Library Copy

(2518 رقم)

UN ECONOMIC COMMISSION FOR WESTERN ASIA
23 MAR 1977
LIBRARY

الأمم المتحدة

المجلس الاقتصادي والاجتماعي

التوزيع : محدود
E/ECWA/41/Rev.1
١ آذار / مارس ١٩٧٧
الاصل : بالانكليزية

اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا

التقرير التمهيدي
عن انماء الموارد المائية
في منطقة اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا

المحتويات

الصفحة

مقدمة

انماء الموارد المائية

الفصل الاول : نماذج الطلب على المياه ١

أهداف المشروع ١

لمرائق جمع البيانات وتحليلها ٢

الفصل الثاني : لرق ووسائل زيادة فعالية استعمال المياه

في القطاع الزراعي ١١

١ - مقدمة ١١

٢ - ادارة المياه السطحية ١١

٣ - ادارة موارد المياه الجوفية ١٣

٤ - لرق ووسائل الري ١٤

٥ - حلول الاملاح ١٨

٦ - مزج المياه المالحة ومياه المجارى ١٩

٧ - عملية ازالة الملوحة ١٩

٨ - التقييم الاقتصادى ١٩

٩ - نظرة مستقبلية ٢٠

الفصل الثالث : الاستعمالات المتعددة للمياه - حل تحققت ٢١

اعادة استعمال المياه لاغراض خاصة ٢٣

اعادة استعمال المياه في الزراعة ٢٨

اعادة استعمال المياه في الصناعة ٢٩

اعادة استعمال المياه لاغراض عامة ٢٩

.../

المحتويات (تابع)

الصفحة

الفصل الرابع : امكانات التكنولوجيا وحدودها بشأن زيادة استعمال المياه ٣١

اولا - مقدمة ٣١
ثانيا - تكنولوجيات استكشاف الموارد المائية ٣٢
ثالثا - تكنولوجيات زيادة موارد المياه ٣٤
رابعا - تكنولوجيات الحفاظ على المياه ٣٩

الفصل الخامس : التعاون الاقليمي ودون الاقليمي ٤٣

تبادل المعلومات التكنولوجية ٤٣
التعليم والتدريب ٤٤
الجوانب المالية ٤٥
البحث ٤٥
خدمات الخبراء والمستشارين ٤٦
الجوانب البيئية ٤٦

الفصل السادس : استنتاجات وتوصيات ٤٩

الجـــداول

الصفحة

الفصـــل الاول

استعمالات القطاع الزراعي على المياه

- البحرين ٥
- العراق ٥
- الاردن ٦
- الكويت ٦
- لبنـــان ٧
- سلطنة عمان ٧
- جمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية ٨
- قـــطر ٨
- المملكة العربية السعودية ٩
- الجمهورية العربية السورية ٩
- الامارات العربية المتحدة ١٠
- الجمهورية العربية اليمنية ١٠

الفصـــل الثالث

الجدول رقم ١ .عمليات المعالجة المقترحة لتلبية المعايير الصحية المقررة لاعادة استعمال المياه المعالجة ٢٤

الجدول رقم ٢ . تقديرات تكاليف معالجة المياه المعالجة ٢٥

الجدول رقم ٣ . نفقات الحقن الاصطناعي ..... ٢٦ و ٢٧

مقدمة

انماء الموارد المائية

ان انماء الموارد المائية وادارتها في جميع انحاء منطقة اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا اتسم خلال العقود الاخيرة بتزايد وتنوع متعاظم في الطلب لمختلف الاستعمالات . وقد ادى كل من هذين العاملين الى نشوء مشاكل كبيرة . فقد اشتد التنافس على استعمال الموارد النادرة بينما دعا الترابط القائم بين مختلف الاستعمالات وبين هذه الاستعمالات والقطاعات الاخرى والانظمة الاجتماعية والاقتصادية الى المزيد من التخطيط الشامل وانماء الموارد وتوزيعها .

كما ان الشروط المناخية ، التي تميزت بانخفاض معدل هطول الامطار وارتفاع معدلات التبخر ، تفسر جزئيا ندرة المياه وتوفرها المحدود ، الامر الذى اصبح من اهم القيود المفروضة على الانماء في منطقة اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا السريعة النمو .

وحتى عهد قريب ، لم تستوعب بلدان منطقة اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا تماما اهمية المياه من اجل اغراض الانماء . ومع ان جهودها من اجل تطوير انظمة للمياه كانت جهودا جبارة فقد كانت متفرقة ، كما ان عدم توفر مدخل منهجي شامل الى تخطيط الموارد المائية وتنميتها جعل حالة المياه في المنطقة اكثر حدة واحتمال حدوث "ثغرة مائية في المستقبل القريب حقيقة موشكة" .

فقد اصبح من الواضح اكثر من اى وقت مضى ان امكانات المياه السطحية والجوفية في اى بلد تشكل ثروة قومية تعتبر امرا حيويا لكل مرحلة من مراحل الاقتصاد تقريبا . وعليه فان اهمال هذه الثروة او سوء استعمالها قد يلحق الضرر بصحة السكان ورفاهيتهم وقد يمنع او يعرقل التنمية الاقتصادية وتحسين التربة في البلد .

وفي الوقت نفسه يتوافر مزيد من المعرفة التقنية التي من شأنها ، اذا احسن تطبيقها ، ان تمكننا من تقييم اكثر دقة لامكانات المياه ، وطرق تطوير اكثر فعالية للاخذ بها ، وتشكيل اوسع للفوائد التي يمكن الحصول عليها .

ويشمل هذا التقرير الاولي الفصول الخمسة التالية وفقا لبرنامج العمل في مجال الموارد المائية :

١ - نماذج الطلب على المياه .
٢ - سبل ووسائل استعمال المياه بصورة اكثر فعالية في القطاع الزراعي .
٣ - تعدد استعمالات المياه - هل توصلنا اليها ؟
٤ - امكانات التكنولوجيا وحدودها بشأن زيادة استعمال المياه .
٥ - التعاون الاقليمي ودون الاقليمي .

الفصل الاول : نماذج الطلب على المياه

ان انماء الموارد الطبيعية في بلدان اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا يلعب دورا هاما في الانماء الاجتماعي ـ الاقتصادي العام ، وبالتالي يعتمد الى حد كبير على نوعية وكمية المعلومات التي يمكن ان تعتمد عليها الخطط والبرامج . ومن الاهمية بمكان جمع المعلومات عن الموارد الطبيعية ووضع نماذج عرض وطلب قصيرة وطويلة الامد ، لا سيما في هذه البلدان .

ولا يمكن للحكومات ان تمضي قدما في تخطيط انمائها الاجتماعي ـ الاقتصادي عن طريق التخمين . ولذلك وقبل استغلال المزيد من الموارد الطبيعية او زيادة انتاجيتها الحالية لا بد من جمع بيانات اضافية عن خصائصها الفيزيائية وما يتصل بها من معلومات اقتصادية واجتماعية . وفي بعض الاحيان يؤدي الضغط الذي يمارس بغية اتخاذ تدابير عملية الى التزامات سابقة لاوانها للقيام بمشاريع لانماء الموارد دون توفر ما يكفي من المعلومات لتقييمها بصورة ملائمة . ويتعين على المعنيين بالانماء القومي الاجتماعي ـ الاقتصادي ان يكونوا على درجة معقولة من الثقة بانه سيكون هنالك فائدة اضافية تعود على الانماء الاجتماعي ـ الاقتصادي اذا خصص جزء معين من الميزانية للحصول على المزيد من المعلومات والبيانات بشأن العرض والطلب الطويل الاجل على الموارد الطبيعية .

