجلس الوزراء ورئيس الحرس الوطني ورئيس المجلس الاقتصادي الأعلى على طلب شركة جدة للخدمات لمنحها امتياز توزيع المياه وتقديم خدمات الصرف الصحي بمدينة جدة وتمنى للتجربة أن تكون قدوة حسنة لبقية مدن المملكة وفيما يلي استعراض لتجارب منطقة مكة المكرمة ومنطقة المدينة المنورة في مشاركة وتعاون الجهات الحكومية مع القطاع الخاص لتطوير خدمات المياه والصرف الصحي.

أولاً :- تجارب منطقة مكة المكرمة

1. شركة جدة للخدمات

بدعوة وتشجيع من صاحب السمو الملكي الأمير / عبد المجيد بن عبد العزيز أمير منطقة مكة المكرمة قام ما يقرب من 300 من رجال الأعمال بالمملكة بتأسيس " شركة جدة القابضة للتطوير " لينبثق منها عدة شركات مساهمة تعنى باستكمال ما قامت به الدولة من مشاريع وفي مقدمتها خدمات المياه والصرف الصحي التي ستتولاها شركة جدة للخدمات (تحت التأسيس) وكمدخل لإعادة هيكلة خدمات المياه والصرف بجدة قام سمو أمير المنطقة باتخاذ الإجراءات النظامية اللازمة لدمج خدمات ثلاث إدارات حكومية مستقلة في جدة وهي إدارة مياه جدة (

توزيع المياه) والعين العزيزية (جباية الرسوم) ومصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة مكة المكرمة (الصرف الصحي) بغرض تحقيق التكامل في هذه الخدمات داخل المدينة.

كما شرعت اللجنة التأسيسية لشركة جدة للخدمات في إجراء الدراسات الأولية لتقدير حجم الاستثمارات اللازمة وسبل تمويل هذه الاحتياجات ووسائل مشاركة اكبر عدد من المقاولين والمصنعين والاستشاريين المحليين في تنفيذ مشاريع المياه والصرف حيث وتقدر الشركة حجم الاستثمارات الرأسمالية اللازمة حتى عام 2020م لتطوير شبكة توزيع المياه وشبكة الصرف الصحي ومحطات الصرف الصحي بمدينة جدة كما يلي :-

1. تحديث وتوسعة شبكة توزيع المياه مع مرافق المعالجة والتخزين 5800 مليون ريال سعودي
2. استكمال وتوسعة شبكة الصرف الصحي. 14130 مليون ريال سعودي
3. تحديث وتوسعة محطات الصرف الصحي. 2670 مليون ريال سعودي

تأمل شركة جدة للخدمات استقطاب تمويل محلي ودولي في حدود 5000 مليون ريال بعد تأسيس الشركة حيث سيتم تمويل بقيه الاستثمارات اللازمة من خلال رسوم المياه والخدمات وتنوي الشركة شراء الماء العذب من المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة والشركات المتخصصة في تحلية وإنتاج مياه الشرب.

2. مشروع شركة الشعيبة لتحلية المياه

بادرت الغرفة التجارية والصناعية بجدة بالطلب من الدولة في عام 1999م السماح لرجال الأعمال بناء المرحلتين الثالثة والرابعة من توسعة محطة تحلية الشعيبة على ساحل البحر الأحمر لزيادة المياه العذبة المتاحة لمنطقة مكة المكرمة . ويتوقع أن تكون الطاقة الانتاجية لهذا المشروع 150 مليون جالون يومياً (600 مليون لتر/يوم) ويشمل المشروع بناء أنبوب بطول 80 كم لضخ الماء إلى جدة . وقد تجاوبت الدولة مع مبادرة رجال الأعمال وتم تشكيل فريق عمل مشترك يضم كبار المسؤولين من الجهات المعنية في الدولة ومندوبي رجال الأعمال للتفاوض بخصوص شروط التعاقد وقد تم الاتفاق على أن تتولى شركة الشعيبة (تحت التأسيس) بناء وتشغيل وامتلاك المحطة المذكورة وستقرر الدولة لاحقاً فيما إذا ترغب المشاركة في تأسيس الشركة ويأمل الجميع توقيع اتفاق المشروع مع الدولة في المستقبل القريب.

3. شركة كنداسة لخدمات المياه :

حصلت الشركة السعودية للخدمات الصناعية (سيسكو) وهي شركة مساهمة عامة على أول ترخيص في المملكة لبناء محطة تحلية خاصة عام 1988م و لم تتمكن الشركة من البدء في تنفيذ المشروع لعدم توفر أرض مناسبة على ساحل البحر الأحمر . وفي عام 1999م توصلت الشركة إلى اتفاق مع المؤسسة العامة للموانى لاستخدام موقع محطة تحلية ميناء جدة مقابل توفير احتياجات الميناء من المياه مجاناً فتم تأسيس شركة كنداسة لخدمات المياه لامتلاك وتشغيل المشروع بمشاركة من المزيد من رجال الأعمال ذوى الاهتمام والخبرة وتيمناً بأول محطة تحلية عرفتها مدينة جدة منذ ما يقرب من مائة عام والتي عرفت في ذلك التأريخ باسم (كنداسة) تم اختيار هذا الاسم للشركة التي تهدف إلى إنتاج وتوزيع المياه العذبة في كل من المنطقة الصناعية والمنطقة التجارية بجدة . هذا وقد شرعت الشركة في بناء المرحلة الأولى من مشروعها بطاقة إنتاجية 15 مليون لتر/يوم الذي يتوقع استكماله مع مطلع عام 2001 ليتبعه مرحلة ثانية بطاقة 50 مليون لتر/يوم . وتعمل الشركة لتصل إلى طاقة إنتاجية تزيد على 100 مليون لتر / يوم قبل عام 2010م بالإضافة إلى إنشاء العديد من مراكز البيع والتوزيع داخل مدينة جدة .

4. مشروع الصرف الصناعي

بادرت إدارة المنطقة الصناعية بجدة بدعم من وزارة الصناعة والكهرباء وتشجيع من الغرفة التجارية والصناعية بجدة إلى طرح مشروع تجديد وتوسعة محطة وشبكة الصرف الصناعي والصحي بالمنطقة الصناعية في منافسة دولية لعقد بناء وتشغيل وتحويل (BOT) لمدة 15 سنة ويجري التفاوض مع الشركات المتقدمة لتوقيع العقد خلال النصف الأول من عام 2001م لخدمة 500 مصنع خلال مدة العقد وجباية رسوم خدمات الصرف من المصانع بالتعاون مع إدارة المنطقة الصناعية، كما أن هناك دراسة جادة لدى وزارة الصناعة والكهرباء لخصخصة جميع مرافق الخدمات للمدن الصناعية القائمة والمدن الصناعية الجديدة عن طريق إنشاء هيئة مستقلة لإدارة المدن الصناعية بالمملكة يعمل تحت أشرافها المطورون والمقاولون بنظام البناء والتشغيل والتحويل.

5. مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة مكة المكرمة

نجحت المصلحة في التعاون مع القطاع الخاص لتنفيذ عدد من المشاريع بأساليب تمويل مبتكرة أهمها ما يلي:

1. تمويل دراسة المخطط العام للصرف الصحي لمدينة جدة لغاية عام 1460هـ والذي يحدد احتياج المدينة من خدمات الصرف الصحي من شبكات ومحطات معالجة ولعل مساهمة القطاع الخاص في تمويل المخطط العام عجل بإنجازه وفتح مجالات عمل عديدة لهذا القطاع.
2. تم ترسيه منطقة امتياز إيصال المياه للخطوط الفرعية والتوصيلات المترلية على مؤسسة أبو الجدايل بحي الملك فهد وحي السحيلي في مدينة الطائف بمبلغ 4.5 مليون ريال وذلك على حسابي المستفيدين من الخدمة والعمل جاري في تنفيذ المشروع.
3. بنفس الطريقة تم ترسيه إيصال المياه لحي الشرائع والمجاهدين في مكة المكرمة بتكلفة 2.5 مليون وعلى حساب المستفيدين من الخدمة.
4. قامت المصلحة ولأول مرة على مستوى المصالح بالتنسيق مع وزارة المالية في إسناد عملية إصدار وتوزيع وإستحصال فواتير المياه في مكة المكرمة للقطاع الخاص بحيث يقوم بهذا العمل نيابة عن المصلحة مقابل نسبة محددة من المبالغ التي يقوم بإستحصالها وكلما زادت قيمة الاستحصال زادت أرباحه وتم اعتماد المشروع في ميزانية المصلحة وجاري طرحه في منافسة عامة.
5. قامت المصلحة بإسناد عملية صيانة وتشغيل وبيع مياه الوايتات في اشياب الطائف لمتعهد من القطاع الخاص الخاص بحيث تقوم المصلحة ببيع المتعهد الماء الذي يقوم بدوره بتشغيل وصيانة وإدارة الاشياب وبيع الماء على المواطنين والمتعهدين الآخرين.
6. قامت المصلحة ولأول مرة على مستوى المصالح بترسيه عملية استثمار تشغيل وصيانة محطة إعادة الاستعمال لمياه الصرف الصحي المعالجة في الخمرة جنوب جدة وذلك على مؤسسة علوان بحيث يقوم المتعهد بدفع 25 هلله / متر مكعب للمصلحة ويقوم المتعهد بتسويق المياه المعالجة ثلاثياً.

ثانياً :- تجارب منطقة المدينة المنورة

تختلف تجربة المدينة المنورة عن تجارب منطقة مكة المكرمة لكون جميع المشاريع انطلقت حتى تأريخه من الإدارة الحكومية المعنية (مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة المدينة المنورة) وهي بالتالي نموذج مختلف

لإمكانيات التعاون والتكامل بين القطاع الخاص والدولة ضمن اطار النظم واللوائح الحكومية القائمة ولهذا فهي تجارب مكملة لتجارب منطقة مكة المكرمة.

لقد تمكنت إدارة مصلحة المياه والصرف بالمدينة المنورة من إنجاز مشاريع مياه هامة خلال العشرة سنوات الماضية تزيد تكاليفها الإجمالية على 1500مليون ريال بالرغم من صعوبة توفر الاعتمادات المالية اللازمة لكل مشروع على حدة وذلك من خلال تعاون شركات المقاولات والمصانع الوطنية مع إدارة المصلحة بناء على الثقة المتبادلة بين هذه الجهات والتزام كل جهة بالوفاء بوعودها.

لعل أهم المشاريع التي تستحق الذكر وأنجزت خلال هذه الفترة هي :-

1. **مشروع مياه آبار الماشي**

تم حفر 50 بئر وتمديد أنابيب يزيد أطوالها على 100 كم لتزويد المدينة المنورة بمعدل 50.000 متر مكعب/ يومياً من المياه العذبة مما وفر مصدراً إضافيا لمياه الشرب كان له اكبر الأثر في توفير الأمن المائي لمدينة المصطفى عليه السلام عند انخفاض معدل ضخ مياه الشرب من محطة تحلية مياه البحر في ينبع التي تبعد 150كم عن المدينة.

2. **توسعة محطة الصرف الصحي**

تم توسعة محطة الصرف الصحي لخدمة احتياجات المدينة المنورة لما بعد عام 2020م من المعالجة الثلاثية واستخدام نظام الأشعة الفوق بنفسجية لتعقيم المياه المنتجة لتكون صالحة لجميع استخدامات المزارعين عند استكمال المشاريع المعتمدة.

3. **توسعة شبكات المياه والصرف الصحي**

تم إيصال شبكة توزيع مياه الشرب لخدمة 95% من المناطق المأهولة بالسكان في المدينة المنورة ويتوقع أن تصل هذه النسبة إلى 100% مع نهاية عام 2005م كما يتم إيصال

شبكة الصرف الصحي لخدمة 60%من المناطق المأهولة ويتوقع أن ترتفع هذه النسبة إلى 70 % مع نهاية عام 2005م.

4. بناء نظم تخزين مياه الشرب

تم بناء عدد من خزانات مياه الشرب سعة كل منها 200.000 م3 ويجري العمل لبنـــاء المزيد من الخزانات بما يوفر طاقة تخزين استراتيجية تصل إلى 1.5 مليون م3 مع نهاية عام 2005م.

5. توسيع نطاق خدمات المصلحة لبقية مدن المنطقة

رغبة من سمو أمير المنطقة في تحسين خدمات المياه والصرف الصحي ببقية مدن المنطقـة رفع إلى المقام السامي بطلب الموافقة على توسعة نطاق خدمات المصلحة لتشمل كافـة مدن وقرى منطقة المدينة المنورة وبطلب تحويل الاعتمادات المالية المدرجة في موازنـات وزارة الزراعة والمياه ووزارة الشئون البلدية والقروية لمشاريع المياه والصـرف بمنطقـة المدينة إلى موازنة مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة المدينة وقد تمت الموافقة علـى ذلك وشرعت المصلحة في بناء محطة وشبكة للصرف الصحي بمدينة ينبع كما قـامت ببناء محطة لتحلية مياه الآبار المالحة بمدينة مهد الذهب.

السؤال الذي يطرح نفسه هو كيف استطاعت إدارة حكومية تنفيذ هذه المشاريع خلال فترة زمنية معروفة بتقنين الاعتمادات المالية . هنالك عدة أسباب أو مسببات مجتمعـة توضح الإجابة على هذا الاستفسار لعل أهمها هو رغبة إدارة المصلحة في الإنجاز وتحسين وزيادة الخدمات التي تقدمها مصلحة المياه والصرف الصحي ومنها أيضا تطبيـق روح الأنظمة والتعليمات الحكومية لتخطي المعوقات المالية والإدارية بدلاً من تجميد العمـل والتطوير بحجة صيغة النظام والتعليمات ومنها أيضا إخلاص وكفـاءة الإدارة العليـا للمصلحة مما يعزز الثقة في التعامل مع كافة الجهات الحكومية والأهلية ومنها بـالطبع دعم رئيس مجلس الإدارة وأعضاء المجلس لمبادرات إدارة المصلحة لدى كافة المسئولين في الدولة وبالخصوص لدى وزارة المالية ووزارة الشئون البلدية والقروية ومنها أيضا تعاون المقاولين والمصانع الوطنية وتجاوبهم مع متطلبات وبرامج إدارة المصلحة لتنفيذ المشاريع .

بتحليل الأسباب السابقة الذكر يتضح إمكانية تحقيق الكثير من الإنجازات والمشـــاريع بالرغم من شح الاعتمادات المالية إذا توفرت الإرادة والعزيمة والأمانة والكفاءة لـــدى إدارة الجهاز الحكومي المسئول

مما يؤكد الحاجة إلى حسن اختيار وتأهيل ومراقبة قيادات المصالح الحكوميـــة المعنيـــة وبالخصوص عند شح المصادر المالية وتفاقم الأزمات المطلوب علاجها.
وإذا أضفنا إلى متطلبات الإدارة المذكورة بأعلى تمكين مصالح الميـــاه مـــن اســـترجاع تكاليف الخدمات التي تقدمها بتمكين مجالس إدارتها من تحديد مستوى الرسوم المقبولـــة ثم السماح لمصالح المياه التي تحقق مستويات محددة في الأداء والقدرات الإدارية والماليـــة السماح لها بالاقتراض من البنوك التجارية لأمكن تحقيق مزايا الخصخصة بدون الحاجـــة إلى انتقال إدارة مرافق المياه إلى القطاع الخاص.

التوصيات

بتقويم تجارب منطقة مكة المكرمة والمدينة المنورة نحو سبل مشاركة القطاع الخاص مع الدولة لتطويـــر خدمات المياه والصرف الصحي يمكن استخلاص النتائج والتوصيات التالية :-

1- ضرورة استنباط وتطبيق حلول مالية وإدارية مبتكرة لسد الفجوة الكبيرة بين المطلوب والمتاح من خدمات المياه والصرف الصحي. هذه الحلول الجديدة لا تولـــد إلا مـــن خلال مبادرات المسئولين المعنين ومبادرات رجال الأعمال في المجتمع ولايمكـــــن أن تتحقق إلا من خلال عزيمة ومثابرة أصحابها.

2- تجارب منطقة مكة المكرمة تؤكد مسئولية رجال الأعمال في طرح المبادرات والحلول لأزمة المياه في مدنهم ومناطقهم وضرورة تعاونهم معاً بتنفيذ هذه المبادرات مع أهميـــة الالتزام بالشفافية في العمل وموازنة المصلحة العامة مع المصلحة التجارية للمحافظـــة على دعم الدولة والأهالي المستفيدين من الخدمة.

3- تجارب منطقة المدينة المنورة تؤكد مسئولية القائمين على مصـــالح الميـــاه في طـــرح المبادرات والحلول العملية لازمة المياه في مناطقهم وضرورة التعامل مع القطاع الخاص كشريك والعمل على حماية حقوقه ضمن إطار النظام والشرع مع العمل على تعزيـــز الثقة والتعاون بين مصالح المياه والشركات بما يخدم المصلحة العامة .

مقارنة الجرعات الفعلية مع الجرعات المحسوبة نظرياً للكيماويات في محطات معالجة المياه

إبراهيم صالح المعتاز، محمد عبدالله الغنيمي، علي عبدالله المطلق، عبدالله عبدالعزيز الشايع

مقارنة الجرعات الفعليـــة مـــع الجرعـــات المحســـوبة نظريـــاً للكيماويات في محطات معالجة المياه

إبراهيم صالح المعتاز[1]، محمد عبد الله الغنيمي [2]، علي عبد الله المطلق [3]، عبد الله عبد العزيز الشايع [4]

[1]رئيس قسم الهندسة الكيميائية – كلية الهندسة – جامعة الملك سعود – ص ب 800 الريـــاض 11421

[2]مدير عام التشغيل والصيانة ، [3]مدير مركز الأبحاث والتطوير ، [4]رئيس قسم التقييم والمتابعة – مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض – ص ب 22633 الريـــــاض 11416 فـــاكس (+ 966) 1 4915758

الملخص

يوجد اختلاف واضح بين جرعات المواد الكيميائية المستخدمة في عدد من محطات معالجة المياه في الرياض على الرغم من أن هذه المحطات تعمل بنفس الأسلوب ويتم تغذيتـــــها بنوعيـــات متشابهة من المياه.

لتحديد الأسلوب الأمثل لتقدير المواد الكيماوية اللازمة لعملية المعالجة فقد تم اختبار العديد من الطرق مثل الطريقة التقريبية والتي تعتمد على قياس التدفق وكميات المواد الكيماوية المستخدمة والطرق الحسابية، التي تعتمد على تحاليل المياه قبل وبعد المعالجة ونوعية المياه المطلوبـــة بعـــد المعالجة، مثل الطريقة التقليدية وطريقة مخطط الأعمدة وتجارب اختبار الدوارق.

تبين من النتائج أن الطرق الحسابية كانت فعالة ودقيقة بدرجة كافية لتحديد الجرعات اللازمة من المواد الكيماوية، كما أن استخدام الطرق الحسابية سيؤدي إلى المحافظة على نوعية الميـــاه المطلوبة باستخدام كميات من المواد الكيماوية محسوبة بدقة كما سيعمل على توفير اســتخدام المواد الكيميائية ضمن الكميات المطلوبة.

مفاتيح كلمات.: جرعات ،كيماويات معالجة ، معالجة أولية ، جير ، صودا .

مقدمة

تمر عمليات تنقية المياه بعدة مراحل بدءًا من مرحلة تبريد هذه المياه حال وصولها إلى محطات التنقية قادمة من الآبار وانتهاءً بضخها إلى شبكة المدينة بعد أن تصبح صالحة للشرب. وتشمل العمليات الرئيسية التي تمر بها المياه خلال تلك المراحل ما يلي:- التبريد (Cooling) ، التيسير (Softening) ، الترشيح (Filtration) ، ازالة الاملاح (Desalting) وأخيرا عملية الضخ (Pumping) . يتم إضافة مواد كيميائية في اغلب هذه العمليات لأغراض مختلفة ويستهلك الجزء الرئيسي من المواد الكيميائية في عملية التيسير والتي يقصد بها تقليل العسر (Hardness) بهدف تهيئة مياه ملاءمة لتغذية وحدات التناضح العكسي (Reverse Osmosis) ، وتتم إزالة العسر في محطات المعالجة التابعة لمصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض بإضافة الجير والصودا (Lime and Soda Softening) .

وفي هذه الورقة سيتم التركيز على إيضاح عدد من الطرق التي يمكن من خلالها إيجاد معدل تجريع هذه المواد (Dosing rate) والتي تتم إضافتها في المرسبات (precipitators) خلال مراحل المعالجة الأولية ، وتعتبر بعض هذه الطرق نظريه تعتمد على الحسابات المرتبطة بمواصفات المياه الداخلة والخارجة من المرسبات في حين ان هناك طرق أخرى عمليه تعتمد على الكميات المستهلكة من المواد الكيميائية وكمية المياه التي تمت معالجتها. وسيتم شرح ميزات وعيوب كل طريقة وتوضيح ذلك بأمثلة عملية .

إزالة العسر باستخدام الجير والصودا

يرجع سبب تكون عسر الماء لوجود ايونات موجبة الشحنة ثنائية التكافؤ ذائبة في الماء ، ويعتبر الكالسيوم Ca والمغنيسيوم Mg من المعادن الرئيسية المسببة للعسر ، ويعبر عن عسر المياه أحيانا بعسر الكالسيوم والمغنيسيوم أو بعسر الكربونات والبيكربونات.

يرتبط عسر الكالسيوم والمغنيسيوم بوجود المعدن نفسه بغض النظر عن الشق الملحي (الشق السالب) المرتبط معه ، فمثلاً كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ ، كلوريد الكالسيوم CaCl يطلق عليها عسر الكالسيوم ويسمى مجموع عسر الكالسيوم و عسر المغنيسيوم بالعسر الكلي.

يطلق العسر الكربوني على أملاح بيكربونات وكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم ،وبذلك فإن الأملاح الأخرى المرتبطة بالكالسيوم والمغنيسيوم مثل كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ وكلوريد المغنيسيوم $MgCl$ تسبب العسر غير الكربوني ، وكذلك يمكن أن يعبر عن العسر الكلي بمجموع العسر الكربوني و العسر غير الكربوني.

عندما يتم تسخين الماء يطرد غاز أكسيد الكربون وتتحول أملاح البيكربونات إلى كربونات مترسبة وبهذا يتم إزالة العسر بالتسخين ، لذا يطلق على العسر الكربوني الناتج من البيكربونات عسر مؤقت . أمّا العسر غير الكربوني فإنه لا يتم إزالته بواسطة التسخين لذا يطلق عليه عسر دائم.

يضاف الجير والصودا في عمليات تيسير الماء لإزالة المعادن المسببة للعسر في الماء ، وذلك لتحويل الأملاح الذائبة إلى أملاح غير ذائبة يمكن التخلص منها بطريقة الترسيب . ويعتبر الجير والصودا من الكيماويات الهامة في محطات تنقية المياه ، وتمثل المعادلات التالية التفاعلات الأساسية في عملية إزالة العسر عن طريق الجير والصودا :

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O \qquad (1)$$

لا يسبب ثاني أكسيد الكربون العسر ولكنه يستهلك كمية من الجير لذا فإنه يلزم أخذ هذا في الاعتبار عند حساب جرعة الجير.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2\,CaCO_3 \downarrow + H_2O \qquad (2)$$

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow MgCO_3 + CaCO_3 \downarrow + 2H_2O \qquad (3)$$

$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + Mg(OH)_2 \downarrow \qquad (4)$$

ويلاحظ أن الأملاح المسببة للعسر تترسب إمّا على شكل $Mg(OH)_2$ أو $CaCO_3$ ، أما المعادن المسببة لعسر الكالسيوم غير الكربوني فإنها تترسب باستخدام رماد الصودا Na_2CO_3حسب التفاعلات التالية :-

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4 \qquad (5)$$

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow 2CaCO_3 \downarrow + 2NaCl \qquad (6)$$

وتترسب الأملاح المسببة لعسر المغنيسيوم غير الكربوني بإضافة الجير وينتج عن هذا التفاعل أملاح غير كربونية مثل $CaSO_4$ و$CaCl_2$ والتي تسبب العسر غير الكربوني ، لذا فإنه

بإضافة الصودا تتفاعل مع هذه الأملاح وينتج من هذا التفاعل كربونات الكالسيوم حسب المعادلات التالية : -

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 \Downarrow + CaCl_2 \quad (7)$$

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \Downarrow + 2NaCl \quad (8)$$

$$MgSO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 \Downarrow + CaSO_4 \quad (9)$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \Downarrow + Na_2SO_4 \quad (10)$$

ويلزم إضافة المخثرات في عملية التيسير وذلك للعمل على تجميع الجزيئات الصغيرة من أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم للإسراع في عملية الترسيب ، وذلك للحد من المواد العالقة التي تسبب العكارة ومن الممكن أن تترسب على المرشحات ، ومن المواد المخثرة التي تستعمل في محطات تنقية المياه ألومينات الصوديوم والبوليمر ذي الشحنة الموجبة.

وصف لنظام تجريع الجير والصودا في محطات تنقية المياه

يوضح الشكل رقم (1) مخططا لنظام تجريع الجير والصودا في محطات تنقية المياه حيث يتكون النظام من مرحلة التخزين والتحضير والتجريع.

- التخزين

يتم استلام الجير والصودا على هيئة بودرة تورد في شاحنات سعتها 12–18 طن مزودة بضاغط هوائي لتحميل ورفع البودرة و يتم تعبئتها في صوامع خاصة لكل مادة يتراوح حجمها في حدود 150م^3 300م^3 على حسب حجم المحطة كما توجد أكياس سعة 20 كجم للتخزين عند الحاجة في الحالات الطارئة .

- التحضير

يتكون نظام تحضير المحاليل من الصومعة والتي يوجد في أسفلها هزاز يعمل بناءً على نقص المحلول في الخزان حيث تتحرك البودرة من خلال فتحات إلى حلزون التجريع ومن خلاله يمكن التحكم في كمية البودرة القادمة من الصومعة ومن ثم تتحرك البودرة إلى حلزون النقل الذي ينقل البودرة إلى خزان التحضير الأولي عندئذ يبدأ تحضير المحلول بإضافة الماء حتى يصل التركيز إلى حدود 10 % للجير ، 15 % للصودا ثم ينقل المحلول إلى خزان ثانوي ليتم التحكم النهائي بالتركيز في حدود 4 % للجير و 8 % للصودا ، ويتم حساب التركيز بوزن

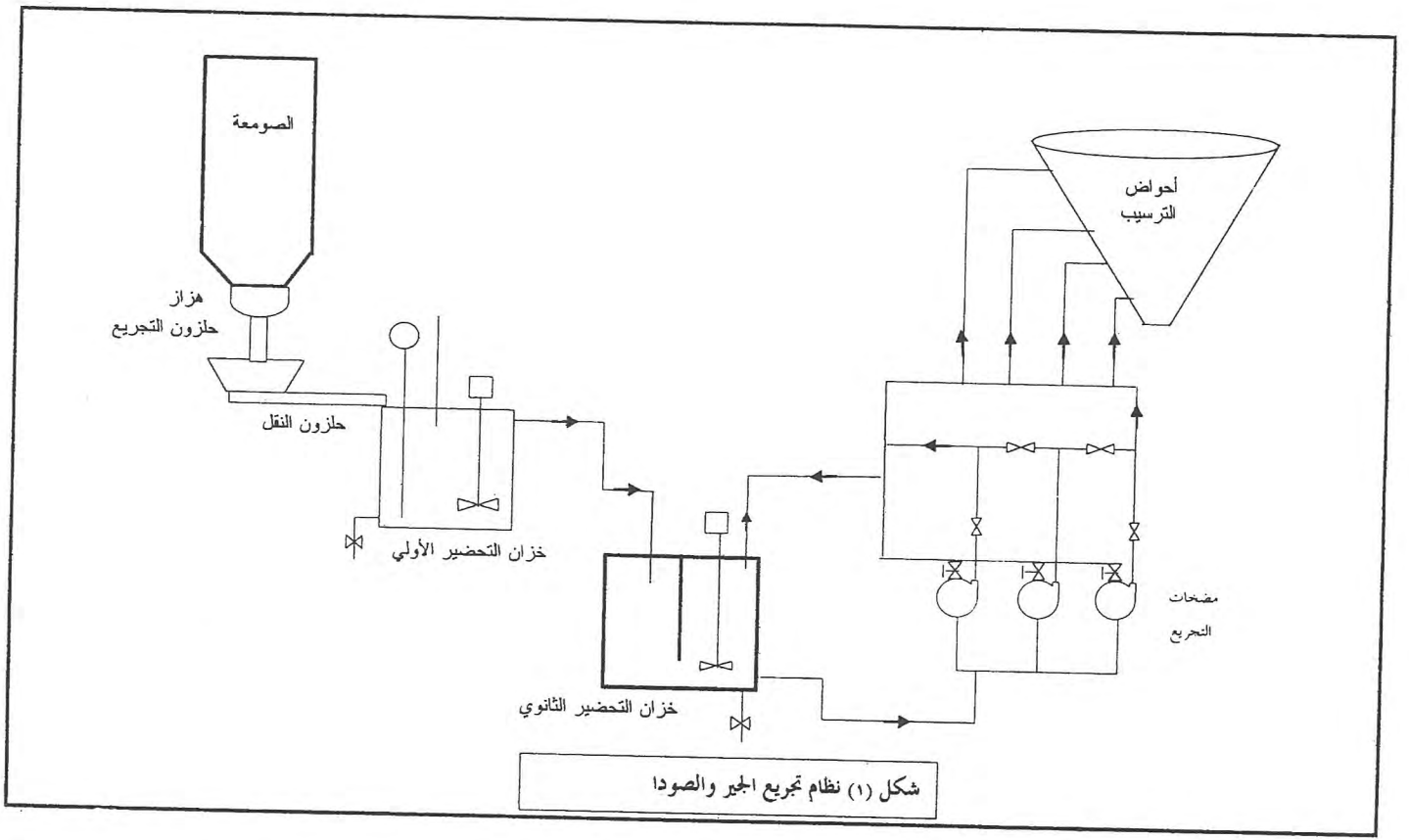
عينة من الماء المستخدم لتحضير المحلول حجمها 100 ملل ثم توزن عينة من المحلول لها نفس الحجم ويتم حساب الفرق بين الوزنين بالجرام والذي يعبر عن التركيز كنسبة وزنيه حجميه (W/V) كما يمكن قياس التركيز مباشرة باستخدام جهاز قياس كثافة المحاليل (الهيدرومتر).

- التجريع

بعد إعداد التركيز المطلوب من الجير والصودا يتم ضخها بواسطة مضخات التجريع إلى المرسبات بحيث يكون هناك تدوير دائم للمحلول من الخزان واليه خلال 24 ساعة ويوجد على كل مرسب صمام يفتح آلياً مع مرور كل 10 م^3 من المياه الخام الداخلة إلى المرسب ويتم التحكم بالفترة الزمنية التي تستغرقها عملية فتح صمام التجريع من خلال مؤقت زمني بحيث يتم التحكم به بالزيادة والنقصان بناءً على نتائج تحاليل المياه المنتجة من المرسب وبهذه الطريقة يتم التحكم بالجرعات المضافة . يتم إجراء عدة تحاليل للمياه التي تتم معالجتها في المرسبات يوميا ، والتحاليل الرئيسية التي يتم إجرائها بهدف التحكم بالجرعة المضافة من الجير والصودا هي : العسر الكلي للمياه والقلوية الكلية وكذلك الرقم الهيدروجيني (pH)حيث يوجد حدود معينه لكل محطة من محطات تنقية المياه بالرياض بناءً على الوضع التشغيلي لها ونوعية المياه الداخلة و هناك بعض الإجراءات التي يقوم المشغل باتخاذها مباشرة عند تغير تلك التحاليل ويوضح الجدول (1) الحالات المختلفة والإجراء المتبع عند كل حالة ، وفي حالة ارتفاع قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمياه الخارجة من المرسب يتم تقليل جرعة الجير بينما تتم زيادة الجرعة عند حدوث العكس .

جدول (1) : الإجراءات المتبعة عند تغير نوعية المياه الخارجة من المرسب

الحالة	الإجراء
ارتفاع العسر والقلوية	زيادة الجير
انخفاض العسر والقلوية	تقليل الجير
ارتفاع العسر وانخفاض القلوية	زيادة الصودا
انخفاض العسر وارتفاع القلوية	تقليل الصودا
ارتفاع العسر وثبات القلوية	زيادة الجير والصودا
انخفاض العسر وثبات القلوية	تقليل الجير والصودا
ثبات العسر وارتفاع القلوية	زيادة الجير وتقليل الصودا
ثبات العسر وانخفاض القلوية	تقليل الجير وزيادة الصودا



شكل (١) نظام تجريع الجير والصودا

طرق حساب كمية الجير والصودا :

تمت دراسة العديد من الطرق لتقدير كميات الجير والصودا الداخلة في عملية المعالجة حيث تم حساب الجرعة عمليا كما تم حسابها نظريا بالطريقة التقليدية [1] (Conventional Method) وطريقة المخطط البياني [2] (Bar Chart) كما تم حساب جرعة الصودا عن طريق الزيادة في تركيز الصوديوم كما تم مقارنة الجرعات بالطريقة المعملية كما يلي :

- حساب الجرعة عمليا:

تعتمد هذه الطريقة على قياس الكمية التي تضاف فعلياً من محلولي الجير والصودا إلى المرسب ويتم حساب الجرعة بناءً على كمية المياه الداخلة فعند فتح صمام التجريع يتم جمع كمية المحلول (لتر) التي تمت إضافتها ومن خلال معرفة التركيز وكمية المياه التي دخلت للمرسب خلال فترة التجريع يتم حساب الجرعة وفقا للعلاقة التالية :-

$$\text{الجرعة (مليجرام / لتر)} = \frac{\text{كمية المحلول (لتر) x التركيز (مليجرام /لتر)}}{\text{كمية المياه التي دخلت المرسب م}^3 \times 1000}$$

ونظرا لاعتماد هذا الأسلوب في حساب الجرعة على كمية التدفق فان النتائج التي يتم الحصول عليها بهذه الطريقة تتأثر بشكل مباشر بدقة عدادات قياس التدفق ،كما أن هذه الطريقة تحتاج إلى جهد ووقت لإجرائها وبالتالي يصعب القيام بها بشكل مستمر .