وتعتبر المياه ، في هذه البلدان بصفة خاصة ، من المصادر ذات الاهمية البالغة ، اذ ان انماء الموارد الطبيعية والبشرية يعتمد على توفر المياه . ونظرا لتوفر البتروكيمائيات والموارد الطبيعية الاخرى بصورة ضخمة ، فان الحاجة تدعو الى نماذج فعالة للطلب على المياه اذا كان لنا تنمية هذه الموارد بصورة ملائمة . اي ان المياه هي شرط ضروري ، ولكنه غير مستقل ، من اجل الانماء الاقتصادي . ونظرا لان معدلات انتاج المياه منخفضة بسبب هيمنة الروف الجفاف ، فان اتجاهات الطلب خلال مراحل الانماء لن تكون بعيدة جدا في المستقبل وبالتالي تتطلب التخطيط بعناية الآن . فحين كان عدد السكان اقل وتوفر المياه اكثر وفي متناول المستهلك ، كانت الاسقاطات اقل اهمية في التخطيط القومي . ومهما يكن من امر فان تزايد السكان والتصنيع في بعض البلدان المنتجة للنفط ، لا سيما خلال السنوات العشر الماضية ، استوجب وضع تخطيط قومي افضل يشمل اسقاطات عن المياه ـ اسقاطات تتناول مجموع الاثار الاجتماعية على الطلب .

اهداف المشروع

ان الهدف الاولي لهذا المشروع هو وضع نظام منهجي من أجل التنبؤ بالطلب على المياه في الدول الاعضاء الاثني عشر في اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا . ولبلوغ هذا الهدف لا بد اولا من تعريف مستوى نمو العوامل الاجتماعية ـ الاقتصادية والتكنولوجية المرتبطة باستعمال المياه في هذه البلدان .

وعلى وجه التحديد ، فان الغرض من هذا الاستقاط هو ما يلي :

١ - وضع نموذج للتنبوء بالطلب على المياه في اثني عشر بلد عربي : المملكة العربية السعودية ، دولة الكويت ، المملكة الاردنية الهاشمية ، الجمهورية اللبنانية ، الجمهورية العربية اليمنية ، دولة قطر ، سلطنة عمان ، الجمهورية العراقية ، جمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية ، دولة البحرين ، الجمهورية العربية السورية ودولة الامارات العربية المتحدة .

٢ - تزويد المخططين في هذه البلدان باسقاطات موثوقة للغاية عن المياه في المستقبل .

٣ - حساب الطلب على المياه لكل فرد بالنسبة للاستعمالات البلدية والصناعية والزراعية والريفية اعتمادا على العوامل الاجتماعية - الاقتصادية والتكنولوجية والبيئية في البلدان الاثني عشر .

٤ - توفير وسائل اسقاط هذه العوامل الاجتماعية - الاقتصادية والتكنولوجية والبيئية حتى عام ٢٠٠٠ .

٥ - استخدام النموذج والعوامل الاجتماعية - الاقتصادية والتكنولوجية المسقطة وذلك من اجل اسقاط الطلب على المياه للاستعمالات البلدية والصناعية والزراعية والريفية لكل بلد حتى عام ٢٠٠٠ .

طرائق جمع البيانات وتحليلها

من اجل الحصول على بيانات موثوقة لغرض هذه الدراسة ، اعتمدنا على مصدرين للمعلومات . اولا ، استبيان ميداني من اجل بيانات الطلب على المياه والعوامل الاجتماعية - الاقتصادية والاخرى التي تؤثر على استعمال المياه . وقد بذلت الجهود لاستكمال الاستبيان في جميع بلدان اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا .

ان الاجابات عن هذه الاستبيانات الميدانية لم تكن كافية لوحدها من اجل وضع النموذج . وقد استعملت المراجع المنشورة بقدر ما هو ضروري لتطوير قاعدة معلومات كافية تسمح بتطوير النموذج . وكان هذا النموذج يشمل المنطقة باكملها ولم يقتصر على كل قطر على حدة .

وهنالك العديد من الظروف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية وغيرها ، وهي تختلف بين الجهات المستعملة للمياه كما انها تؤثر على معدل الطلب على المياه . وفي بداية التنبوء لا يعرف عادة على وجه الدقة عدد العوامل التي تؤثر على استعمال المياه ، وعليه لا بد من وضع الافتراضات بشأن هذه العوامل . وقد تم وضع الاستبيان لتلبية نوعين من الاحتياجات الى البيانات :

١ - بيانات عامة مطلوبة لوضع نموذج على الصعيد القطري
٢ - بيانات عامة على الصعيد الاقليمي .

ونظرا الى ان البيانات محدودة على هذا النحو فقد تم تطوير النموذج الاقليمي فقط كما في المعادلة (١ - ١) ادناه .

$$UU_{i,t} = A_o + A_1X_1 + A_2X_2 + \cdots + A_nX_n \quad \cdots \quad (1-1)$$

حيث

$UU_{i,t}$ = وحدة الطلب من فئة i عند الزمن t .
A_n = معاملات التراجع n = ١ ، ٢ ، ٣ ، . . .
X_n = متغيرات مستقلة n = ١ ، ٢ ، ٣ ، . . .

ومع ذلك فقد كان واضحا جدا منذ البداية على انه رغم تطوير المعادلة التوقعية فان القيم التي تم اسقاطها لا يمكن ان تكون صادقة التمثيل لأن :

(١) البيانات المتوفرة كانت محدودة وغير موثوقة
(٢) النموذج الاقليمي لا يمكن تطبيقه بصورة مرضية من اجل التنبوء بالموارد في كل قطر نظرا لاتساع مجال التغيرات الاجتماعية - الاقتصادية والصناعية والزراعية من بلد لآخر .

ولقد اكدّ الناتج الاولي من هذا النموذج هذه الملاحظات . ولذلك اهمل هذا الناتج وتم القيام بمحاولة جديدة معدلة .

وفي المسلك الجديد ، بدلا من اخذ المنطقة باكملها كوحدة منفصلة ، تم تقسيمها الى ثلاث مجموعات فرعية تعتمد على التشابه الطوبوغرافي وتوفر موارد المياه كما يلي :

(١) المملكة الاردنية الهاشمية ، الجمهورية العربية السورية ، الجمهورية العراقية ، الجمهورية اللبنانية .
(٢) دولة الامارات العربية المتحدة ، دولة البحرين ، دولة قطر ، دولة الكويت ، المملكة العربية السعودية .
(٣) الجمهورية العربية اليمنية ، جمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية ، سلطنة عمان .