- حساب الجرعة نظريا:

أ – الطريقة التقليدية [1] (Conventional Method)

تفترض هذه الطريقة أن الجير المضاف يتم استهلاكه من خلال تخفيض العسر المؤقت (البيكربوني) والعسر الدائم للماغنسيوم حسب المعادلات الكيميائية التي تم توضيحها مسبقاً مع ملاحظة أن جزءا من الجير المضاف يتم استهلاكه عن طريق ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء .

ويمكن حساب جرعة الجير (Lime) كالتالي:

$$\text{Lime } \{\text{as } Ca(OH)_2 \text{ mg/l}\} = \{[Mg] + [CO_2] + [HCO_3]\} \frac{37}{50}$$

حيث تعبر البيكربونات [HCO_3] عن القلوية الكلية والتي تكافئ العسر المؤقت الذي تتم إزالته بالجير مع ملاحظة أن جميع التراكيز مقدرة ككربونات كالسيوم $CaCO_3$ لذا فإنها تضرب في الوزن الجزيئي المكافئ للجير (37) مقسوما على الوزن الجزيئي المكافئ لكربونات الكالسيوم (50) مع الأخذ في الاعتبار نقاوة الجير لتحويلها الى mg/l.

كما تفترض هذه الطريقة أيضا أن الصودا المضافة يتم استهلاكها عن طريق العسر الدائم (غير الكربوني) للكالسيوم والماغنسيوم وبالتالي يمكن حساب جرعة الصودا (Soda) كالتالي :-

$$\text{Soda } \{\text{as } Na_2CO_3\} = \{ [Ca] + [Mg] - [HCO_3] \} \frac{53}{50}$$

وحيث أن جميع التراكيز مقدرة ككربونات كالسيوم $CaCO_3$ لذا فإنها تضرب في الوزن الجزيئي المكافئ للصودا (53) مقسوما على الوزن الجزيئي المكافئ لكربونات الكالسيوم (50) لتحويلها الى mg/l مع الأخذ في الاعتبار نقاوة الصودا ، ويتم إيجاد تحاليل المياه الداخلة والخارجة من المرسبات في المعادلتين السابقتين وحساب الفرق بينها واستخدامه في المعادلات بحيث تعبر النتائج عن الجرعات المستخدمة من الجير والصودا .

ب – حساب جرعة الصودا عن طريق الزيادة في تركيز الصوديوم

تبنى هذه الطريقة على افتراض أن المصدر الوحيد لزيادة تركيز الصوديوم في المياه الخارجة من المرسبات هو إضافة الومينات الصوديوم ($Na_2Al_2O_4$) بالإضافة إلى كربونات الصوديوم (الصودا) (Na_2CO_3) ، كما انه لا يتم ترسيب لأي مركب من مركبات الصوديوم في قاع المرسبات نتيجة لعمليات إزالة العسر ، لذا فإنه من خلال معرفة الزيادة في تركيز الصوديوم بعد التجريع يمكن تقدير جرعة الصودا كما يلي :

$\triangle [Na^+] = [Na^+]_2 - [Na^+]_1$

$[Na^+]_1$ = تركيز الصوديوم قبل التجريع

$[Na^+]_2$ = تركيز الصوديوم بعد التجريع

ويمكن حساب معدل تجريع الصودا من العلاقة التالية :

$$Na_2CO_3 \text{ dosing rate} = \frac{[\Delta Na^+] - [(\text{Dosing rate of Sodium Aluminate}) * 0.28]}{0.434}$$

حيث أن نسبة أيون الصوديوم في مركب الصودا 43.4% ونسبة أيون الصوديوم في مركب الومينات الصوديوم 28 % كما أن جرعة الصودا يعبر عنها بالمليجرام / لتر .

ج طريقة المخطط البياني [2] (Bar Chart)

في هذه الطريقة يتم الحصول على نتائج تحاليل المياه المبردة والمياه بعد المرسبات قبل التحميض الأولي من اجل حساب الإزالة الفعلية لمكونات العسر بحيث تكون جميع التراكيز معبرا عنها بالملي مكافئ لكل لتر .

يتم رسم مخطط بياني BAR CHART لمكونات العسر ويبدأ المخطط بثاني أكسيد الكربون و يكون أعلى المخطط للأيونات الموجبة (الكالسيوم ثم المغنيسيوم ثم الصوديوم) والجزء الأسفل للأيونات السالبة (البيكربونات ثم الكبريتات ثم الكلوريد).

CO2	Ca	Mg	Na	
	HCO3	SO4	Cl	

باستخدام معادلات التفاعلات الأساسية لإزالة العسر يتم حساب كميات الجير والصودا اللازمة فعلياً لتحويل المياه من وضعها بعد المبردات إلى وضعها قبل التحميض الأولى، كما يتم حساب تركيز ثاني أكسيد الكربون بمعرفة الرقم الهيدروجيني وتركيز البيكربونات ومن ثم يتم حساب كميات الجير والصودا اللازمة.

- **Lime needed=CO_2+$Ca(HCO_3)_2$+2*$Mg(HCO_3)_2$+$MgSO_4$=Xmeq /l**
  ⟹ Lime Dose = X * 74/2= mg/ l as lime.

- **Soda needed = $CaSO_4$ + $MgSO_4$ = Y meq / l**
  ⟹ Soda Dose = Y * 106/2= mg/ l as soda.

و يتم حساب مكونات القلوية { $[OH^-]$ ، $[CO_3^{2}]$ ، $[HCO_3^-]$ } في المياه المعالجة باستخدام العلاقات المبينة في الشكل (2) والذي يوضح مكونات القلوية بناء على قيمة الرقم الهيدروجيني pH وترتبط القلوية وتركيز البيكربونات والكربونات حسب العلاقة التالية :

$[HCO_3] = T-2P =$ ppm as $CaCO_3$

$[CO_3] = 2P =$ ppm as $CaCO_3$

حيث أن T هي القلوية الكلية و P هي قلوية الفينول فثالين.

وتمثل البيكربونات الشكل الوحيد للقلوية في المياه الخام بينما لا يوجد أي قيمة للكربونات والتي تظهر فقط بعد إضافة الكيماويات أما أيونات الهيدروكسيل فليس لها وجود سواء في المياه الخام أو بعد إضافة الكيماويات حيث لا تظهر إلا عند قيم مرتفعة من الرقم الهيدروجيني (أعلى من 10) والقيم التي تدخل في الحسابات هي الفرق بين تحاليل المياه قبل وبعد إضافة الكيماويات.

د الطريقة المعملية :

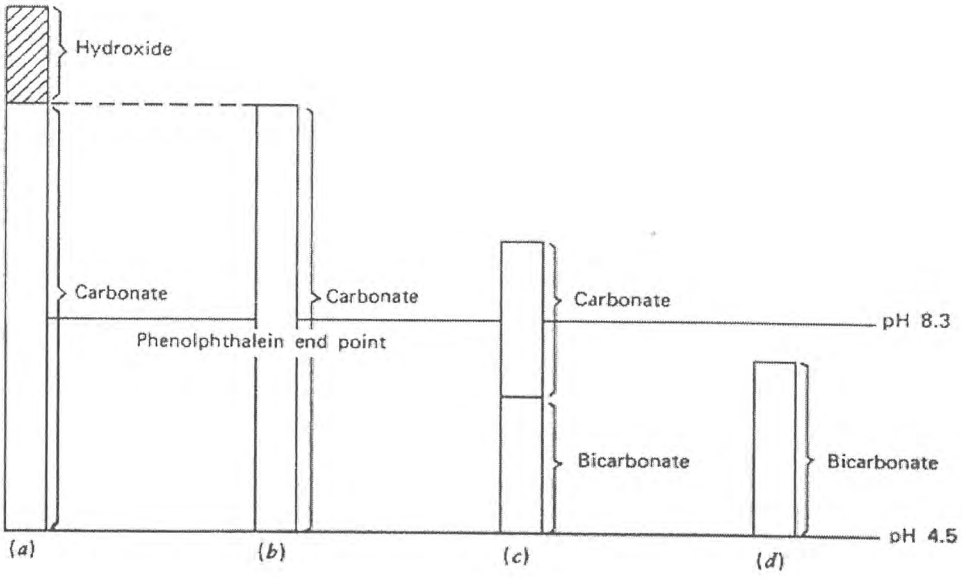
للتأكد من دقة الحسابات النظرية المستخدمة لإيجاد جرعات المواد الكيماوية يتم إجراء هذا الاختبار عن طريق إضافة جرعات محددة من الجير والصودا وإجراء التحاليل اللازمة لعينة الماء قبل وبعد إضافة الكيماويات ومقارنتها بالجرعة الفعلية وتحديد مدى دقة الحسابات النظرية ، بحيث يتم استخدام المعادلات التالية :-

$$\text{Lime } \{\text{as } Ca(OH)_2\} = \{[Mg] + [CO_2] + [HCO_3]\} * (100/90) * (37/50)$$

حيث أن نقاوة الجير المستخدم 90 % والوزن المكافئ له 37

$$\text{Soda}\{\text{as}Na_2CO_3\} = \{[Ca] + [Mg] - [HCO_3] + \text{excess}\} * (53/50) * (100/98.5)$$

حيث أن نقاوة الصودا المستخدمة 98.5 % والوزن المكافئ لها 53 ، والزيادة هي عبارة عن الصودا التي لم يتم الاستفادة منها وتم حسابها عن طريق كمية CO_3 المتبقية والتي تكون على هيئة Na_2CO_3 و لم تدخل في التفاعلات.



شكل (2) : مخطط يوضح مكونات القلوية وتراكيزها في الماء عند قيم Ph مختلفة (2).

تقدير المواد الكيميائية المستخدمة في محطات تنقية المياه

تبين الجداول 2و3و4 حساب معدلات التجريع الفعلية المقاسة للجـــير والصـــودا في محطـــة منفوحة2 في 1419/4/24هـــ.

حساب الجرعة عمليا

جدول رقم (2) حساب معدل جرعة الجير والصودا عمليا

رقم المرسب	حساب الجير		حساب الصودا	
	كمية المحلول (لتـــــر) لكل 10 م^3	معدل التجريع الفعلي جزء في المليون (ج ف م)	كمية المحلول (لتـــــر) لكل 10 م^3	معدل التجريع الفعلي جزء في المليون (ج ف م)
1	31	62	33	148.5
2	27	54	27	121.5
3	40	80	31	139.5
4	23	46	30	135.0

كما يبين الجدول رقم 3 نتائج تحاليل عينة من المياه في محطة منفوحة2 بتاريخ 1419/8/12 هـ ويبين الجدول رقم 4 خلاصة نتائج حساب جرعات الجير والصودا بالطريقة التقليدية وطريقة المخطط البياني.

الجدول رقم (3) نتائج تحاليل عينة من المياه في محطة منفوحة 2

التحليل	المياه المغذية للمرسبات	الخارج من المرسب رقم 1	الخارج من المرسب رقم 2	الخارج من المرسب رقم 3
pH	8.3	8,8	8.99	8.66
T.H: ppm as $CaCO_3$	653	337	257	338
Ca. H. ppm as $CaCO_3$	416	161	124	156
Mg. H. ppm as $CaCO_3$	237	176	133	182
T. ALK. ppm as$CaCO_3$	170	45	33	48
P. ALK ppm as $CaCO_3$	10	10	7	6
Na ppm as ion	207	311	299	299

الجدول رقم (4) خلاصة نتائج حساب جرعات الجير والصودا بالطريقة التقليدية وطريقة المخطط البياني

	الطريقة التقليدية Conventional Method		طريقة المخطط البياني Bar Chart Method	
	الجير	الصودا	الجير	الصودا
مرسب رقم 1	153	206	152.9	205.5
	135	196	135.2	195.9
مرسب رقم 2	193	285	193.2	285.2
	123	193	123.7	192.6
مرسب رقم 3	139	216	139	216.3
	98	160	98.2	160.4

للتأكد من دقة الحسابات النظرية المستخدمة لإيجاد جرعات المواد الكيماوية تمت إضافة جرعات محددة من الجير والصودا وإجراء التحاليل اللازمة لعينة الماء قبل وبعد إضافة الكيماويات ومقارنتها بالجرعة الفعلية وتحديد مدى دقة الحسابات النظرية وقد تم إضافة 538 ج ف م من الصودا و223 ج ف م من الجير ، ويبين الجدول رقم 5 نتائج هذه الطريقة المعملية.

جدول رقم (5) تحاليل عينة من الماء قبل وبعد إضافة الكيماويات

الفحص	قبل إضافة الكيماويات	بعد إضافة الكيماويات	الفرق
pH	8.12	9.51	1.39
Ca.H. ppm as $CaCO_3$	733	260	473
Mg.H. ppm as $CaCO_3$	430	300	130
T.ALK. ppm as $CaCO_3$	136	24	112
P.ALK. ppm as $CaCO_3$	صفر	8.5	8.5
CO_2 ppm as $CaCO_3$	6	صفر	6
Na ppm as ion	438	670	242

و يتم حساب مكونات القلوية{ $[HCO_3^-]$ ، $[CO_3]^{-2}$ ، $[OH^-]$ } في المياه المعالجة باستخدام العلاقات السابقة كالتالي :

$$[HCO_3] = T-2P = 7 \text{ ppm as Ca } CO_3$$
$$[CO_3] = 2P = 17 \text{ ppm as Ca } CO_3$$

وتمثل البيكربونات الشكل الوحيد للقلوية في المياه الخام بينما لا يوجد أي قيمة للكربونات والتي تظهر فقط بعد إضافة الكيماويات أما أيونات الهيدروكسيل فليس لها وجود سواء في المياه الخام أو بعد إضافة الكيماويات حيث لا تظهر إلا عند قيم مرتفعة للرقم الهيدروجيني pH (أعلى من 10) وبالتالي فانه يمكن حساب قيمة الانخفاض في تركيز البيكربونات والزيادة في تركيز الكربونات كالتالي :-

الانخفاض في قيمة $[HCO_3^-]$ = 136 − 7 = 129 ج ف م

الزيادة في قيمة $[CO_3]^{-2}$ = 17 − 0 = 17 ج ف م

والقيم التي تدخل في الحسابات هي الفرق بين تحاليل المياه قبل وبعد إضافة الكيماويات

ويمكن حساب جرعة الجير والصودا كما يلي :

Lime {as $Ca(OH)_2$} = {[Mg] +[CO_2]+[HCO_3] +excess } * (37/50)

مع ملاحظة أن الجير المستخدم في المحطات نقاوته 90 % ولا توجد أي زيادة في الجرعة لعدم ظهور أيونات الهيدروكسيل

$$\text{Lime} = [130 + 129 + 5]^* (37/50) * (100/90)$$
$$= 217 \text{ ppm as } Ca(OH)_2$$

$$\text{Soda } \{\text{as } Na_2CO_3\} = \{ [Ca] + [Mg] - [HCO_3] + \text{excess}\}^* (53/50)$$

كما أن الصودا المستخدمة في المحطات نقاوتها 98.5 % وتوجد زيادة في الجرعة عبارة عن الصودا التي لم يتم الاستفادة منها ويتم حسابها عن طريق كمية CO_3 المتبقية والتي تكون على هيئة Na_2CO_3 و لم تدخل في التفاعلات.

$$\text{Soda} = [473+130-129+17]^*(53/50)^*(100/98.5)$$
$$= 528.4 \text{ ppm as } Na_2CO_3$$

ويمكن معرفة تركيز الصودا مباشرة عن طريق الزيادة في تركيز أيون الصوديوم (مع ملاحظة أن الصودا هنا هي المصدر الوحيد لزيادة الصوديوم)

$$\text{Soda} = (670 - 438) / 0.434$$
$$= 534.5 \text{ ppm as } Na_2CO_3$$
$$\text{Error} = 0.7 \%$$

وكأسلوب آخر لمعرفة جرعات الجير والصودا فقد تم رسم مخطط بياني Bar Chart بوضع كمية الإزالة التي تم التخلص منها نتيجة إضافة الكيماويات عند كل أيون.

CO_2= 6	Ca = 473	Mg=130	Na=232	
	HCO_3=129	SO_4+ Cl	CO_3= 17	

يتم تقدير كمية الإزالة لكل مركب من مركبات العسر من خلال المخطط كالتالي :-

- CO_2= 6 ppm as $CaCO_3$
- $Ca(HCO_3)_2$ = 129 ppm as $CaCO_3$
- $CaSO_4$ + $CaSO_4$ = 473-129=344 ppm as $CaCO_3$
- $MgSO_4$ + $MgCl_2$ = 130 ppm as $CaCO_3$
- Na_2CO_3 = 17 ppm as $CaCO_3$
- Lime needed = $CO_2 + Ca(HCO_3)_2 + 2^*Mg(HCO_3)_2 + MgSO_4 + MgCl_2$
  $= (6 + 129 + 130) * (100/90) * (37/50)$
  $= 217.89$ ppm as $Ca(OH)_2$

Error = 2.3 %

- Soda needed $= CaSO_4 + CaCl_2 + MgSO_4 + MgCl_2 + Na_2CO_3$

$= (344 + 130 + 17) * (100/98.5) * (53/50)$

$= 528.4$ ppm as Na_2CO_3

Error $= 1.8\ \%$

وحيث ان جرعة الجير المضافة كانت 538 ج ف م وجرعة الصودا المضافة كانت 223 ج ف م فإن نسبة الخطا باستخدام الطرق الحسابية كانت كالتالي :

الجير = $\dfrac{(217.89-223)}{223} = X_{100}$ % 2.3

الصودا = $\dfrac{(528.4-538)}{538} = X_{100}$ % 1.8

الاستنتاجات والتوصيات :

تم عرض عدة طرق لقياس المواد الكيميائية المستخدمة في المعالجة الأولية وتتمثل هذه الطرق في حساب الجرعة عمليا وحساب الجرعة نظريا بالطريقة التقليدية Conventional Method وبطريقة المخطط البياني Bar Chart كما تم حساب جرعة الصودا عن طريق الزيادة في تركيز الصوديوم كذلك تم التأكد من دقة الحسابات النظرية باستخدام الطريقة المعملية.

تمتاز هذه الطرق عموما بالسهولة في إجراءها سواء العملية منها أو النظرية كما أن حساباتها مبسطة ويمكن التعامل معها بكل سهولة .

بمقارنة النتائج التي تم التوصل إليها بمختلف الطرق وجد أنها متقاربة حيث تطابقت النتائج التي تم التوصل لها بالطرق الحسابية المتمثلة في الطريقة التقليدية وطريقة المخطط البياني كما أن نسبة الخطأ في نتائج الطرق الحسابية مقارنة مع الطريقة العملية كانت 2.3% للجير كما كانت 1.8%للصودا كما كانت نسبة الخطأ بحساب جرعة الصودا عن طريق الزيادة في تركيز الصوديوم بنسبة 0.7% .

تتمثل أهمية هذه الطرق في إتاحة الفرص لمشغلي محطات المياه لحساب الجرعة اللازمة لعملية المعالجة بشكل دقيق بدلا من الاعتماد على أسلوب المحاولة والخطأ وبذلك يمكن تشغيل المحطات بأفضل وضع تشغيلي مع الاستخدام الأمثل لكيماويات المعالجة .

بمقارنة هذه الطرق نجد أنها مبسطة في مجملها إلا أن الطريقة التقليدية من الطرق الحسابية تعتبر الأسهل حيث تتطلب العملية معرفة تركيز كل من ثـــاني أكســـيد الكربـــون والكالســـيوم والمغنيسيوم والبيكربونات في المياه المغذية للمرسبات بالإضافة إلى تحديد التراكـــيز المطلـــوب الخروج بها من المرسبات ليتم تحديد الكميات اللازمة من خلال التعويض المباشر في معـادلتين لحساب احتياج كل من الجير والصودا.

المراجع :

1. Basic Science Concepts and Applications, Second Edition , Principles and Practices of Water Supply Operations , Science. by AWWA .

2. Water and Wastewater Technology, Third Edition, by Mark J. Hammer and Mark J. Hammer,Jr.

3. Introduction to water treatment, Principles and Practices of Water Supply Operations, 1984, by AWWA.

الإبداعات الهندسية في التقنيات الحديثة

لأسلوب معالجة تلوث المياه

أ.د. خليفة عبدالمقصود زايد

الإبداعات الهندسية فى التقنيات الحديثة لإسلوب معالجة تلوث المياه

أ.د./ خليفه عبد المقصود زايد

أستاذ الوراثة – كلية الزراعة – جامعة المنصورة – مصر

الملخص:

لقد أصبح تأثير تلوث المياه على البيئة وعلى المجتمعات البشرية يتزايد بمعدلات إحصائية محدثاً تغيرات بيئية وأضراراً صحية. وتمتد تغيرات التأثيرات السلبية للتلوث مؤثرة على الأشجار والغابات المحيطة بالعالم وعلى جودة ونقاء الماء والهواء وعلى أدلة أخرى خاصة متعلقة بالتوازن البيئى للكائنات وما يترتب على كل هذا من أضرار صحية للمجتمعات البشرية. فلقد أصبحت الصناعات المختلفة هى مصدراً أساسياً لهذه الملوثات البيئية من خلال المخلفات الناتجة عنها كصناعة منتجات البترول ، البلاستيك ، المبيدات والورق ... ألخ. فلقد أصبحت الصناعات الكيماوية تنتج بلايين الكيلوجرامات من الكيماويات كل عام. ومع هذا تستطيع المجتمعات الميكروبية أن تؤقلم نفسها مع الكيماويات الجديدة التى تنتج كل عام مما دفع الباحثين إلى إستخدام التكنولوجيا الحيوية فى إنتاج سلالات جديدة منها تستطيع أن تحد من التلوث بالمخلفات الضارة صحياً. فالبلازميدات على سبيل المثال تستطيع أن تلعب دور رئيسى فى إكتساب الخلايا البكتيرية لصفات جديدة تتيح لها إمكانية التأقلم مع الملوثات البيئية والعمل على الحد منها ومن أضرارها من خلال تكسير هذه الكيماويات المخلقة صناعياً. فالتكنولوجيا الحديثة تعمل على محاولة حل مشاكل التلوث من خلال إنتاج سلالات ميكروبية جديدة مبرمجة بجينات معينه لها القدرة على تحليل هذه المركبات الكيماوية. وتسير الأبحاث بخطى واسعة فى هذا المجال. وفى الدراسة التى أجريناها بقسم الوراثة بكلية الزراعة جامعة المنصورة فى عام 1996 وجدنا من خلالها أن المادة الحيه لكل من هجن الخميرة ، سلالات البكتريا والعزلات البكتيرية المتحولة وراثياً من خلال التزاوج البكتيرى بين السلالات المختلفة إستطاعت أن تعمل على الحد من تركيز كل من الكادميوم ، الكوبلت ، الزرنيخ0 بينما

إستطاعت بعض السلالات أن تعمل على أكسدة الزرنيخ مما يعمل على تسهيل إزالته من المياه بواسطة الحديد وهو فى حالته المؤكسدة مما يعمل على الحد من سميته. وبالإضافة إلى ذلك فإن عملية نقل DNA بواسطة التزاوج بين السلالات البكتيرية المختلفة أدت إلى زيادة كفاءة العزلات الناتجة من التزاوج فى الحد من تركيزات العناصر الثقيلة فى المياه الملوثة مقارنة بالسلالات الأبوية مما يتيح معه مدى إمكانية إستخدام التقنيات الحديثة فى البيولوجيا الجزيئية والتكنولوجيا الهندسية فى تصميم مفاعلات بيولوجية تلحق بالمصانع المختلفة لتقوم بمعالجة مخلفاتها أولاً بأول مما يعمل على تخليص البيئة من الآثار الضارة لهذه المخلفات الصناعية0

المقدمة:

يعتبر الماء ملوثاً بمادة أو أكثر إذا كان غير مناسباً للإستعمالات المقصودة منه والملوثات التى تدخل المياه غالباً ما تكون فى صورة مخاليط معقدة من مواد عضوية وغير عضوية ، وتلوث المياه بالمعادن الثقيلة قضية خطيرة من ناحيتى الصحة البيئية والدورة الجيوكيميائية لهذه العناصر ومن الجدير بالذكر أن معظم العناصر النادرة خاصة الثقيلة لا توجد فى الصورة الذائبة لفترة طويلة فى الماء ولكنها تتواجد فى صورة معلقات غروية أو تثبت فى مادة معدنية أو عضوية. ولهذا فإن تركيزات المعادن فى رواسب القاع أو فى العوالق الحية يعتبر دليل أو مؤشر كافى على تلوث المياه، أما بالنسبة للعناصر التى تكون مركبات سهلة التطاير مثل اليود والبروم فعادة يكون أعلى تركيز لها فى المياه السطحية القريبة حيث تتبخر من السطح وفقاً لظروف المناخ فوق سطح الماء.

أصبحت المجتمعات الحديثة فى الوقت الحاضر تواجه بمشاكل زيادة معدلات تلوث المياه الناتج عن صرف المخلفات الصناعية السائلة فيها وما تحتويه من عناصر ثقيلة ومع هذا تستطيع خلايا الكائنات الحية الدقيقة أن تساعد فى التخلص من السمية الموجودة بتلك المخلفات من خلال عمل تدوير (Recyling) للعناصر الثقيلة الموجودة بها. كما تقوم بتحوير هذه العناصر من صورة لأخرى بواسطة الأكسدة والاختزال أو الميثلة (methylation) وعند دخول تلك العناصر داخل الخلية فإن أيوناتها قد ترتبط بالبروتين الخلوى أو بسطح العضيات الخلوية. ولقد أوضحت الأبحاث أن تلك العناصر يمكن التخلص منها بكفاءة بواسطة النظم البيولوجية وبدرجة أكبر من 99% (Gadd, 1990).

يتلوث الماء بالعديد من الملوثات ومنها:

1- الكادميوم:

يعتبر الكادميوم من الملوثات التى لها خطورتها على صحة الإنسان والكائنات الحية ويرجع هذا إلى سميته المرتفعة وقدرته العالية على الذوبان فى الماء. ويتميز نبات ياسنت الماء بمعدل تراكم سريع للعناصر الثقيلة والكادميوم، ولذا تستحق النباتات فى النظم المائية للمناطق الملوثة أخذ إهتمام خاص منذ أن وجدت تعمل على تراكم العناصر الثقيلة بها خاصة الكادميوم فى أنسجتها بواسطة تغذيتها على تلك المعادن، ولقد أوضحت الدراسات التى أجريت على التراكم الحيوى لمثل هذه العناصر فى نبات ياسنت الماء معلومات مهمة عن مدى خطورة هذه النباتات عند إستخدامها فى التغذية خاصة إن كانت من مصادر ملوثة، ولذا فإن هذه النباتات المائية يمكن استخدامها فى إزالة العناصر الثقيلة من المياه الملوثة بها. ويعمل نبات ياسنت الماء على تراكم الكادميوم فيه بمعدل يصل من 10^{3} إلى 10^{4} مرة فوق مستوى وجودة فى المياه. ولقد وجد أن 80% من الكادميوم المتراكم موجودة فى الجذور وبذلك يعتبر نبات ياسنت الماء مزيل لـ 86% إلى 100% من الكادميوم وذلك عندما يكون تركيزه أقل من 10ر. ملى جرام للتر، أما إذا زاد تركيز الكادميوم عن 5 ملى جرام للتر فإن ياسنت الماء يعمل على إزالة من 26% إلى 46% من محتوى المياه من الكادميوم ويرجع المعدل المرتفع لإدمصاص النبات للكادميوم إلى المعدل المرتفع لنمو النبات والذى يعمل على إدمصاصه بتلك الكميات من خلال الجذور والتى تتميز بمعدل التراكم المرتفع للكادميوم فى أنسجتها. والكادميوم بدوره يعتبر عامل ذات سمية خلوية قوية جداً وهو منافس قوى ويحل محل الأيونات الموجبة الشحنة والتى تعتبر ضرورية لميتابولزم الخلايا مثل الكالسيوم. ولذلك فإن مياه البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات تتلقى كميات كبيرة من المعادن المختلفة وتدل التقديرات الأولية على أنه يقذف فى البحار سنويا أكثر من ألف طن كادميوم وأكثر من 300 طن من النحاس وغيره من المعادن الأخرى ويستعمل الكادميوم فى صناعة الزنك والصبغات والمواد البلاستيكية والدهانات (إبن صادق 1998 ، 1999) & (Fergusson, 1995).

ويبلغ متوسط تركيز الكادميوم فى مياه الأنهار والبحيرات حوالى 5ر9 ميكروجرام/لتر فى الولايات المتحدة الأمريكية ويقدر تركيز الكادميوم فى مياه البحار بين 075ر0 إلى 320ر0 ميكروجرام/لتر وفى مسح صحى على مياه الشرب وجد أن أعلى تركيز فى مياه الشرب كان

2ر11 ميكروجرام/لتر وأقلها كان 12ر0 ميكروجرام/لتر إلا أنه عندما يكون مصدر مياه الشرب هو المياه الجوفية فإن تركيز الكادميوم عادة يكون أعلى.

ونظراً لما أوضحته الإحصائيات من أنه يصب سنوياً فى الأنهار حوالى 160 كم^3 من المياه الصناعية بالإضافة إلى 470 كم^3 من مخلفات مياه المجارى والمياه العادمة والتى تلوث مياه الأنهار والبحيرات والمحيطات، وهذا يعنى أنه إذا بقيت الطرق الحالية من إستخدام المياه والتخلص منها بالقذف فى الأنهار والبحيرات والمحيطات هى السائدة فى المستقبل فإن العالم سوف يقبل على أزمة مياه نقية صالحة للشرب والإستعمال ولذلك فلابد من التفكير بجدية وسريعاً فى اقتصاد واستهلاك المياه وأنه لابد من تحويل كافة الصناعات إلى صناعات ذات حلقة مغلقة بحيث لا تصب مخلفاتها فى المسطحات المائية على الأطلاق

2- النحاس والزئبق :

إن العديد من المعادن مثل النحاس عندما توجد بتركيزات منخفضة فإنها تعتبر ضرورية لنمو الخلايا الميكروبية ولكن إذا إرتفعت تركيزاتها فإنها تصبح سامة، ولذا فإن بعض الخلايا الميكروبية عندما تتعرض لتركيزات مرتفعة من العناصر الثقيلة فإنه قد توجد بها إمكانية المقاومة مثل تكوين بروتينات غنية بالحامض الأمينى سستين أو بزيادة الأحماض الدهنية فى الأغشية أو إنتاج السكريات العديدة خارج الخلية وهذا يجعل الخلايا الميكروبية قادرة على أن تستمر فى القيام بوظائفها الحيوية فى وجود التركيزات المرتفعة من العناصر الثقيلة.

وأما بالنسبة للزئبق فإنه يمثل مشكلة كبرى فى تلوث المياه لسميته المرتفعة وقدرته على التراكم فى الأنسجة الحية وإمكانية تغييره من الصورة التى يوجد عليها (عضوى - معدنى) مما يؤدى إلى سهولة حركته ودخوله فى سلسلة الغذاء ومن مصادر التلوث بالزئبق المنشأت الصناعية التى تستخدم طرق التحليل الكهربى وتوجد فى خلاياها الكهربائية أقطاب من الزئبق (مثل المصانع التى تنتج هيدروكسيد الصوديوم وغاز الكلور) حيث تحتوى مخلفات هذه المصانع على قدر ضئيل من الزئبق الذى يتسرب من خلايا التحليل الكهربائى إلى مياه الصرف وعند تحليل هذه المياه وجد أنها تحتوى على ما يكافئ عشرة كيلوجرامات من الزئبق فى الأسبوع أى أكثر من نصف طن سنوياً، ولذلك فإن الأسماك والكائنات البحرية الآخرى سوف يتراكم الزئبق فى أجسامها بنسبة عالية قد تصل إلى خمسة آلاف ضعف التركيز فى الماء، وتقوم الأسماك بتخزين الزئبق الذى يرتبط ببروتينات الجسم على هيئة مركب عضوى يعرف بثنائى فينيل الزئبق ومن

أشهر أحداث تلوث المياه هو حادث خليج مينماتا فى اليابان حيث أصيب 111 شخص توفى منها 46 شخص بتسمم خطير وعاهات مستديمة عند تناولهم أسماك تم صيدها من الخليج، وقد وجد أن السبب فى ذلك هو مصنع للبلاستيك إعتاد أن يلقى بمخلفاته من المياه المحتوية على نسبة من الزئبق فى مياه الخليج وقت وقوع الحادث وقد وجد أن تركيز الزئبق فى المياه يتراوح بين 6ر1 – 3ر6 جزء فى البليون فى حين أن التركيز الطبيعى لمياه البحار قدر بحوالى 1ر0 جزء فى البليون0 وإذا علمنا أن الإنتاج العالمى من الزئبق يفوق العشرة آلاف طن سنوياً، وتلقى الصناعات الأمريكية وحدها بأكثر من 50 طن من الزئبق سنوياً فى المياه فى حين تلقى الصناعات الفرنسية أكثر من 50 طن، وقد وجد الباحثون الفرنسيون فى تحليل عينات عشوائية من سمك التونة المعلب أن 23% من العينات يحتوى على تركيزات من الزئبق أكثر من 5ر0 جزء فى المليون (الطيب وجرار ، 1995م).