ولحسن الحظ ايضا فقد تمكنّا عند ذاك من جمع المزيد من البيانات ، لاسيما انها تتعلق بالقطاع الزراعي . لذلك فان الاسقاطات الواردة في هذا الفصل تقتصر على الطلب الزراعي فقط .

وفيما يلي معادلات الاستقال (١ - ٢) و (١ - ٣) و (١ - ٤) الخاصة بالمناطق الفرعية ١ و ٢ و ٣ على التوالي :

$$A_{n,t} = 42.7360 + 0.0185NP_{n,t} + 0.0165GNP_{n,t} + 0.0516HLI_{n,t} \quad \text{..... (١ - ٢)}$$

$$A_{n,t} = 116.0224 + 0.0046NP_{n,t} + 0.0069GNP_{n,t} + 0.0823HLI_{n,t} \quad \text{..... (١ - ٣)}$$

$$A_{n,t} = 23.9730 + 0.0093NP_{n,t} + 0.0840GNP_{n,t} + 0.0556HLI_{n,t} \quad \text{..... (١ - ٤)}$$

حيث

$A_{n,t}$ = الطلب الزراعي على المياه في البلد n في السنة t مقدرا بالغالونات لكل فرد يوميا .

$NP_{n,t}$ = عدد السكان بالآلاف في البلد n في السنة t .

$HLI_{n,t}$ = مساحة الاراضي المروية في البلد n في السنة t بآلاف الهكتارات .

ومع ان الاستقاطات الجديدة تعتبر تحسينا على القيم السابقة ، فانها رغم ذلك ليست نهائية . اذ اننا لا نزال نجمع المزيد من البيانات لاستكمال وتوسيع قاعدة البيانات الحالية . وعندما يتم جمع ما يكفي من البيانات فان النماذج سوف تصقل في ضوء ذلك وسوف يقدم ناتج جديد للطلب على المياه من اجل الاستعمالات الزراعية والمنزلية والصناعية .

ان استقاطات الطلب على المياه بالنسبة لبلدان المنطقة ، مقدرة بملايين الامتار المكعبة سنويا وعلى اساس فدان امريكي*/قدم ، ترد في الجداول التالية :

---

* فدان امريكي = ٤٥ر٠ هكتار .

اسقاطات الطلب الزراعي على المياه

البحرين

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوى في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوى في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	٢٦	٧٩
١٩٧٥	٣١	٩٥
١٩٨٠	٣٧	١١٤
١٩٨٥	٤٥	١٣٧
١٩٩٠	٥٤	١٦٧
١٩٩٥	٦٦	٢٠٣
٢٠٠٠	٨١	٢٥٠

العراق

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوى في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوى في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	١٥٠٥	٤٦١٩
١٩٧٥	٢٠٣١	٦٢٣١
١٩٨٠	٢٧٥٠	٨٤٣٩
١٩٨٥	٣٧٣٩	١١٤٧٤
١٩٩٠	٥١٠٣	١٥٦٥٧
١٩٩٥	٦٩٨٥	٢١٤٣٣
٢٠٠٠	٩٥٩٠	٢٩٤٢٧

استنتاجات الطلب الزراعي على المياه

الاردن

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	٢١٥	٦٦٠
١٩٧٥	٢٨١	٨٦٥
١٩٨٠	٣٧٠	١١٣٦
١٩٨٥	٤٩١	١٥٠٦
١٩٩٠	٦٥٥	٢٠٠٩
١٩٩٥	٦٧٩	٢٦٩٨
٢٠٠٠	١١٨٧	٣٦٤٣

الكويت

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	١١١	٣٣٩
١٩٧٥	١٢٤	٣٨٠
١٩٨٠	١٣٩	٤٢٥
١٩٨٥	١٥٥	٤٧٧
١٩٩٠	١٧٤	٥٣٥
١٩٩٥	١٩٦	٦٠١
٢٠٠٠	٢٢٠	٦٧٦

اسقاطات الطلب الزراعي على المياه

لبنان

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	٢٩٢	٨٩٦
١٩٧٥	٣٥٦	١٠٩٤
١٩٨٠	٤٣٧	١٣٤١
١٩٨٥	٥٣٨	١٦٤٩
١٩٩٠	٦٦٤	٢٠٣٧
١٩٩٥	٨٢٢	٢٥٢٤
٢٠٠٠	١٠٢٣	٣١٣٨

سلطنة عمان

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	٣٧	١١٢
١٩٧٥	٤٧	١٤٦
١٩٨٠	٦٢	١٩٠
١٩٨٥	٨١	٢٤٩
١٩٩٠	١٠٧	٣٢٨
١٩٩٥	١٤١	٤٣٣
٢٠٠٠	١٨٧	٥٧٥

اسقاطات الطلب الزراعي على المياه

جمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	١٢٤	٣٨٠
١٩٧٥	١٥٠	٤٦٢
١٩٨٠	١٨٣	٥٦٢
١٩٨٥	٢٢٣	٦٨٥
١٩٩٠	٢٧٣	٨٣٨
١٩٩٥	٣٣٤	١٠٢٥
٢٠٠٠	٤١٠	١٢٥٧

قطر

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	١٥	٤٥
١٩٧٥	١٨	٥٦
١٩٨٠	٢٣	٧٠
١٩٨٥	٢٨	٨٧
١٩٩٠	٣٥	١٠٨
١٩٩٥	٤٤	١٣٦
٢٠٠٠	٥٦	١٧٣

اسقاطات الطلب الزراعي على المياه

المملكة العربية السعودية

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوى في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوى في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	١٢٣٣	٣٧٨٤
١٩٧٥	١٤١٠	٤٣٢٦
١٩٨٠	١٦٢٦	٤٩٨٩
١٩٨٥	١٨٩٤	٥٨١٣
١٩٩٠	٢٢٣٣	٦٨٥٢
١٩٩٥	٢٦٦٨	٨١٨٧
٢٠٠٠	٣٢٣٥	٩٩٢٦

الجمهورية العربية السورية

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوى في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوى في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	٩٩٧	٣٠٥٩
١٩٧٥	١١٩١	٣٦٥٤
١٩٨٠	١٤٢٦	٤٣٧٦
١٩٨٥	١٧١٢	٥٢٥٢
١٩٩٠	٢٠٥٩	٦٣١٩
١٩٩٥	٢٤٨٣	٧٦١٨
٢٠٠٠	٣٠٠٠	٩٢٠٤

استهلاكات الطلب الزراعي على المياه

دولة الامارات العربية المتحدة

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	٢٩	٩٠
١٩٧٥	٣٤	١٠٥
١٩٧٠	٤٠	١٢٣
١٩٨٥	٤٧	١٤٤
١٩٩٠	٥٥	١٧٠
١٩٩٥	٦٦	٢٠٢
٢٠٠٠	٧٩	٢٤٢

الجمهورية العربية اليمنية

السنة	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد على اساس فدان امريكي / قدم	مجموع الطلب الزراعي السنوي في البلد بملايين الامتار المكعبة
١٩٧٠	٧٦٧	٢٣٥٤
١٩٧٥	٩٠٢	٢٧٨٧
١٩٨٠	١٠٦٢	٣٢٥٨
١٩٨٥	١٢٥١	٣٨٣٩
١٩٩٠	١٤٧٦	٤٥٣٠
١٩٩٥	١٧٤٤	٥٣٥١
٢٠٠٠	٢٠٦٢	٦٣٢٧

الفصل الثاني : طرق ووسائل زيادة فعالية استعمال المياه في القطاع الزراعي

١ - مقدمة :

تعتبر ندرة المياه او توفرها بشكل محدود عائقا رئيسيا في طريق التنمية يواجه ، بدرجات مختلفة ، جميع بلدان غربي آسيا .