3– الرصاص :

يمثل الرصاص حالة خاصة لمادة كثيرة الإنتشار فى أجواء المدن الكبرى بصفة خاصة كناتج من عوادم السيارات0 وبعد غسيله بواسطة الأمطار يعود الرصاص إلى مياه الأنهار والبحيرات والبحار، وأهم استخدامات الرصاص هى صناعة إستخراج المعادن والمبيدات والدهانات وصناعة البطاريات التى تستهلك وحدها ثلث الإنتاج العالمى من الرصاص. وتشير الدراسات إلى أن المصانع تقذف سنويا من الرصاص فى البحار أكثر من 250 ألف طن، ولقد تضاعفت نسبة الرصاص خمس مرات خلال السنوات الأخيرة فى شمال الأطلسى. وقد وجد فى 130 موقع منتشر فى الولايات المتحدة الأمريكية أن تركيزات الرصاص فى الرواسب المعلقة حوالى 120 ميكروجرام/لتر، وأن متوسط تركيز الرصاص فى الرواسب كان 25 ميكروجرام/لتر وكانت أعلى القيم من العينات المأخوذة من نهر أوهايو قرب أحد المجمعات الصناعية الضخمة، وطبقاً للقانون الفيدرالى هناك فإن التركيز المسموح به فى المياه العذبة يجب ألا يزيد عن 50 ميكروجرام/لتر0 وأشارت هذه الدراسات إلى أن 27 موقع من المواقع تحت الدراسة كانت مخالفة للمواصفات حيث كانت تركيزات الرصاص فى المياه المأخوذة قريبا منها تصل إلى 71 ميكروجرام/لتر، وكانت أهم مصادر التلوث فى هذه الحالات مصانع تصنيع المعادن والبتروكيماويات وأفران المحارق والمخلفات السائلة لأعمال المناجم. وأوضحت التقارير أن تركيزات الرصاص فى المياه السطحية للمحيطات تتراوح بين 20ر0 – 35ر0 ملليجرام رصاص/لتر أى أكثر ألف مرة من التركيزات فى المياه العذبة السطحية، وهذا يعكس تأثير

النشاطات الصناعية والمدنية على البحار والمحيطات والتى يبدو منها أن هذا التأثير الضار فى تزايد مستمر. ولذلك فإن خطورة هذه المعادن الثقيلة عند وجودها فى المياه بتركيزات مرتفعة تزداد بفعل نظام التنشيط الميكروسومى الموجود فى خلايا كبد الثدييات Microsomal activation system ويعمل هذا التنشيط فى بعض الحالات إلى زيادة المقدرة الطفرية للمركب، وفى بعض الحالات الأخرى لايلزم لهذه الملوثات أى تنشيط.

4- النيتريت والنترات:

توجد Nitrites و Nitrates بتركيزات مرتفعة فى المخلفات الصناعية السائلة الناتجة عن مصانع الأسمدة الكيماوية والتى بدورها يتم صرفها فى مياه الأنهار والبحيرات وقد وجد أن تركيز Nitrites فى المياه الناتجة عن مصنع الأسمدة الكيماوية بمدينة المنصورة هو 1713 مللى جرام/لتر وأن تركيز Nitrates هو 98ر0 مللى جرام/لتر. ومع ذلك فإن Nitrates لم يكن لها تأثير طفرى أو سرطانى فى حد ذاتها بينما تتحول داخل خلايا الكائنات الحية ذات الأنوية الحقيقية من خلال دورات متتابعة من الإنزيمات التى تتفاعل معها إلى نيتروز أمين (Nitrosamines) والتى بدورها تعتبر مادة مطفرة ومسرطنة قوية (إسلام ، 1990).

التحولات الميكروبية للحد من تلوث المياه:

1- إختزال النترات:

فى هذه الحالة توجد سلسلة معقدة من التفاعلات تستخدم فيها البكتيريا أيون النترات كمستقبل إلكترونات لأكسدة الكربون العضوى إلى ثانى أكسيد الكربون. وفى هذه الحالة إذا كان جزئى النيتروجين هو الناتج النهائى فإن هذه العملية تسمى Denitrification كما يتضح من المعادلة التالية:

$$5\ C\ organic + 4\ NO_3^- + 4\ H^+ \rightarrow 2N_2 + 5\ CO_2 + 2\ H_2O$$

وفى هذه الحالة تتحول النترات إلى جزئ نيتروجين خامل من الناحية البيولوجية ويعد هذا أمراً هاما فى توازن المغذيات فى البحيرات والأنهار. أما بعض السلالات البكتيرية فإنها تقوم بإختزال النترات فقط إلى نيتريت NO_2 كما هو مبين فى المعادلة التالية:

$$C\ organic + 2\ NO_3^- \rightarrow CO_2 + 2\ NO_2^-$$

والبعض الأخر من السلالات البكتيرية تختزل النترات جميعها إلى أمونيا

$$2\ C\ organic + NO_3^- + H_2O + H \rightarrow 2\ CO_2 + NH_3$$

وتنطلق الأمونـــيا أيضاً من تفكك الأحماض الأمينية فى البروتينات وتتفاعل الأمونيا المنطلقة مع الماء وتكون أيون الأمونيا NH_4^+

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^- + OH^-$$

ويسبب ذلك إرتفاع الرقم الأيدروجينى.

2- المعادن الثقيلة :

إن نمو البكتيريا فى وجود المعادن الثقيلة فى المياه يترتب عليه أن تسلك الخلايا إحدى الطـــرق لموائمتها لتلك الظروف لحمايتها من دخول تلك المعادن لسيتوبلازم الخلية وذلك عن طريـــق تكوين Metal-binding protein الذى يرتبط بأيونات تلك المعـــادن أو أن تقـــوم بتكويـــن سكريات عديدة خارجية Exopolysaccharide ترتبط بأيونات تلـــك المعـــادن. ولقـــد أوضحـــت دراســـات أجريت فى هذا المجال أن Exopolysaccharide الناتجـــة عـــن أحـــد السلالات البكتيرية المعزولة من ترسيب شحنات المعادن فى أحد الأنهار المحتوية على مياه جارية قد إرتبطت بحوالى 253 nM من أيونات النحاس بالنسبة لكل مللى جرام كربوهيدرات، وقـــد وجد فى هذه الدراسة زيادة معنوية فى كمية Exopolymer المنتجة بواسطة *E. coli* المقاومـــة للنحاس عندما تم تنميتها فى البيئة المحتوية على النحاس مقارنة بالبيئة العادية. ولقد أوضحـــت الدراسات التى أجراها Ames عام 1981 بجامعة كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية عـــن خطورة الملوثات البيئية أن الكيماويات التى تتصف بسميتها لها أيضا مقدرة سرطانية مرتفعـــة وأنه كلما زادت المقدرة السرطانية إرتفعت أيضا بالتالى سمية هذه المركبات. وكما يتضـــح من النتائج الموجودة بجدول رقم (1) والذى يبين مدى إمكانية قيام الكائنات الدقيقة بإمتصاص وتخزين وتمثيل العناصر الثقيلة من البيئة الخارجية المحيطة بها، لذلك تحـــاول الآن التكنولوجيـــا الحديثة فى مجال البيئة حل هذه المشكلات من خلال إستحداث سلالات ميكروبية مهندســـة وراثياً يكون لها القدرة على تحليل المركبات السامة الموجـــودة فى الميـــاه. ولقـــد تم الآن فى العـــديد من المعـــامل فى العالم تركيب ســـلالات لها القـــدرة على تحليل المركـــبات التى لازالت تعـــرف حتى الآن بمقاومتها لهجوم الخلايا الميكروبية0 وفى هذا الصدد تم إنتـــاج ســـلالات مهندسة وراثياً من *Pseudomonas aeruginosa* بواســـطة البلازميـــد pBS_3 وهـــذا البلازميـــد يعمـــل على نســـخ naphthalene oxidation وكانت هذه السلالة لهـــا القدرة على تحليل مبيد Kelthane، بينما لا تمتلك السلالات الغير محورة وراثياً بهذا البلازميـــد

هذه المقدرة على تحليل هذا المركب. ولذلك فإنه بعد إنتاج الميكروب المبرمج وراثيا بجين أو ببلازميد معين تتم المعالجة البيولوجية للمياه من خلال استخدام المفاعل البيولوجي بإحدى الطرق التالية كما يتضح من شكل (1) وفى جميع الحالات يجب أن تتم خطوة الترسيب الأولى للمياه الملوثة والتى بدورها تعمل إزالة من 40 – 60% من كمية المعادن الكلية الموجودة بالمياه أما الكمية المتبقية من التلوث فإنه يمكن التخلص منها بيولوجيا باستخدام أحد ثلاث أنظمة هى:

i) As packed bed ⟶
b) A fludidized bed ⟶
ii) Air-lift bioreactor ⟶

والنظام (b) يضمن استخدام نظام أوسع من biosorbent وهو نظام جيد يمكن تطبيقة فى الصناعة لمعالجة المياه الناتجة عن الصناعات المختلفة، بينما فى النظام رقم c أدخلت تعديلات أخرى تسمح بتغطية أحجام كبيرة من المياه الملوثة لتعطى زمن تفاعل مناسب بين المادة البيولوجية والمياه الملوثة. وبالإضافة لتنقية المياه من التلوث بالعناصر الثقيلة بواسطة الخلايا الميكروبية فإنه أيضاً يمكن إستخدام النباتات المهندسة وراثياً بجين MT وذلك بنقل هذا الجين لخلايا النبات من الخميرة وهذا الجين يقوم بإنتاج بروتين Metallothionein وهو بروتين غنى بالحامض الأمينى Cysteine ويرتبط بالمعادن الثقيلة ويلعب دور هام فى زيادة المقاومة للمعادن الثقيلة وهذا البروتين يرتبط بأربع أيونات كادميوم لكل 11 حامض أمينى سستين موجودة فى هذا البروتين وتلعب جزئيات MT دور معقد فى وظيفة الخلية بنقلها للمعادن المتخصصة للـ Metalloenzymes. وفى هذا الصدد أيضاً فإن المياه الناتجة عن مصانع الخشب يمكن معالجة التلوث الموجود بها والناتج عن وجود الفينول فيها بتركيزات مرتفعة باستخدام السلالات البكتيرية المحتوية على البلازميد المحلل للفينول (Wainwright, 1992).

Phenol degradation encoding plasmid

ويمكن أيضاً نقل هذا البلازميد من البكتيريا التى تنمو فى الأوساط المتعادلة إلى تلك التى تنمو فى الأوساط الحامضية. وقد وجد أن السلالات المحورة وراثياً بنقل هذا البلازميد إستطاعت أيضاً القدرة على تحليل الفينول. وفى هذا الصدد فإن الولايات المتحدة الأمريكية يوجد بها تقريباً 14000 موقع صناعى ينتج عنها سنوياً حوالى 265 مليون طن من المخلفات الصناعية الضارة وهى مخلفات من المياه تتصف بسميتها، منذ عام 1982م قام أكثر من 6000 موقع من هذه المواقع الصناعية بمعالجة مخلفاتها إما Physical (Immobilization) أو (neutralization)

Chemical أو Biological بإستخدام عشائر الميكروبات الطبيعية أو المهندسة وراثياً. وكل من هذه الطرق لها مميزات وعيوب تتعلق بالأمان وبالتكلفة ومع مميزات المعالجة البيولوجية للمياه فإنها تحتاج إلى تطبيق تكنيكات التحسين الوراثى للميكروبات التى تستطيع أن تقوم بتحليل المواد الضارة صحياً.

Table 1. Some examples of microbial heavy metal and radionuclide accumulation[a]

Organism	Element	Uptake (% dry weight)
Bacteria		
Streptomyces sp.	Uranium	2-14
S. viridochromogenes	Uranium	30
Thiobacillus ferrooxidans	Silver	25
Bacillus cereus	Cadmium	4-9
Zoogloea sp.	Cobalt	25
	Copper	34
	Nickel	13
	Uranium	44
Citrobacter sp.	Lead	34-40
	Cadmium	40
	Cadmium	170
	Uranium	900
Pseudomonas aeruginosa	Uranium	15
Mixed culture	Copper	30
Mixed culture	Silver	32
Bacillus sp.	Lead	60.1
	Copper	15.2
	Zinc	13.7
	Cadmium	21.4
	Silver	8.6
Algae		
Chlorella vulgaris	Gold	10
Chlorella regularis	Uranium	15
C. regularis	Uranium	0.4
	Manganese	0.8
Fungi		
Phoma sp.	Silver	2
Penicillium sp.	Uranium	8-17
Rhizopus arrhizus	Copper	1.6
	Cadmium	3
	Lead	10.4
	Uranium	19.5
	Thorium	18.5
	Thorium	11.6
	Silver	5.4
	Mercury	5.8
Aspergillus niger	Thorium	18.5
	Thorium	13.8
	Uranium	21.5
Yeasts		
Saccharomyces cerevisiae	Uranium	10-15
	Thorium	12
	Zinc	0.5
Yeasts (14 strains)	Silver	0.05-1

Gadd (1990).

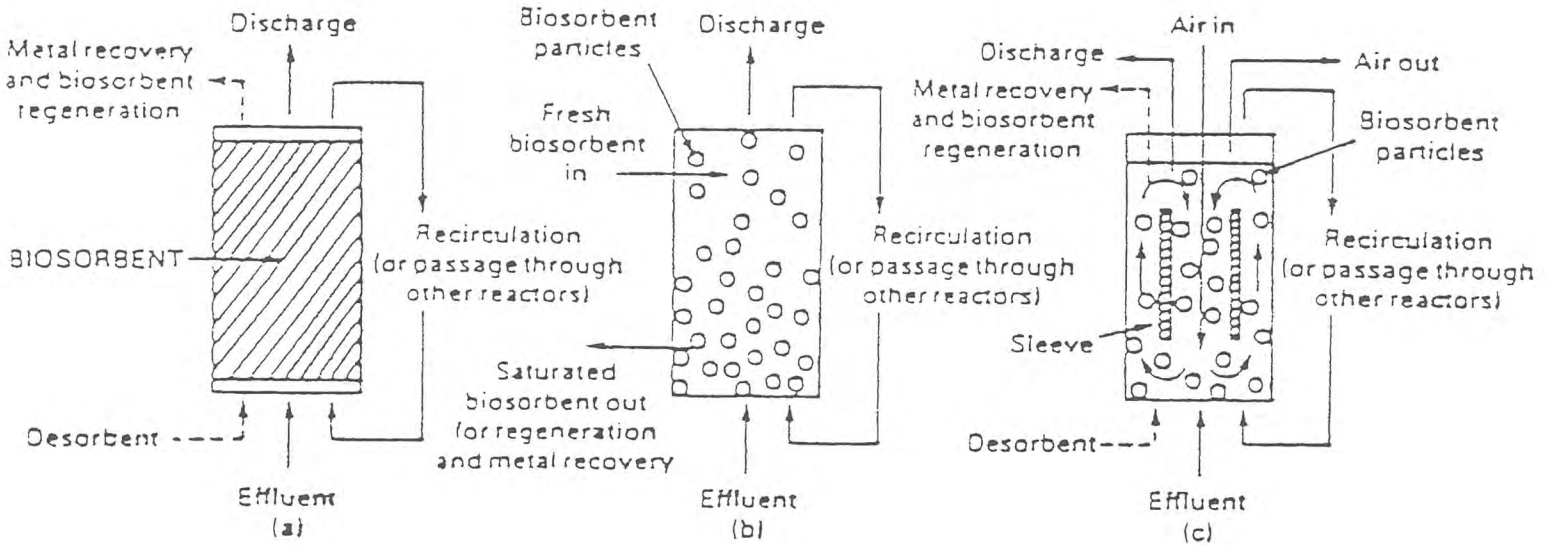


Fig . 1 . Simplified diagrams of (a) as packed bed (b) a fluidized bed and (c) an air-lift bioreactor for the removal of heavy metals and radionuclides by particulate or immobilized microbial biomass. See also Volesky (1990), Tsezos (1990), Brierley (1990) and White and Gadd (1990).