ونظرا لاستمرار النمو السكاني والتوسع الصناعي وازدياد التحضر ، لا بد من ان تبرز مشاكل نقص المياه وانتاج الاغذية والتلوث . وما لم تستكشف موارد اضافية من المياه وتتم ادارتها بصورة فعالة ، فقد تواجه المنطقة نقصا خطيرا في المياه في المستقبل غير البعيد .

وطالما ان الزراعة لا تزال المستهلك الرئيسي للمياه في منطقة اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا ، فان مشاكلها تعتبر بالتالي المشاكل الاكثر اهمية والحاحا . فالزراعة لا تزال بالدرجة الرئيسية زراعة بعلية ومع ذلك يمارس الرى في اجزاء كثيرة في المنطقة . وفي بعض البلدان تكون المياه السطحية هي المصدر الرئيسي للرى ، بينما في البلدان الاخرى ، كالمملكة العربية السعودية ودول الخليج والجمهورية العربية اليمنية وجمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية فان المياه الجوفية و /او المياه التي ازيلت ملوحتها تشكل المصدر الرئيسي للرى . وهكذا يقتضي الامر دراسة وتقييم الطرق والوسائل الرامية الى زيادة فعالية استعمال المياه وادارتها ابتداء من منابع المياه حتى جذور النباتات في التربة .

٢ - ادارة المياه السطحية

أ) ضبط المياه في المنبع

ينبغي ان تبدأ ادارة المياه وضبطها من المنبع في منطقة توزيع المياه ، لأن الحفاظ على المياه في هذه المنطقة يعني توفير مخزون كامل منها وتوجيه تدفقها نحو المجارى الاكثر انضباطا . وبالاضافة الى ذلك يقتضي الامر تصنيف مخزونات المياه الجوفية ، واعارة اهتمام اكبر المخزونات الجوفية القليلة الملوحة التي يرجى من استعمالها فائدة عملية .

ب) مصادر المياه الصحراوية

ان معظم مناطق العالم القاحلة وشبه القاحلة هي عبارة عن صحارى واراضي مهملة . وفي كثير من هذه المناطق تهطل عادة كميات لا يستهان بها من الامطار اثناء العواصف العابرة . ويذهب قسم من هذه المياه الى مكامن المياه الجوفية ويضيع القسم الباقي اما عن طريق التبخر واما في السيول القصيرة الاجل . ومن شأن القيام بدراسة هذه الكميات من المياه والحفاظ عليها ان تلعب دورا هاما في النهوض بالزراعة وتربية المواشي ومساعدة البدو الرّحل على الاستيطان في هذه المناطق . ويجرى عادة استعمال هذه الكميات من المياه عن طريق بناء الاحواض الصغيرة وجعل قسم من سطح الارض مانعا لتسرب المياه بغية جمع الفائض منها والاستفادة من اية مياه جوفية متوفرة .

ج) توجيه الفيضانات وضبطها

ان توجيه الفيضانات وضبط شواطئ الانهار يشكل العملية الرئيسية لضبط المياه ، لا سيما وانها تحول دون طوفان مياه الفيضان وتخطيها ضفاف الانهر وغمرها للمناطق المجاورة وتسببها في ضياع كميات قيّمة من المياه وفي تدمير المساحات المزروعة ، مسببة بذلك مزيدا من النقص في المياه وفي المنتجات الزراعية .

ويشكل بناء سدود تخزين المياه ، صغيرة كانت ام كبيرة ، طريقة لا غنى عنها لتحسين ادارة موارد المياه . وستظل كميات هائلة من مياه الفيضانات تصب في البحر ما لم يتم اتخاذ التدابير المناسبة لتخزينها في مكان ما .

د) تخفيض فقدان المياه نتيجة التبخر

ان الفقدان الناتج عن تبخر المياه من الاحواض والبحيرات والمستنقعات والمساحات المائية المكشوفة الاخرى ، يشكل مشكلة حقيقية تستوجب اهتماما خاصا . لذلك فانه من الضرورى ، عند توفر عدة بدائل ، اختيار مواقع السدود بحيث تكون ذات احواض عميقة وتكون احتمالات التبخر منها اقل ما يمكن .

ان وضع طبقة متناهية في الدقة من كحول سيتيل لتغطي سطح الاحواض المائية الكبيرة تستعمل حاليا في بعض البلدان الحارة لتخفيض درجة التبخر السطحي . ويحتاج الامر الى مزيد من البحث لتطوير مركبات كيمائية لصنع غشاء احادى الجزئيات يغطي سطح الماء ويضبط التبخر بينما يسمح بمرور الاوكسجين واشعة الشمس - وكلاهما ضروريان

لعملية التنقية الذاتية الطبيعية ـ وكذلك مياه الامطار . وربما يمكن استعمال هذه الطريقة او ما شابهها في المياه البطيئة الحركة في الاقنية .

ذلك ان كميات المياه المتبخرة في يومنا هذا قد توازي دفق نهر كبير باكمله في البلدان ذات الاحواض الكبيرة المساحة وذات المستنقعات المتناثرة وما شابهها . وبالفعل فان تخفيض هذا الفاقد من المياه يعني استعادة كميات ضخمة من المياه المهدورة . ولا حاجة الى القول بان تقليص مساحات المستنقعات بطريقة التصريف يعتبر الطريقة المباشرة التي يمكن اعتمادها .

٣ - ادارة موارد المياه الجوفية

ان موارد المياه الجوفية قد تفوق كثيرا موارد المياه السطحية . ولا تتعرض الموارد الجوفية لاخطار الحروب او التهدم بسبب الاهمال ، كما انها لا تعاني من مشاكل التبخر . وعندما لا تكون نسبة ملوحة هذه المخزونات مرتفعة ، فان الحاجة تدعو للقيام بمسحها والحيلولة دون تلوثها وملئها بكميات مياه من نوعية ادنى .

ويجب الاستمرار في اعمال الملاحظة والتسجيل ، وعند ذاك يمكن استعمال هذه المياه بفعالية في الزراعة بالكميات المطلوبة وعندما تكون الحاجة اليها ملحّة .

الحدّ من تسرّب المياه

ان المياه التي تتسرب من الاحواض والانهر والقنوات وشبكات التوزيع والترع ، تبلغ عادة كميات كبيرة وتمثل العامل الرئيسي في فقدان المياه بسبب ترشح المياه نحو الطبقات الجوفية .

واذا كان يصعب منع او تخفيض هذا الفاقد من مياه الانهار او الاحواض الكبيرة ، فانه يمكن القيام بذلك في القنوات الاصطناعية وفي شبكات الرى ، وذلك باستعمال القنوات او انابيب الجر الملائمة ، مع اللجوء الى احد طرق ومواد التبطين المتوفرة او اكثر .

ان الاثار المطلوبة والتكاليف المترتبة سوف تملي عادة نوع التبطين الواجب استعماله . ويعتبر التبطين بالخرسانة شائعا جدا اذ انه موثوق للغاية اذا ختمت المفاصل بصورة ملائمة . وحيث لا يتوفر معمل صب اقنية الخرسانة ، يمكن اللجوء الى استعمال مواد بديلة قد تكون اقتصادية لتبطين اقنية المياه . وهي تشمل الاسفلت والطوب او البلاط ، والتربة المتراصة وملاط الاسمنت او التدعيم الشبكي واسمنت الاسبستوس . كما ان تطوير صناعة البلاستيك جعلت من الممكن تبطين القنوات باغشية مانعة لنفاذ الماء .

ويقابل كلفة التبطين تخفيض حجم التراب المنقول ، اذ انه يمكن زيادة سرعة التدفق في الاقنية المبطنة وبالتالي تخفيض مساحة مقطع التدفق عمّا يتطلبه الامر لنقل كمية مكافئة بقناة ترابية . فضلا عن ازالة تنفس الاعشاب وتخفيض كلفة الصيانة وتقليص متطلبات التصريف ، طالما ان تسرب المياه سيكون ضئيلا لا يذكر .

ان كميات ترشح المياه في العمق من منطقة جذور النباتات الى منطقة المياه الجوفية ، او ترشح كميات المياه من قنوات الرى في المزارع ، تبلغ عادة نسبة عالية . ويتجسد ذلك بتدني فعالية الرى في مختلف طرق الرى المتبعة . والمعلوم ان النسبة القصوى لهذه الفعالية لا تتعدى ٧٥ - ٨٠ بالمائة ، في حين ان النسبة الدنيا تصل احيانا الى ٣٠ بالمائة ، اى بمتوسط بتراوح بين ٥٠ - ٦٠ بالمائة حينما تتبع طرق الرى بالدفق الحر .

تخفيض الفقدان الناتج عن التبخر في الحقل

ان التبخر في الحقل امر لا غنى عنه ، اذ انه عن طريق التعرق بالتبخر تتم التغذية من التربة الى مختلف اجزاء النبات . وهذا يعتبر من الاستعمالات الاساسية للمياه . ولكن المياه التي تضيع من سطح التربة في المساحات غير المزروعة ، وفي المناطق المثقلة بالمياه ومن الفائض من مياه الرى ، اذا لم يكن في المستطاع تلافي هذا الفاقد كليا ، فانه يمكن تخفيضه باللجوء الى اساليب جديدة في فرش الارض (تغطية التربة تقليديا بطبقة من الاوراق اليابسة او نشارة الخشب) .

٤ - طرق ووسائل الرى

تتمثل زيادة فعالية استعمال المياه في القدرة على زراعة مساحات اوسع باستعمال نفس كمية المياه . ويمكن ان يتحقق ذلك عن طريق ازالة او تخفيض العوامل التي تؤدى الى فقدان المياه ، والتي تطرقنا اليها آنفا ، داخل المزرعة او خارجها .

وقد اتينا آنفا بصورة عابرة على ذكر بعض التوصيات التي تتسم بصفة الشمول ، فيما يتعلق باحواض المياه ومجارى الانهار والاراضي الصحراوية والاحواض المكشوفة والجوفية . الا ان التوصيات الخاصة باى مشروع للرى وبأى مشروع زراعي ، لا بد وان تكون اكثر تفصيلا في ضوء الطرق والوسائل التي نتطرق اليها فيما يلي :

أ) أنظمة نقل المياه

تحتاج انظمة قنوات الرى الرئيسية والفرعية الى نوع من التبطين من اجل تخفيض نسبة فقدان المياه اثناء عملية النقل ، التي يمكن ان تبلغ نسبة ٤٠ بالمائة من الحجم الاجمالي للمياه . وهذه العملية مكلفة ولا شك ، ولكن يمكن تعويض النفقات كما ورد آنفا

من خلال المنافع التي تنتج عنها ، ولا مناص من اعتمادها حينما تكون هناك حاجة الى الادخار في كميات المياه . وفي حالات النقص الشديد في كميات المياه ينبغي اتباع طريقة نقل المياه بواسطة القنوات المسقوفة ، من اجل القضاء كليا على تسرب المياه وترشحها وتبخرها . ومع ان فقدان المياه نتيجة تبخرها من انظمة التوزيع لا يبلغ عادة سوى نسبة مئوية ضئيلة ، الا ان هذه الكميات تصبح ذات بال حينما تكون هناك حاجة للادخار الى حد اقصى في كميات المياه . اذ ذاك يقتضي الأمر اعتماد الطرق المذكورة آنفا ابتداء من قناة الرى الرئيسية وصولا الى وسط المزارع .

ب) نظام صرف المياه

من المتناقضات ان الرى السليم يفترض التصريف السليم . اذ تستعمل المياه عادة بصورة فائضة عن استهلاك النبات . ومرد ذلك جزئيا الى الفائض المتعمد من اجل غسل الارض من الاملاح الضارة الموجودة في المياه تحت منطقة الجذور . لذا يحتاج الأمر الى التصريف بغية ازالة المياه غير المرغوبة وذلك من اجل الحفاظ على تركيب التربة والتهوية .

ينبغي اعتماد التصريف الجوفي بكل تفاصيله وصولا الى اقنية التصريف في الحقول من اجل تخفيض موقع المياه الجوفية وازالة الارتفاع الشعرى للمياه وما ينتج عنه من فقدان المياه نتيجة التبخر ، وما يستتبع ذلك من المياه المتسربة التي يمكن ادخارها عن طريق تخفيض منسوب المياه الجوفية الى حد كاف وفق بنية التربة . وبقدر ما يكون الثقل النوعي للتربة كبيرا بقدر ما يفترض ان تكون المياه الجوفية عميقة .

ج) نظام الرى

ينبغي ان تصب مياه الرى في اقرب مسافة ممكنة من منطقة جذور النباتات . ويجب ان يكون معدل الرى دائما ادنى من معدل امتصاص التربة ، لضمان عدم تشبع سطح التربة بالمياه الى درجة التخمة ، وبالتالي تخفيض فقدان المياه نتيجة التبخر اثناء فترة الرى ، والحيلولة دون تشبع منطقة جذور النباتات ، الأمر الذى ينطوى على عواقب وخيمة بالنسبة للنباتات . وحتى ان توزيع المياه على مساحات التربة له اهمية كبيرة بالنسبة لضمان انتشار المياه وزيادة فعالية عملية الرى . ويمكن القيام بذلك اذا كانت طريقة الرى المعتمدة فعالة او ما اذا كان الرى يتم بطريقة الدفق الحر ويجرى وفقا لشكل سطح التربة . وفي العادة يشكل تمهيد التربة وتسويتها العامل الفعال الذى لا يحظى باى اهتمام على الاطلاق ، في حين انه قد يكون اكثر العوامل اهمية .