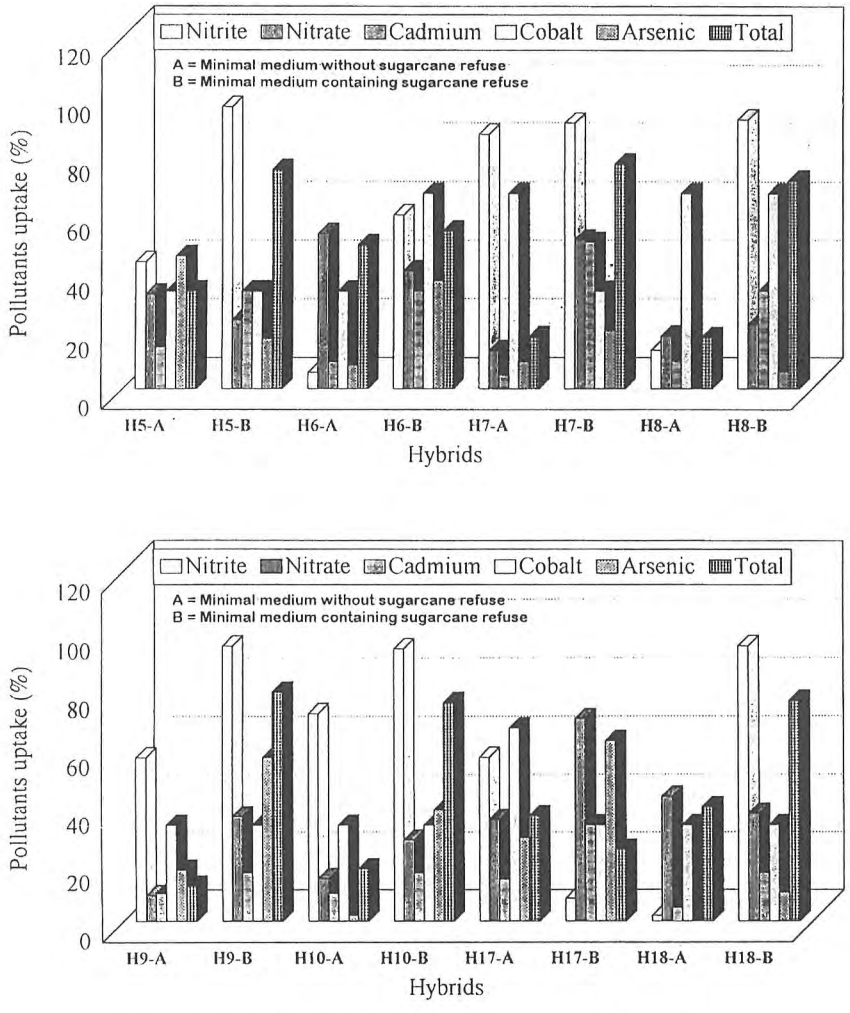


Fig. 1. Absorption capacity of pollutants from factory effluents by heterozygous diploids of ***Saccharomyces cerevisiae***.

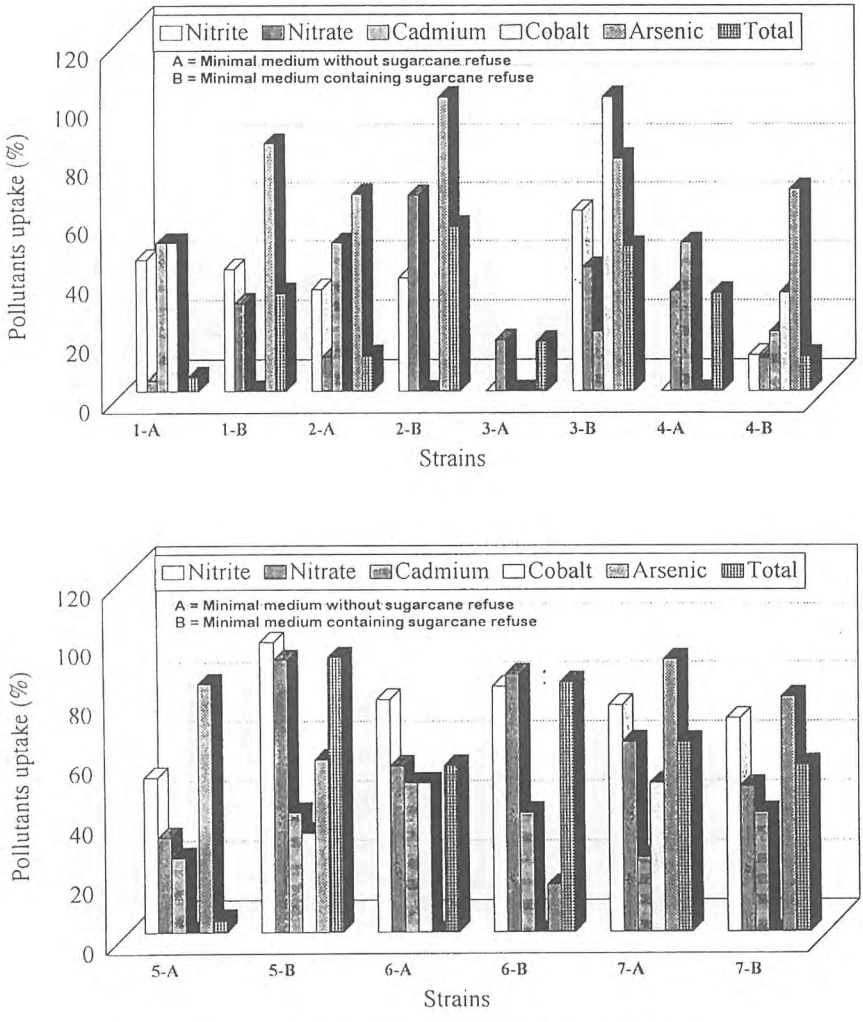
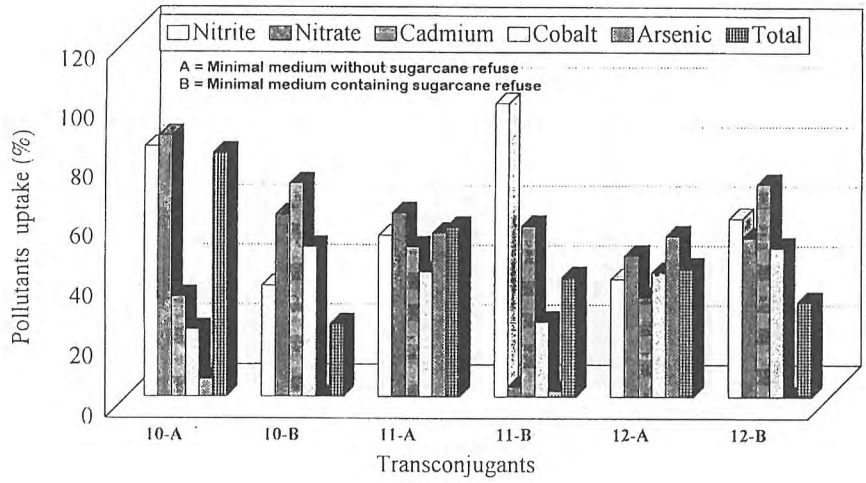


Fig. 2. Absorption capacity of pollutants from factory effluents by parental strains of bacteria.



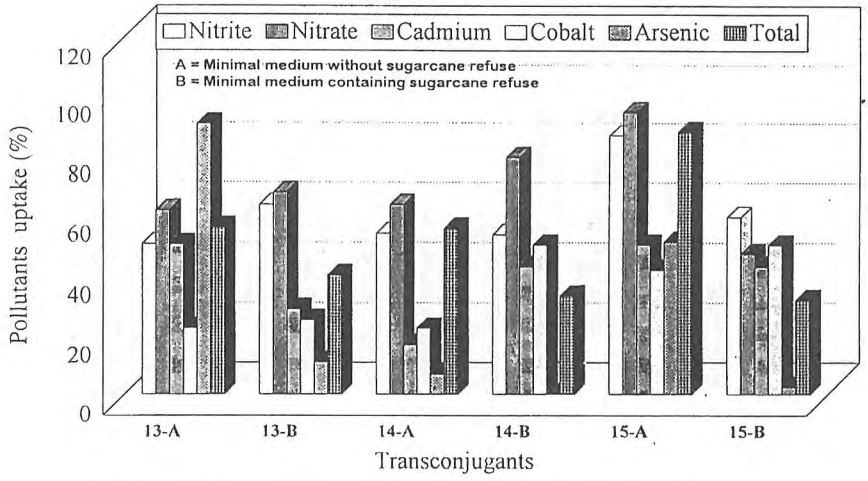
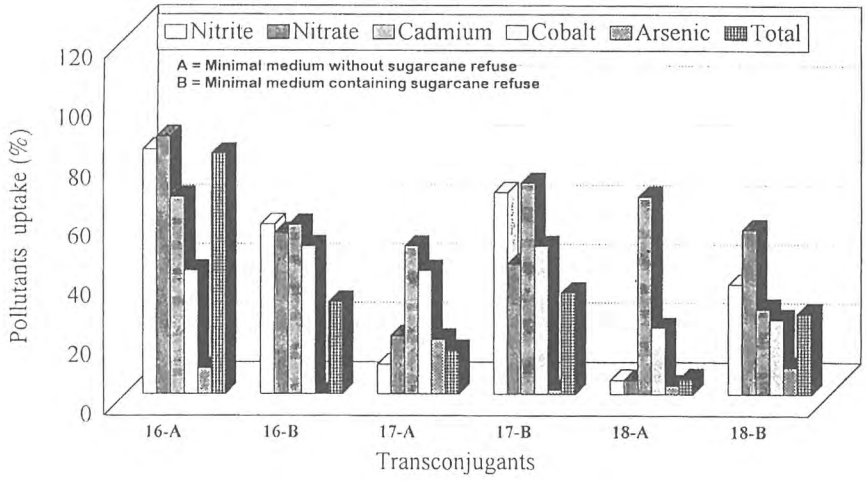


Fig. 3. Absorption activity of pollutants from factory effluents by bacterial transconjugants.



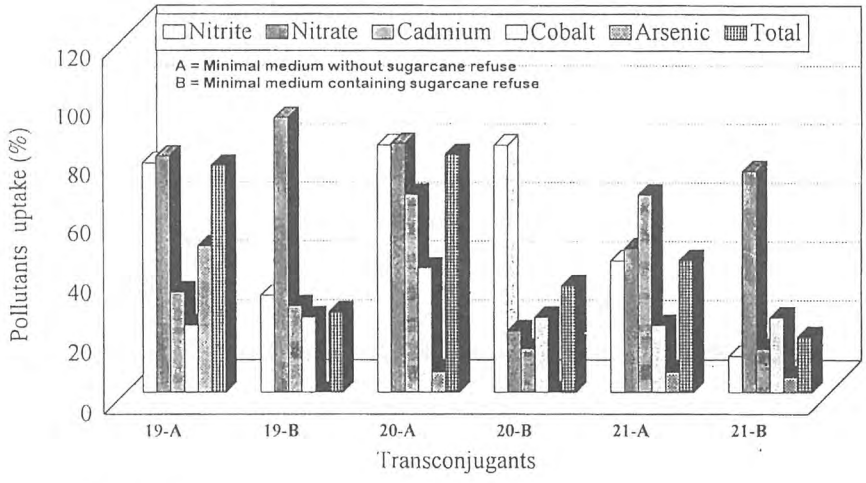


Fig. (3) Continued.

الإبداع فى آلية المعالجة البيولوجية للمياه :

كان للفطريات والخمائر إهتمام خاص فى مجال المعالجة البيولوجية لإرتباطها بعملية إمتصاص العناصر المعدنية Metal biosorption بصفة خاصة، فالعديد من الفطريات يوجد بها محتوى مرتفع من (Chitin) فى الجدر الخلوية لها وهذا البوليمر من (N-acetyl glucosamine) يعتبر نشط جداً فى إدمصاص العناصر المعدنية والمواد المشعة، ففى خميرة الخباز وجد أن اليورانيوم يتم ترسيبه فى صورة طبقات خيطية على الجدر الخلوية حتى يصل معدله إلى حوالى 50% من الوزن الجاف لكل خلية على حده. كما تقوم البكتيريا أيضا بإنتاج إنزيم (Arsenite-oxidase) الذى يعمل على أكسدة الزرنيخ من As^{3+} إلى As^{5+} وهذه بدورها طريقة ميكروبية مطورة يمكن بواسطتها إزالة الزرنيخ من المياه وذلك لأن As^{5+} يعتبر ترسيبه وهو بهذه الصورة سهل جداً من المياه الملوثة بواسطة الحديد Fe^{3+} إذا ما قورن بـ Arsenite (As^{3+})، ولذلك فإن التحول الميكروبى للمعادن الثقيلة الموجودة فى المياه الملوثة بها يصاحبه بالتالى إنخفاض فى سمية المياه وهذا يعكس مدى أهمية معالجة المياه الملوثة، ومع ذلك تستطيع الخلايا الميكروبية أن تتغلب على بعض الظروف البيئية مثل pH وذلك بإنتاج إنزيمات تعمل على وصول pH إلى الدرجة المثلى وهى من 5 – 9 وهذه السلالات هى المعروفة بمقاومتها للتثبيط الناتج عن العناصر الثقيلة مثل الكادميوم والكوبلت0 فالمعادن الثقيلة سواء كانت موجودة بالمياه فردية أو مختلطة معاً فإنها تتراكم بالخلايا الميكروبية بنسبة أكبر من 10% من الوزن الجاف للخلايا معطية بذلك كفاءة فى التخلص من تلك العناصر بنسبة أكبر من 99%، وبذلك يصبح تركيز تلك المعادن بالمياه حوالى من 10 إلى 50 جزء فى البليون (إبن صادق ، 1998م) ، (Ehrlich, 1981).

وهنا نود أن نشير إلى أنه فى النظم المائية للتلوث تستحق النباتات أخذ إهتمام خاص منذ أن وجدت تعمل على تراكم العناصر الثقيلة بها خاصة الكادميوم فى أنسجتها بواسطة تغذيتها على تلك المعادن والدراسات التى أجريت على التراكم الحيوى لمثل هذه العناصر فى نبات ياسنت الماء أوضحت معلومات مهمة عن مدى خطورة هذه النباتات عند استخدامها فى التغذية خاصة إن كانت من مصادر ملوثة ويمكن استخدام هذه النباتات فى إزالة العناصر الثقيلة من المياه الملوثة ومع ذلك فإنه يجب تجنب إستخدام هذه النباتات فى التغذية وغيرها من النباتات المحورة وراثياً بالجينات التى لها علاقة بإمتصاص العناصر الثقيلة (MT gene).

وفى عام 1983م ثم وصف وتطبيق إستعمال مواد (Emulsifying agent) مثل (Emulsan) ومشتقاته الناتجة من البكتيريات التالية *Arthrobacter, Pseudomonas, Acinetobacter* وذلك فى إزالة اليورانيوم من المياه الملوثة، (Emulsan) هو العمود الفقرى للسكريات العديدة بالمقارنة بثلاثة أنواع من Amino sugars مثل (D-galactosamine), (D-galactosamine) (uronic acid) and (hexosamine) والمرتبطة بالأحماض الدهنية ومقدرة المعادن على الإرتباط تكون بدورها مرتبطة بالنشاط التام للـ (Emulsifying) عند pH أعلى من 6 وهذه المادة فى تلك الحالة تكون لها قدرة عالية على الإرتباط باليورانيوم. وإذا تم تكسير (Emulsan) بالموجات فوق الصوتية وإذابته فى الماء فإن (Emulsanosol product) يرتبط بأكثر من 800 مللى جرام يورانيوم بالنسبة لكل جرام من الكتلة الحية. وبصفة عامة فإن البلازميدات الموجودة فى الخلايا البكتيرية متخصصة فى التحلل التدريجى للكيماويات المخلقة صناعياً (Synthetic chemicals) ويرجع هذا إلى معدل إنتقالها المرتفع ومعدل تضاعفها ووجودها فى الخلايا الميكروبية يعطيها صفات خاصة ويعزز من قدرتها على تحليل المركبات علماً بأن زيادة المعلومات عن الإنزيمات ووظيفتها وعلاقتها بتتابعات النيوكليتدات فى جزئ DNA سوف يفتح لنا مجال جديد فى بيوتكنولوجيا البيئة لمعالجة تلوث المياه بالمركبات الكيماوية والمعادن الثقيلة والمبيدات والعناصر المشعة وغيرها وتوجد العديد من الأمثلة والدراسات التى أجريت فى مثل هذه الإتجاهات بواسطة المواد البيولوجية لما لها من مميزات عديدة فى معالجة تلوث المياه (Gary, 1994).

تقنيات معالجة تلوث المياه

==========

أوضحت النتائج التى حصلنا عليها (Kosba and Zaied 1998) لدراسة مدى كفاءة الكائنات الدقيقة المستحدثة بالطرق الوراثية فى عمل Uptake للملوثات الموجودة فى المياه الناتجة عن مصنع الأسمدة الكيماوية بمحافظة الدقهلية. كما يتضح من Fig. 2 أن كمية الملوثات التى حدث لها uptake بواسطة هجن خلايا خميرة الخباز الناتجة عن تزاوج السلالات الثلاثة (2780-96, IL 126-7A, YNN 282) فى وجود مصاصة القصب فى وسط النمو بدلاً من الجلوكوز كانت أعلى من تلك التى حدث لها uptake فى وجود الجلوكوز فى الوسط كمصدر وحيد الكربون. بينما أوضحت النتائج الموجودة فى Fig. 3 أن خمسة سلالات بكتيرية من السبعة سلالات المستخدمة فى هذه الدراسة والتى كانت تشمل أنواع مختلفة تتبع أجناس

(*Micrococcus, Bacillus*) كان معدل امتصاصها للملوثات الكلية والزرنيخ أعلى فى حالة وجود مصاصة القصب فى البيئة بدلاً من الجلوكوز. بينما أدت بعض السلالات البكتيرية التابعة لجنسى (*Bacillus, Micrococcus*) عند نموها فى وجود الجلوكوز إلى زيادة معدل أيونات الزرنيخ بنسبة تتراوح ما بين 33 – 92% عن تجربة المقارنة وهذا يرجع لإنتاج تلك السلالات لإنزيم (Arsenite oxidase) والذى يعمل على أكسدة الزرنيخ من As^{3+} إلى As^{5+} وهو بدورة يعتبر ترسيبة بواسطة الحديد أسهل من As^{3+}. وللإستفادة من ظاهرة التحول الوراثى فى السلالات البكتيرية استطاعت معظم (Transconjugants) أن تعمل uptake للملوثات الكلية والزرنيخ بمعدل أكبر فى حالة وجود الجلوكوز فى الوسط عنها فى حالة وجود مصاصة القصب وذلك كما يتضح من النتائج الموجودة فى Fig. 4 وأن معدل الزيادة النسبية فى امتصاص الملوثات الكلية منسوباً لمتوسط الآباء فى حالة وجود الجلوكوز فى البيئة كان فى 11 سلالة متحولة وراثياً أعلى من متوسط الآباء وبنسبة أكبر من 100%، بينما فى حالة وجود مصاصة القصب (لإستغلال السكروز الموجود بها كمصدر وحيد للكربون) فى الوسط كان فى 11 سلالة متحولة وراثياً أعلى من متوسط الآباء وبنسبة أقل عنها فى حالة وجود الجلوكوز فى البيئة.