د) توقيت الرى وكميته

تدعو الحاجة الى القيام برى التربة حينما تكون نسبة مئوية معينة من المياه الموجودة فيها قد نضبت ، اى ما يتراوح بين ٥٠ و ٧٥ بالمائة . حينئذ يجب ان تكون كمية مياه الرى موازية لكمية المياه التي استهلكت ، بمعنى ان تضاف المياه بمعدل وسطي كاف لكي تبلغ جذور النباتات وتكون كافية لحاجة الحقل ، مع زيادة نسبة اضافية لاعتبارات الترشح . وتتقرر هذه الزيادة في ضوء مقدار تحمل النباتات لكثافة الملوحة ولكمية الاملاح التي تحتويها مياه الرى .

وبالطبع فان الفترة الممتدة بين عملية رى واخرى ، تتوقف على كمية المياه التي تحتاجها النباتات ، كما تتوقف على معدل التبخر بالتعرق الذى يتوقف بدوره على طبيعة النبات وطبيعة المناخ . وهكذا فان هذه القضية تعتبر قضية معقدة ولا بد من وضع مقياس عملي بالنسبة لكل مناخ ولكل نوع من النباتات ووضع جدول زمني خاص بكل منهما يحدد اوقات الرى وكمية المياه الضرورية اثناء موسم الرى بالنسبة لكل نوع من النباتات . وعلى الرغم من ازدياد الابحاث في علاقات النبات ـ الماء وتراسل الماء ـ المردود ، ليس لدينا حتى الآن صيغة او مجموعة من الصيغ العالمية لحساب استعمال المحصول ـ الماء . وغالبا ما تكون الخبرة والتجربة المباشرة هي الطرق الوحيدة المتوفرة .

هـ) طرق الرى

هنالك عدة جوانب لكفاءة الرى تعتمد على عدد مقابل من العوامل . وليس اقلها شأنا الطريقة المستخدمة لتوزيع المياه على مساحات من الاراضي المزروعة . وهنالك ثلاث طرق رئيسية وهي : الرى السطحي ، بالغمر او بالتوزيع بواسطة الاقلام ؛ والرى الباطني ، اما باستغلال التدفق الطبيعي دون سطح التربة او باستعمال انابيب مسامية او مفتوحة المفاصل تحت سطح التربة ؛ والرى المعلّق ، بالرش او التنقيط وغيرها .

(١) الرى السطحي (الرى بطريقة التدفق الحر)

ان الرى السطحي بالغمر هو من اقدم الطرق المعروفة في الرى وهي لا تزال سائدة في مناطق السهول . وتعتمد هذه الطريقة اساليب الرى من الاطراف او بالقطاعات او بواسطة الاقلام او الاحواض . ويتوقف معظم هذه الطرق والاساليب على حسن تمهيد التربة واعدادها وتكون فعالية الاستعمال منخفضة عادة . وحين تكون الارض منبسطة وتغمر المياه بالتالي مساحات واسعة هنالك فقدان مفرط في المياه سواء بالتبخر او بالترشح العميق ، وحين

لا تكون الارض منبسطة ، فان الصرف السطحي يكون مفرطا . ولا يمكن تحقيق فعالية اكبر في طريقة الرى هذه الا عن طريق الملاحظة وازالة العوامل المؤدية الى فقدان المياه .

(٢) الرى الباطني

(٢ - ١) الرى الباطني الطبيعي *

ويدعى كذلك لأن الظروف التي تجعله ممكنا هي ظروف جيولوجية وطوبوغرافية . وهي ارض شبه مستوية وتربة سطحية عميقة على درجة عالية من النفاذ الافقي تحتضنها على عمق ٢ - ٧ امتار طبقة دانمة للنفاذ .

وبما ان كل حركة المياه في عملية تزويد النبات هي نحو الاعلى ابتداء من منسوب طبقة المياه ، هنالك ايضا حركة نحو الاعلى من الاملاح غير المرغوبة داخل التربة . وفي المناخ الجاف حيث لا تهطل الامطار الى حد كاف لمعاكسة هذا الاثر هنالك خطر تراكم الاملاح الضارة قريبا من سطح التربة او على سطحها بالذات .

(٢ - ٢) الرى الباطني الاصطناعي

وهو يستدعي استخدام شبكة من الانابيب المثقوبة المدفونة تحت سطح الأرض . وتكون هذه الشبكات باهظة التكاليف عادة وقلّما يمكن تبريرها اقتصاديا الا عند زراعة المحاصيل المرتفعة الثمن وحينما تكون ظروف التربة مثالية تمنع الترشح دون منطقة الجذور وفي الوقت نفسه تسمح بحركة افقية حرة للمياه وتشجع الحركة نحو الاعلى بفعل الامتصاص الشعري .

(٣) الرى المعلّق

(٣ - ١) الرى بطريقة الرش

وهو ، تحت ظروف معينة ، اكثر كفاءة من الرى السطحي او الرى الباطني . ومن بين العوامل التي تؤيد استعماله درجة النفاذ العالية في التربة (مما يجعل توزيع المياه بصورة متساوية بالطرق الاخرى امرا صعبا) ، ووجود ميل غير ملائم للتدفق السطحي ، والحاجة الى درجة عالية من كفاءة الاستعمال بسبب نقص عام في توفر المياه . وقد تبلغ الفعالية القصوى لهذه الطريقة حوالي ٧٥ بالمائة . ومن الامور التي تحد من فعاليتها هي الخسارة العالية

---

* Bruce Withers & Stanley Vipend; Irrigation design and practice, p. 47.

بسبب الرياح ووجود كميات من الاملاح في مياه الرى . وقد يكون هذا الامر عاملا حاسما ، لا سيما ان بعض المزروعات تتسم بحساسية بالغة ازاء الاملاح التي تتراكم على اوراقها .

وفي المناخ المعتدل والرطب لا يختلف فقدان الماء بالتبخر الناتج عن الرش اختلافا كبيرا عن الفقدان في طريقة الرى السطحي ، ولكن في المناخ الحار الجاف يبلغ فاقد الماء نسبة مفرطة اثناء شهور الصيف وعندئذ ينصح فقط باستعمال الرى اثناء الليل .

(٣ - ٢) الرى بطريقة النش

على الرغم من ان الرى بطريقة النش او التنقيل قد استقر منذ امد بعيد كطريقة لرى المحاصيل في البيوت الزجاجية ، فان هذه الطريقة لم تتطور الا حديثا لاستعمالها في الحقل .

ان الفائدة الرئيسية من الرى بالنش ، بالمقارنة مع انماط الرى الاخرى ، هي الغسل الممتاز لاستعمال المياه . اذ تستعمل المياه يوميا بمعدل اقرب ما يكون الى معدل استهلاك النبات للماء . ويكون التبخر من سطح التربة ضئيلا الى الحد الادنى كما يمكن تفادى الترشح العميق كليا تقريبا .

اما العامل الذى يحظر استخدامها فهو ارتفاع التكاليف وبعض مشاكل التدفق التي لا يمكن التغلب عليها بسهولة ، واقتصار استعمالها على البساتين والمزارع ذات النباتات المستقلة . وهي غير ملائمة لزراعة الحبوب وما شابهها من المحاصيل .

٥ - هطول الامطار

مع ان هطول الامطار هو عملية طبيعية ، فقد احرز تقدم كبير لايجاد مزروعات بعلية في المناطق التي يقل فيها هطول الامطار . وهذا ما يدعو للقيام بالابحاث العلمية لضمان مستوى مقبول من الانتاج في سنوات الشح بالامطار ، كما يستوجب الامر توفير موارد للرى في الحالات الطارئة من المياه الجوفية او استكشاف الينابيع المجاورة من اجل تشجيع هذه العملية وزيادة مردودها .

هذا ، وبما ان غالبية التربة المروية بمياه الامطار ليست شديدة الملوحة ، فان كمية لا بأس بها من المياه التي تسربت الى المياه الجوفية يمكن استعادتها لحالات الرى الطارئة او لاى استخدام آخر .

٦ - مزج المياه المالحة ومياه المجارى .

قامت بعض البلدان بتطوير طرق الزراعة (الرى) بواسطة المياه ذات النسبة العالية من الملوحة اما بصورة مباشرة او بعد تخفيف ملوحتها باضافة كميات من المياه ذات النوعية الجيدة اليها . ويمكن لهذه الطريقة ان تكون ذات نتائج مبشّرة بالخير اذا ما احسن استعمالها . وهي تعني بالتأكيد زيادة المساحات المزروعة عن طريق استعمال المياه التي لا يرجى منها نفع في الاساس . الا ان هذه الطريقة تحتم الاعتناء عناية كبيرة بالتربة للحيلولة دون تدهور حالة بنيتها .

وتمكن هذه الطريقة من اعادة استعمال مياه التصريف بالاضافة الى المياه الجوفية التي تتميز بنسبة معقولة من الملوحة . ولكن الامر يحتاج الى التعمق في البحث اما لتعديل متطلبات المحاصيل نفسها بحيث يمكن رفع نسبة الناتج الى التمرق او لتطوير انواع من النباتات تتقبل المياه المالحة .

٧ - عملية ازالة الملوحة

ومهما كانت الطريقة المعتمدة لازالة او تخفيف ملوحة المياه ، فان كلفة هذه العملية لا تزال حتى الآن مرتفعة لدرجة لا تبرر استعمالها في الزراعة على اى مستوى معقول اقتصاديا . ولكن بعض دواعي الاعتزيز القومي قد تملي احيانا استعمالها في بعض الحالات الاستثنائية .

وفي بعض المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، يمكن ان يكون استخدام الطاقة الشمسية مساعدا على بلوغ هذا الهدف . واذا ما تم تطوير هذه الطريقة بحيث تبلغ مستوى مقبولا ، فانها يمكن ان تقدم حلا جزئيا لعدد من البلدان .

٨ - التقييم الاقتصـــــادى .

ان الموارد المائية في اى بلد هي جزء من ثروته وثروة المنطقة ككل . اذ ان الانماء الاقتصادى للدول الاعضاء في منطقة اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا هو في واقع الامر وثيق الارتباط بالموارد المائية المخطط بحكمة والمستعملة بفعالية ، اذا لم نقل كثير الاعتماد عليها ، اذ انه خلافا لمعظم الثروات الرئيسية التي يمكن الحفاظ عليها واستغلالها كلما اقتضى الامر ، فان الموارد المائية تستنفد ولا يمكن تعويضها . كما ينبغي دائما تقييم كلفة المياه ، بالاضافة الى كلفة ايصالها الى المزارع ، واعتبارها جزءا من الانتاج الزراعي .

ويفترض في اية دراسة اقتصادية مقارنة عن اى انتاج زراعي ان تتناول كمية الانتاج بالوحدة المائية كعامل اساسي . ومن شأن ذلك ان يؤدى في النهاية الى نتائج اكثر واقعية سواء بالنسبة للقيمة الحقيقية للمياه في الاقتصاد القومي او بالنسبة للسياسة العالمية للحفاظ على المياه .

٩ - نظرة مستقبلية

في ضوء زيادة فقدان كميات المياه على مختلف مراحل التخزين والنقل وكذلك في ضوء الفعالية الحالية المتدنية لغالبية انظمة وطرق الرى ، فان اى تقليص محتمل لهذا الفقدان يمكن ان يؤدى الى مضاعفة فعالية استخدام المياه ، مع ما يستتبع ذلك من تحسين وتوسيع لاستعمالات المياه على صعيدى الاستعمال المنزلي والاستعمال الزراعي .

الفصل الثالث : الاستعمالات المتعددة للمياه - هل تحققت ؟

"يعقد مهرجان فريد من نوعه كل حزيران /يونيه في سانتيه ، كاليفورنيا . وهو يشتمل على استعراض طويل مفعم بالالوان صباح يوم السبت يبدأ من المركز التجاري ، وينتهي في بحيرات الترفيه التابعة للمدينة . وفيما يتبقى من عطلة نهاية الاسبوع يحتفل لا اقل من عشرة آلاف شخص بانشاء البحيرات الاصطناعية الجميلة الثمانية المنتشرة على امتداد ميل تقريبا . وفي " مهرجان البحيرات " هذا يقوم الناس بصيد السمك وتناول الطعام في الهواء الطلق وركوب القوارب والسباحة دون اعارة اية اهمية الى ان كل قطرة تقريبا من الماء تأتي من شبكة مياه المجاري البلدية في سانتيه "(١١) .

ان اعادة استعمال المياه الهالكة امر لا مفر منه ، ناهيك عن انه منطقي . فالانفجار السكاني والنمو السريع في القطاعات الصناعية والزراعية يزيد الى حد كبير من الطلب على موارد المياه المتوفرة . لذا فان عادة استعمال المياه من شأنها زيادة كمية المياه وتخفيف حدة مشكلة التلوث .

ان مفهوم اعادة استعمال المياه ليس مفهوما جديدا . اذ نجد لها سوابق في الولايات المتحدة الامريكية وجنوب افريقيا واوروبا . وفي حقيقة الامر فاننا جميعا نشرب المياه التي دارت آلاف المرات عبر الدورة الهيدرولوجية : الجو ، المطر ، الجداول ، المحيط ، البخار ثم الجو .

ان العقبات الرئيسية التي تعترض سبيل القبول الاوسع للمياه المعالجة هي عوائق اقتصادية ونفسية . ويمكن التغلب على " التلكؤ" النفسي بالاشارة الى تاريخ بعض الحالات . لذا فان مسألة قبول مجتمع ما لاستعمال المياه العذبة وتكاليفها ، وتكاليف ازالة الملوحة ، والامكانية العملية لاستغلال الموارد غير التقليدية ، كتعديل الطقس وزيادة معدل الهطول .

وتقتصر المعالجة على المياه الهالكة المنزلية والصناعية فقط . ويعتمد نوع ومدى المعالجة على الاستعمال النهائي للمياه .