تكلفة المعالجة البيولوجية للمياه الملوثة

==========

قام Kugucak عام 1990م بتقدير هذه التكلفة على أساس الكتل المزرعية الحية للفطريات والخمائر والتى يتكلف إنتاجها من 1 إلى 5 دولار لكل كيلو وزن جاف للخلايا وتتكلف مزارع الطحالب من 15 – 18 دولار لكل كيلو وزن جاف وتكلفة إنتاج خميرة الخباز بواسطة المصانع الكبيرة هو حوالى 1ر3 دولار لكل كيلو جرام. وبالمقارنة فإن إنتاج المواد الراتنجية التى تقوم بالتبادل الأيونى تتكلف فى إنتاجها من 15 – 31 دولار لكل كيلو جرام. وبصفة عامة فإن تكلفة سكون الحركة فى الكتل الحية للطحالب والفطريات تكون قليلة بإستعمال 5% فقط مواد مقوية فهى تتكلف بالنسبة لواحد كيلو جرام من Chlorella حوالى 0ر6 دولار. والمعالجة البيولوجية للمياه بصفة عامة تستعمل Immobilized or pelleted preparation، كما أنها May be recycled وهى تكفى لمعالجة أكبر من 100 متر مكعب فى اليوم بواسطة كيلو جرام من المادة البيولوجية0 ولقد أوضحت معظم الدراسات أن المعالجة البيولوجية للمياه ذات كفاءة عالية فى إزالة الملوثات الموجود بها علاوة على تكلفتها الإقتصادية.

REFERENCES

Ames, B.N. and J. Mc Cann 1981. Validation of the *Salmonella* test. A reply to Rinkus and Legator. Cancer Res. 41: 9192 - 4196.

Belliveau, B.H.; M.E. Starodub; C. Cotter and J.T Trevors 1987. Metal resistance and accumulation in bacteria. Biotech. Advan., 5: 101-127.

Compbell, R. and M.H. Martin 1990. Continuous flow fermentation to purify wastewater by the removal of cadmium. Water, Air and Soil Pollution 50: 397 - 408.

Ehrlich, L.H. 1981. Geomicrobiology. Dekker Marcel Inc., New York.

Fergusson, J.E. 1990. The Heavy Elements Chemistry, Environmental Impact on Health Effects. Pergamon Press, New York.

Gadd, G.M. 1990. Fungi and yeasts for metal accumulation. In Microbial Mineral Recovery, eds. H. Ehrlich and C.L. Brierley, pp. 249 - 275. New York: Mc Graw-Hill Publishing Company.

Gary, N.F. 1994. Drinking Water Quality. Wiley Press. New York.

Golovleva, L.A.; R.N. Pertsova; A.M. Boronin; V.M. Travkin and S.A. Koslovsky 1988. Kelthane degradation by genetically engineered *P. aeruginosa* BS 827 in soil ecosystem. Appl., Environmen. Microbiol. 54: 1587 - 1590.

Kosba, Z.A. and K.A. Zaied 1998. Selective accumulation of pollutants produced from Chemical Fertilizer Industry by genetic construction of new microbial strains. J. Environment. Sci. Mans. Univ. Vol. (1): 1 - 28.

Kuyucak, N. 1990. Feasibility of biosorbents application. In Biosorption of Heavy Metals, ed. B. Volesky, pp. 371 - 378 Boca Raton: CRC Press.

Lester, J.N.; R.M. Sterritt; T. Rudd and M.J. Brown 1984. Assessment of the role of bacterial extracellular polymers in controlling metal removal in biological wastewater treatment. In Biol. Methods for Environmen. Biotech. Eds. J.M. Grainger and J.M. Lynch, pp. 197 - 217 London, Academi Press.

Nakajima, A.; T. Horikoshi and T. Sakaguchi 1982. Recovery of uranium by immobilized microorganisms. Eur. J. Appl. Microbial Biotechnol. 16: 88 - 91.

Trevors, J.T. 1986 Mercury methylation by bacteria. J. of Basic. Microbiol., 26: 499 - 504.

White, C. and G.M. Gadd 1990. Biosorption of radionuclides by fungal biomass. J. Chem. Technol. And Biotechnol., 49: 331 - 343.

Wainwright, M. 1992. An Introduction to fungal Biotechnology. Wiley Press, New York.

قائمة المراجع العربية

1- إبن صادق ، عبد الوهاب رجب هاشم . 1988م. ميكروبيولوجيا التعدين. منشورات جامعة قطر - الدوحة قطر.

2- إبن صادق ، عبد الوهاب رجب هاشم . 1990م. التلوث البيئى. منشورات جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية.

3- الطيب ، نورى طاهر دبشير ، محمود جرار. 1995م. تلوث المياه. المشكلة والأبعاد. منشورات مؤسسة اليمامة الصفحية . الرياض — المملكة العربية السعودية.

4- إسلام ، أحمد مدحت. 1990م. التلوث مشكلة العصر. عالم المعرفة الكويت.

معالجة انسدادات المرشحات الدقيقة في محطة تنقية المياه في البويب

إبراهيم صالح المعتاز، علي عبدالله المطلق، علي عبدالله المطلق

معالجة انسداد المرشحات الدقيقة في محطة تنقية المياه في البويب

إبراهيم صالح المعتاز[1]،عبد الله صالح الحقباني [2] ، علي عبد الله المطلق [3]

[1]رئيس قسم الهندسة الكيميائية – كلية الهندسة – جامعة الملك سعود – ص ب 800 الرياض 11421

[2]مدير إدارة المحطات والآبار ، [3]مدير مركز الأبحاث والتطوير – مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض – ص ب 22633 الرياض 11416 فاكس 4915758 1 (966+)

ملخص البحث

واجهت محطة تنقية المياه في البويب مشكلة سرعة انسداد المرشحات الدقيقة خلال فترات زمنية قصيرة خصوصاً عند تشغيل المحطة بطاقتها القصوى وقد لزم الأمر تغيير المرشحات كل ثلاثة أيام في فصل الصيف وسبعة عشر يوما أثناء الشتاء.

وبدراسة هذه المشكلة من كافة الجوانب تم حصر العوامل المتوقع تأثيرها على سرعة انسداد المرشحات الدقيقة والتي تتمثل في:

- ارتفاع الضغط التشغيلي.
- تجريع الكلور ونزعه من المياه بعد المعالجة الأولية.
- نوعية وجرعات بعض المواد الكيماوية المستخدمة في المعالجة الأولية.
- مستوى أداء المرشحات الرملية.
- نوعية المرشحات الدقيقة المستخدمة.

تمت دراسة هذه العوامل منفردة وبشكل مكثف خلال الفترة من 1418/11/4 هـ (2 مارس 1998 م) إلى 1419/6/28 هـ (18 أكتوبر 1998 م) وذلك بغرض تحديد تأثير كل منها في عملية انسداد المرشحات الدقيقة وقد كان لكل عامل منها تأثيرا مختلفا غير أن السبب الرئيسي في حدوث المشكلة يكمن في إضافة الكلور ونزعه والذي يؤدي إلى نمو بكتيري سريع جداً

أدى إلى سرعة انسداد المرشحات الدقيقة ، وكحل لهذه المشكلة تم رفع الرقم الهيدروجيني في المرسبات للحد من نمو الطحالب وقد أدى ذلك إلى القضاء تماماً على مشكلة انسداد المرشحات الدقيقة والى تحسن كبير في أداء أغشية التناضح العكسي كما أدت هذه العملية أيضا إلى تقليل إجمالي تكلفة المواد الكيماوية المستخدمة في عملية المعالجة .

وسيتم في هذا البحث مراجعة أسلوب تشغيل محطة تنقية المياه في البويب ووصف لمشكلة سرعة انسداد المرشحات الدقيقة وأسلوب معالجتها ، ووصف مفصل لطريقة حل المشكلة.

مفتاح كلمات: مرشحات دقيقة، معالجة أولية، ترشيح، كلورة، نزع كلور.

مقدمة

من خلال سجل تشغيل محطة البويب وخصوصا فيما يتعلق باستبدال المرشحات الدقيقة فان الفترات العادية لاستبدالها هي شهران إلى ثلاثة، إلا انه لوحظ تناقص فترة الاستبدال وبدا ذلك واضحا في عام 1418 هـ حتى وصل إلى مراحل حرجة في نهاية عام 1418هـ، حيث اصبح الوضع يتطلب استبدال المرشحات كل ثلاثة أيام، وهذا بدوره زاد من التكاليف وتسبب في إرباك تشغيل المحطة وعدم استمرارية تشغيلها، وقد لزم الأمر تشكيل فريق عمل لدراسة أسباب انسداد المرشحات الدقيقة لا يجاد حل جذري لهذه المشكلة .

وصف محطة البويب

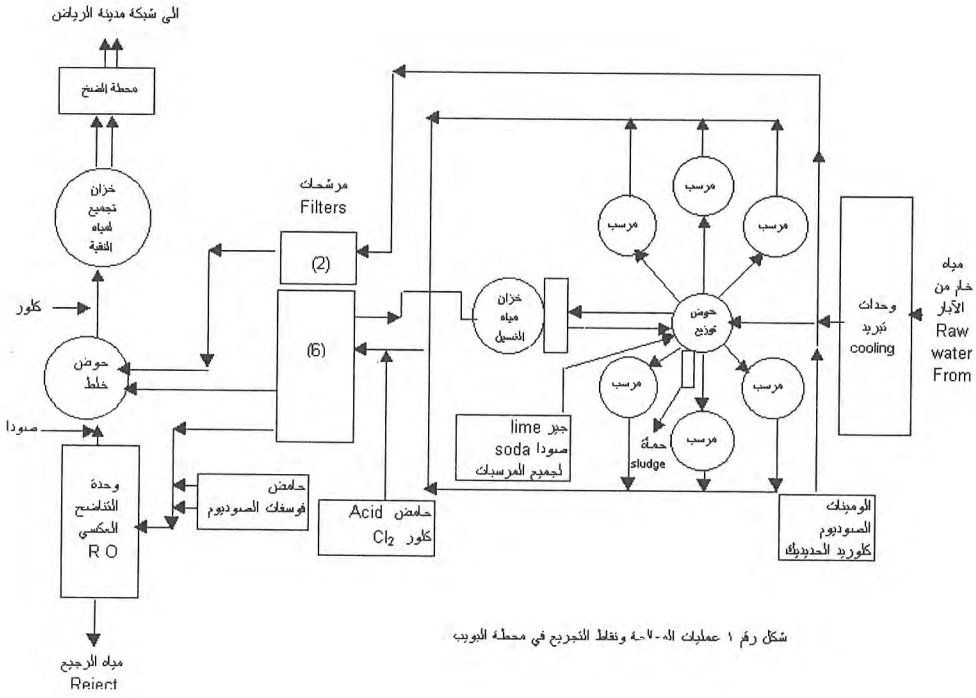
تقع محطة البويب شمال مدينة الرياض وعلى بعد 60كلم تقريبا وتبلغ طاقتها الإنتاجية 60.000 م^3/يوم ويتم فيها معالجة مياه الآبار العميقة لإنتاج مياه الشرب وضخها لمدينة الرياض وهي أحد مصادر مياه الشرب الرئيسية لمدينة الرياض ويتم تزويد محطة البويب بالمياه الخام من عدد من الآبار العميقة يصل عددها إلى 17 بئرا ويتراوح عمقها من 1800م إلى 2000م ويبين الجدول رقم (1) مواصفات المياه الخام الداخلة للمحطة، وتتكون محطة البويب من الوحدات التالية : وحدات التبريد وعددها 10 وحدات والمرسبات وعددها 6 مرسبات والمرشحات الرملية وعددها 8 مرشحات والمرشحات الدقيقة وعددها 7 مرشحات ووحدات التناضح العكسي Reverse Osmosis (RO) وعددها 13 وحدة ،وتتم معالجة المياه في محطة البويب خلال المراحل التالية والموضحة في الشكل رقم(1).

الجدول رقم (1) مواصفات المياه الخام الداخلة لمحطة البويب

درجة الحرارة	70^{5}م
الرقم الهيدروجيني	8.00
أملاح العسر الكلي (جزء في المليون) ككربونات كالسيوم	770.00
عسر الكالسيوم (جزء في المليون) ككربونات كالسيوم	520.00
عسر المغنيسيوم (جزء في المليون) ككربونات كالسيوم	250.00
إجمالي القلوية الكلية (جزء في المليون) ككربونات كالسيوم	140.00
إجمالي الأملاح الذائبة(جزء في المليون)	1700.00
الكبريتات (جزء في المليون)	520.00
الكلوريدات (جزء في المليون)	320.00
الحديد (جزء في المليون)	0.80
السيلكا (جزء في المليون)	34.00

➢ مرحلة التبريد

نظرا لارتفاع درجة حرارة مياه الآبار والتي تصل إلى 70^{5}م فانه يتم تمرير المياه علـــى أبـــراج التبريد والتي يتم فيها تخفيض درجة الحرارة إلى 30-35^{5}م كما يتم أيضا أكسدة الحديد خـلال عملية التبريد وترسب الحديد على شكل اكاسيد وبالتالي يتم خفض نسبة الحديد في المياه .



شكل رقم ١ عمليات المعالجة ونقاط التجريع في محطة الينبوع

وينقسم الماء المبرد إلى قسمين : القسم الرئيسي وتصل نسبته 80-90% من المياه المبردة يتم تمريرها على المرسبات ثم المرشحات الرملية والمرشحات الدقيقة ثم التناضح العكسي والقسم الآخر وتصل نسبته إلى 10-20% يتم تمريرها على المرشحات الرملية ثم تخلط مباشرة مع منتج التناضح العكسي للحصول على نوعية معينة من المياه المنتجة ، كما انه يتم إضافة الكلور للمياه المبردة وبشكل مستمر وذلك لتطهير مراحل المعالجة ويتم إزالة الكلور بإضافة ثنائي كبريتيت الصوديوم ((SbS) قبل مرحلة التناضح العكسي لحماية الأغشية من وصول الكلور إليها .

- مرحلة الترسيب (إزالة العسر) :

نظرا لارتفاع أملاح العسر والمتمثلة في الكالسيوم والمغنيسيوم بشكل رئيسي فان الأمر يتطلب خفض معدل هذه الأملاح للحصول على مواصفات مياه مناسبة لإدخالها إلى أغشية التناضح العكسي وفي هذه المرحلة يتم إضافة الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) والصودا (كربونات الصوديوم) ومادة كلوريد الحديديك المساعدة على الترسيب فيتم ترسيب الأملاح المسببة للعسر على هيئة وحل (Sludge) بقاع المرسبات ويتم سحبه إلى حوض التثخين (Thickener) ويستخلص الماء المصاحب للوحل من أعلى حوض التثخين ويعاد الماء المستخلص إلى ما قبل المرسبات أما الوحل فيتم ضخه إلى أحواض التجفيف للتخلص منه .

- المرشحات الرملية :

يتم تمرير المياه بعد المرسبات إلى المرشحات الرملية وقبل ذلك يتم خفض الرقم الهيدروجيني إلى حدود 5.7 لتفادي تكوين طبقة من كربونات الكالسيوم على سطح حبيبات الرمل والتسبب في انسداد المرشحات الرملية ويتم حجز أي شوائب أو عوالق في المرشحات الرملية من خلال طبقات المرشحات للحصول على مياه صافية ذات شفافية مناسبة لتمريرها إلى أغشية التناضح العكسي.

- المرشحات الدقيقة :

قبل وصول المياه لأغشية التناضح العكسي يتم تمريرها على مرشحات دقيقة (5ميكرون) لحجز أي عوالق قد تنفذ من المرشحات الرملية وذلك حماية للأغشية ومنع وصول هذه العوالق إليها.

ثانيا : مرحلة التحلية بالتناضح العكسي (RO) :

ويكون دور أغشية التناضح العكسي هو خفض الأملاح المذابة فبعد مرحلة المعالجة الأولية يتم إضافة حامض الكبريتيك لتخفيض الرقم الهيدروجيني إلى (5,5) لمنع ترسبات الكالسيوم على الأغشية كذلك يتم إضافة ميتا فوسفات الصوديوم السداسية لمنع ترسيب الكالسيوم.

ويتم التخلص من المياه المرفوضة من الأغشية وذلك بضخها إلى أحواض خارج المحطة أما المياه المنتجة وذات الأملاح المنخفضة (Permeate) فيتم خلطها مع مياه الخلط لضبط مستوى الأملاح المطلوب حيث تصل بعد الخلط إلى 350-400ملجم/لتر.

ثالثا: مرحلة المعالجة النهائية (Post Treatment)

ويتم فيها إضافة الصودا لضبط الرقم الهيدروجيني إلى 7.5، كما يتم إضافة الكلور لتعقيم المياه المنتجة ليصل الكلور المتبقي بحدود 0.4-0.6ملجم/لتر

عمل المرشحات الرملية :

تم حصر عدد من الاحتمالات المتوقعة كعوامل مؤثرة في سرعة انسداد المرشحات الدقيقة ومن هذه العوامل كفاءة المرشحات الرملية وذلك لاحتمالية نفاذ المواد الصلبة العالقة من خلال المرشحات الرملية ووصولها إلى المرشحات الدقيقة والتسبب في انسدادها.

تمت دراسة المرشحات الرملية من خلال مراجعة العوامل التشغيلية للمرشحات الرملية ومقارنة الوضع الحالي مع التصميم الأساسي لها كما تم القيام بتحليل المياه الداخلة والخارجة من كل مرشح لتحديد كفاءته كذلك فحص الرمل الموجود بالمرشحات ومقارنته مع المواصفات المطلوبة لنوعية الرمل، وتشتمل المحطة على عدد ثمانية مرشحات رملية يتكون كل منها من جزأين جزء صاعد وجزء هابط تحتوي على نوعيات مختلفة من الرمال وبمقارنة العوامل التشغيلية للمرشحات الرملية مع العوامل التصميمية وجد أن المرشحات الرملية تعمل تحت ظروف تشغيلية اقل من الظروف التصميمية من حيث معدل التدفق كما يتبين من الجدول رقم (2).

جدول رقم (2) مقارنة العوامل التصميمية والتشغيلية للمرشحات الرملية في محطة البويب

العوامل التصميمية		العوامل التشغيلية	
معدل التدفق	460م^3/ساعة–مياه يسيرة	معدل التدفق (لكل مرشح)	شتاءً : 164م^3/ساعة
سعة المرشح	320–361م^3/ساعة		صيفاً: 310م^3/ساعة
الجزء الصاعد الأبعاد	5ر4م عرض ، 5ر8م طول	فترة الغسيل	كل 24 ساعة
الوسط	بحص 3–5مم ، بعمق 5ر1 م	أسلوب الغسيل	هواء ، هواء وماء ، ماء
فتحات	3 مم	كفاءة الغسيل	هناك مناطق ميته أثناء الغسيل
الجزء الهابط الأبعاد	5ر5 م عرض ، 5ر8م طول		
الوسط	رمل 7ر0–1.2 مم ، بعمق 1ر1 م		
فتحات	5ر0 مم		

تم تحليل عدد من عينات المياه المغذية للمرشحات والخارجة منها بهدف التحقق من عمل المرشحات وذلك بقياس إجمالي المواد الصلبة العالقة و العكارة وكانت النتائج تشير إلى أن المرشحات تعمل بصورة جيدة فيما يتعلق بالمواد الصلبة العالقة وقد وجد ارتفاع في العكارة كما هو موضح في الجدول رقم 3 .

وكذلك فقد تم فحص عينات من الرمل من جميع المرشحات ومقارنتها مع المواصفات المحددة للرمال في هذه المرشحات من حيث الحجم الفعال Effective Size ومعامل التجانس [1] Uniformity Coefficient كما هو مبين في الجدول رقم (4) حيث تبين ما يلي:

جدول رقم 3 تحاليل المياه الداخلة والخارجة من المرشحات الرملية

رقم المرشح	المواد الصلبة العالقة S.S*			العكارة TURBIDITY		
	الداخل ملجم/لتر	الخارج	نسبة الإزالة	الداخل NTU *	الخارج	نسبة الإزالة
المواصفات	10	صفر		3	0.1	
1	1	0.9	10	0.56	0.44	21
2	0.9	1	11-	0.48	0.61	27-
3	1.4	0.9	36	0.87	0.47	46
4	1,1	0.6	45	0.89	0.4	55
5	0.9	1.2	33-	0.8	0.8	صفر
6	2.1	1,1	48	1.21	0.93	23
7	4.1	1,1	73	1.42	0.92	35
8	2.9	1	66	1.29	0.9	30

SS : Suspended Solids NTU : Nephelometric Turbidity Unit

1. رمل المرشحات الصاعدة :

وجد أن الحجم الفعال لجميع العينات مطابق للمواصفات المطلوبة حيث يتراوح الحجم من 3.47ملم-3.5ملم بينما المطلوب أن تكون حجم الحبيبات من 3-5ملم كما أن معامل التجانس لجميع العينات اقل من الحدود المطلوبة حيث تراوحت القيم بين 1.14-1.18 بينما المطلوب أن تتراوح بين 1.3-1.7[2] كما هو مبين في الجدول رقم (4) .

2. رمل المرشحات الهابطة :

وجد أن الحجم الفعال لجميع المرشحات مطابق للمواصفات المطلوبة من حيث الحجم حيث يتراوح بين 0.75ملم-0.89 ملم بينما المطلوب أن يكون الحجم 0.7 - 1.2ملم كما أن معامل التماثل لجميع المرشحات مطابق للمواصفات حيث يتراوح من 1.31-1.45 بينما تتطلب المواصفات أن يتراوح بين 1.3-1.7 فيما عدا المرشح رقم 4 والمرشح رقم 7 حيث كانت تقل قليلا [2] كما هو مبين في الجدول رقم (4) .

تحديد المشكلة

ينجم عن ترسب الجسيمات الدقيقة والمواد الصلبة العالقة انسداد في المرشحات الدقيقة يتسبب في نقص كمية المياه الخارجة من المرشحات الدقيقة مما يتطلب رفع الضغط للمحافظة على تدفق مستمر من المياه ، ويعمل الضغط المرتفع على زيادة ترسب المواد العالقة على أغشية المرشحات الدقيقة ويسرع في عملية انسدادها والحاجة المستمرة لاستبدالها بشكل مستمر.

جدول رقم (4) مقارنة نتائج تحليل عينات الرمل مع مواصفات الرمال المطلوبة للمرشحات الرملية في محطة البويب

رقم المرشح	رمل المرشح الصاعد		رمل المرشح الهابط	
	الحجم الفعال مم	معامل التجانس	الحجم الفعال مم	معامل التجانس
المواصفات	5-3		1.2 0.7	
1	3.5	1.14	0.75	1.45
2	3.5	1.14	0.88	1.36
3	3.5	1.2	0.86	1.33
4	3.5	1.18	0.87	1.26
5	3.5	1.18	0.87	1.34
6	3.5	1.17	0.87	1.31
7	3.47	1.18	0.85	1.29
8	3.5	1.14	0.89	1.36

وتتكون الجسيمات الدقيقة والمواد الصلبة العالقة نتيجة لانخفاض كفاءة المرشحات الرملية وعدم ترسب هذه العوالق بشكل جيد في هذه المرشحات ، وقبل البحث في كفاءة المرشحات الرملية ، كان هناك تساؤل حول الظروف التشغيلية للمرشحات الدقيقة ومدى ملاءمتها لنوع الأغشية المستخدمة في هذه المرشحات ، ويبين الجدول رقم (5) العوامل التشغيلية للمرشحات الدقيقة وفقاً للتصميم الأساسي لها مقارنة بالعوامل التشغيلية حسب ظروف التشغيل أثناء مشكلة انسداد المرشحات الدقيقة في محطة تنقية المياه في البويب ، ويتضح من هذا الجدول أن المرشحات الدقيقة تعمل عند ظروف قريبة جداً من الظروف التصميمية.

جدول رقم (5) مقارنة العوامل التصميمية و التشغيلية للمرشحات الدقيقة في محطة تنقية المياه في البويب

العوامل التصميمية		العوامل التشغيلية	
درجة الحرارة	28– 35 ^{5}م	درجة الحرارة	27–33 ^{5}م
الضغط التشغيلي	3ر9 بار	الضغط التشغيلي	2ر10–5ر11 بار
فرق الضغط	14ر0 كجم/سم^{2} (173ر0بار)		
أعلى حد لفرق الضغط	2 كجم/سم^{2} (96ر1 بار)		
معدل التدفق (لمجموع الوحدات)	354 م^{3} /ساعة (هناك 80 وحدة في المجموعة)	معدل التدفق (لمجموع الوحدات)	شتاء: 99.98 م^{3} / ساعة صيف: 300 م^{3} / ساعة
مادة الصنع	ألياف اكريليك	مادة الصنع	بولي بروبيلين
عدد المرشحات	7 منها 6 عاملة		
قطر المسامات	5 ميكرون	قطر المسامات	5 ميكرون

وكان لزاماً بعد ذلك معرفة نوعية الرواسب الموجودة على المرشحات الدقيقة ، وبعد إجراء عدد من التحاليل لهذه الرواسب كان متوسط محتوى الراسب الجاف 57% سيليكا و16% مواد عضوية و11% كالسيوم و 6.5% حديد ، ووجد أيضاً أن المياه في المرشحات الدقيقة تحتوي على 40 جزء في المليون من الكالسيوم و11.3 جزء في المليون من السيليكا و 0.2 جزء في المليون من الحديد ، وهذا التركيب للمواد المترسبة وكذلك نوعية المياه متقارب جداً مع ما هو موجود في سائر محطات تنقية المياه الأخرى في مدينة الرياض.

بعد ذلك تمت عملية تقييم كفاءة المرشحات الرملية خاصة وأنه قد مضى عليها نحو 15 عاماً ، وقد تمت دراسة المرشحات الرملية وفقاً لما يلي:

أ- مراجعة العوامل التشغيلية للمرشحات الرملية والتأكد من أن الوضع التشغيلي الحالي مطابق للتصميم ، ويشمل معدلات التدفق وفترات الغسيل وأسلوب الغسيل والتأكد من تغطية الغسيل لكافة جوانب المرشح والتأكد من عدم وجود تسرب من الصمامات أثناء الغسيل.

ب- تحليل المياه الداخلة والخارجة من كل مرشح لمعرفة كفاءته.

ج- فحص الرمل الموجود بالمرشحات ومقارنته مع المواصفات المطلوبة لنوعية الرمل.

وقد وجد أن المرشحات الرملية تعمل بشكل جيد كما تم مناقشته سابقا ، كما أن الرمل المستخدم في المرشحات الرملية للجزأين الصاعد والهابط ضمن المواصفات المطلوبة.

وقد تم عمل تحليل حيوي (بكتيريولوجي) لعينات من المياه الخارجة من المرشحات الدقيقة ، وقد كان العدد الكلي للبكتيريا كبيراً جداً، وعند الفحص الحيوي للمياه الداخلة للمرشحات الدقيقة اتضح أنها كانت تحتوي على عدد أقل كثيراً من البكتيريا ، وكان التساؤل هنا: لماذا حصل هذا التكاثر الحيوي للبكتيريا بشكل مفاجئ بأعداد كثيرة في المرشحات الدقيقة؟ وعند البحث في ذلك اتضح أن تجريع الكلور في المياه الخام يتسبب في نمو مفاجئ للبكتيريا في مراحل لاحقة عند نزع الكلور.

طريقة المعالجة

تمت استشارة الشركات المتخصصة وتم تغيير أغشية المرشحات بنوعين مختلفين وتمت دراسة الظروف التشغيلية للمرشحات وتم تحليل الرواسب على الأغشية وتحليل المياه الداخلة والخارجة من المرشحات الدقيقة وكذلك دراسة كفاءة المرشحات الرملية، وعند إيقاف تجريع الكلور في المعالجة الأولية في يوم الثلاثاء 1418/12/3هـ واستبدال جميع المرشحات الدقيقة بأخرى جديدة أنخفض فرق الضغط في المرشحات الدقيقة إلى حوالي 15ر0 بار وقد كان فرق الضغط في وحدات المرشحات الدقيقة نحو 5 بار قبل ذلك.

وقد انخفض العدد الكلي للبكتيريا في المياه الخارجة من المرشحات الدقيقة بشكل ملحوظ عما كان عليه سابقاً قبل إيقاف تجريع الكلور في المعالجة الأولية ، كما أثبتت تحاليل عينات المياه الداخلة والخارجة من كل مرشح رملي إضافة إلى قياس العكارة وكذلك قياس المواد العالقة أن

المرشحات الرملية تعمل بشكل جيد ، ويبين الجدول رقم (6) مقارنة نوعية المياه في محطة تنقية المياه بالبويب قبل وبعد إيقاف الكلور في عمليات المعالجة .

وبذلك كان تجريع الكلور هو السبب الرئيسي في عملية انسداد المرشحات الدقيقة ، إذ أنه بعد نزع الكلور بمادة ثنائي كبريتيت الصوديوم أثناء التشغيل السابق للمحطة تتكاثر البكتيريا بشكل كبير وتتسبب في ارتفاع فرق الضغط في المرشحات الدقيقة ومن ثم انسدادها[3].

لقد نجم عن عملية إيقاف تجريع الكلور نقصان العدد البكتيري الواصل للمرشحات الدقيقة إلا انه بدأ ظهور بعض الطحالب في القناة الرئيسية ، وقد أمكن التغلب على ذلك بالتنظيف الدوري.

جدول رقم (6)مقارنة نوعية المياه في محطة تنقية المياه بالبويب قبل وبعد إيقاف الكلور في المياه الخارجة من المرسبات

الفحص الكيميائي	قبل إيقاف الكلور	بعد إيقاف الكلور
الرقم الهيدروجيني	1ر9-6ر9	10ر45-10
عسر الكالسيوم ، ج ف م	أقل من 180	أقل من 180
عسر الماغنسيوم ، ج ف م	260-220	200-100
القلوية الكلية ، ج ف م	73-33	48-31
السيليكا ، ج ف م	19-15	15-12

الاستنتاجات والتوصيات:

تبين من خلال هذه الدراسة ما يلي :

1. أن تجريع الكلور كان هو السبب الرئيسي في انسداد المرشحات الدقيقة حيث انه بعد نزع الكلور بمادة ثنائي كبريتيت الصوديوم أثناء التشغيل السابق تتكاثر البكتيريا بشكل كبير وتتسبب في ارتفاع فرق الضغط في المرشحات الدقيقة وكذلك في أغشية التناضح العكسي .

2. بعد إيقاف الكلور ورفع الرقم الهيدروجيني في المرسبات أمكن التحكم في نمو الطحلب ومن ثم حل مشكلة ارتفاع فرق الضغط في المرشحات الدقيقة وطرأ تحسن كبير في أغشية التناضح العكسي من حيث استقرار فرق الضغط مما يقلل من عمليات الغسيل وذلك راجع لانخفاض معدل النمو البكتيري بها .

3. بعد إيقاف الكلور أصبحت عملية تغيير المرشحات الدقيقة كل 3 أشهر وتقلصت عمليات غسيل الأغشية مما يعني توفير جهد العمالة .

4. بعد إيقاف الكلور لم يكن هناك أي تأثير سلبي على المعالجة الأولية سوى نمو الطحالب بالقناة الرئيسية ويمكن التغلب على ذلك بالتنظيف الدوري أو بتغطية القناة أو بتجريع كلور متقطع.

5. بينت دراسة المرشحات الرملية أنها كانت بحالة جيدة بشكل عام رغم مرور اكثر من 15 عاما عليها .

6. بعد إيقاف تجريع الكلور قل معدل النمو البكتيري على أسطح أغشية التناضح العكسي مما أدى إلى انخفاض فرق الضغط للمرحلة الأولى من أغشية التناضح العكسي وبلوغه الحدود الطبيعية ونتج عن ذلك زيادة ملحوظة للإنتاجية بمعدل يصل إلى 16%.

ويوصى بالتوسع في هذه الدراسة لتشمل ظروف عمل المرسبات قبل وبعد عملية إيقاف تجريع الكلور وكذلك دراسة نظام التجريع المتقطع للكلور.

References: المراجع

1. AWWA STANDARS FOR FILTERING MATERIAL, ANSI/AWWA B100 -96 (Revision of ANSI/AWWA B100-89), Effective date: Dec.1, 1996, AWWA Standards, January,1997.

2. Design Manual for Buwaib Water Treatment Plant, AMES CROSTA BABCOCCK LIMITED,HEYWOOD, LANCASHIRE, ENGLAND,1979.

3. P.M. Cook and et.al. " Evaluation of Cartridge Filter for Removal of Small Fibers from Drinking Water", AWWA Journal, p.p. 459-464, vol. 70, no. 8, 1978.