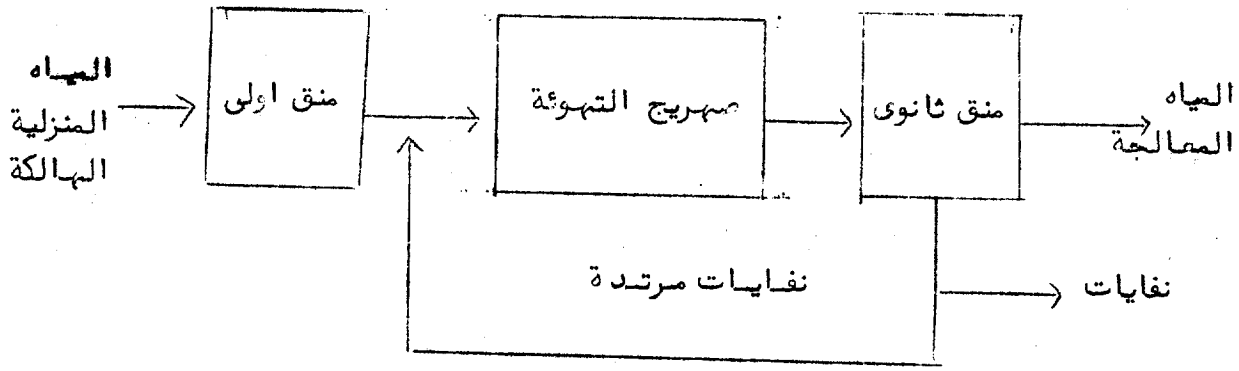
وبصفة عامة هنالك ثلاثة انماط رئيسية من المعالجة : الاولية ، والثانوية ، والثالثة (المتقدمة).

وتتألف المعالجة الاولية من ازالة الجوامد المعلقة من مياه المجاري بعملية الترسب البسيط (الترسب بالجاذبية) . ويترسب حوالي ٤٠ بالمائة من الجوامد المعلقة من السائل الاولي . ومما يساعد عادة في عملية الترسب اضافة بعض انواع المواد الكيميائية العضوية او غير العضوية ، المعروفة باسم المخثرات . ان وظيفة هذه المواد الكيميائية

هي تكوين اجزاء كبيرة الحجم من الذرات المعلقة ، وبالتالي تسهيل ترسبها . وباستعمال هذا الاسلوب يمكن ان تبلغ نسبة الجوامد المعلقة المزالة ٧٠ بالمائة .

وترمي المعالجة الثانوية الى ازالة المواد العضوية القابلة للاذابة باستعمال انواع شتى من الكائنات المجهورية ، واهمها البكتيريا . ويمكن القيام بذلك باللجوء الى عدة طرق . ولكن من اكثرها شيوعا هي عملية تحريض البكتيريا المستخدمة منذ اكثر من ٧٠ سنة .

وتتألف عملية تحريض البكتيريا من مزج مياه المجارى الاولية والبكتيريا في حوض مهتز بوجود الاوكسجين . وخلال اربع الى ست ساعات فان المواد العضوية القابلة للذوبان تستهلك من قبل البكتيريا ويستعمل جزء من المواد العضوية المستهلكة في انتاج خلايا جديدة . وتتم اكسدة الجزء الباقي الى ثاني اوكسيد الفحم والماء . ومن ثم تتدفق مياه المجارى المعالجة الى حوض ترسيب تتجمع فيه المواد الصلبة وتترسب . ويكون الراسب غنيا بالخلايا البكتريولوجية الفعالة . ويعود معظمه الى خزان التهوئة لمتابعة تشغيل العملية ، ويضخ الباقي الى النفايات او الى معالجة لاحقة . والشكل (هو رسم بياني مبسط لعملية تحريض البكتيريا) .



الرسم ١ . عملية تحريض البكتيريا

ان المعالجة المتقدمة او الثالثة هي عملية تحسين لمياه المجارى الثانوية . والهدف هو رفع مستوى التنقية بضعة درجات مئوية اضافية . ومع ذلك فان كسب هذه النقاط القليلة قد يكون باهظ التكاليف للغاية لانه ليست هنالك عملية واحدة يمكنها بلوغ هذا الهدف . بل ان الامر يقتضي القيام بسلسلة من العمليات المتتابعة يتناول كل منها نوع او اكثر من الشوائب .

وتتألف الشوائب في مياه المجارى الثانوية من : جوامد معلقة ، مغذيات النبات (معظمهم من الفوسفات) ، ومواد عضوية غير قابلة للتفكك البيولوجي (مقاومة للذوبان) ، واملاح غير عضوية ، وخلايا كائنات مجهرية (معظمها من البكتيريا) . وعلى وجه الاجمال فان تركزها في هذه المياه لا يتجاوز ١ ر . بالمائة (الف ميلغرام /ليتر) . ومع ذلك فان ازالتها ليست سهلة كما ذكر .

يظهر لنا الجدول رقم ١ المستوى المطلوب من المعالجة للاستجابة الى بعض الاستعمالات .

يظهر لنا الجدول رقم ٢ تكاليف معالجة المياه الهالكة لمختلف الاغراض (تكاليف ١٩٦٨ - الولايات المتحدة الامريكية) .

اعادة استعمال المياه لاغراض خاصة

باستثناء الاغراض المنزلية ، فان اعادة استعمال المياه الهالكة لا تتطلب غالبا معالجة مفرطة . ومن بين الاغراض الخاصة التي يمكن من اجلها استعمال المياه الهالكة هي حقن المياه الجوفية ، والاغراض الترفيهية ، وضبط تدخل مياه البحر .

وقد تم استعمال كل من المياه الهالكة المعالجة وغير المعالجة لحقن مكامن المياه الجوفية . غير انه اذا لم تعالج المياه الهالكة بصورة ملائمة فانها قد تهدد بالخطر نوعية الطبقات المائية . فقد لوحظ في بعض المواقع تراكم الشوارد المعدنية المحلولة لا سيما شوارد النترات . فاذا زادت نسبة النترات في الماء على ٤٥ ميلغرام /ليتر فانها قد تسبب اصابات مميتة بين الاطفال . ولهذا السبب يجب عدم القيام بعمليات حقن المياه الجوفية على نطاق واسع حتى في الاماكن التي تكون فيها التشكلات الجيولوجية ملائمة ، ما لم تتم ازالة الشوارد المذابة . وهذا الأمر ضرورى لا سيما اذا كانت المياه الجوفية سوف تستخدم للاغراض البلدية .

ان حقن المياه الجوفية كوسيلة لزيادة كميات المياه تعتبر عملية اقتصادية طالما انها اقل تكلفة من اية عملية اخرى بديلة لتزويد المياه .

ويحتوى الجدول رقم ٣ على نفقات الحقن الاصطناعي في بلدان مختارة .

الجدول رقم ١ . عمليات المعالجة المقترحة لتلبية المعايير الصحية المقررة لاعادة استعمال المياه المعالجة

	الـــــرى		الـــترفيـــه		اعـادة الاستعمال الصناعـي	اعادة الاستعمال البلدى	
	المحاصيل غير الممدة للاستهلاك البشرى المباشر	المحاصيل المأكولة مطبوخة ، تربية الاسماك	المحاصيل المأكولة نيئة	دون اتصال	اتصال		غير صالحة	صالحة
المعايير الصحية (انظر أ + و ادناه لشرح الرموز)		ب + و او د + و	د + و	ب	د + ز	ج او د	ج	هـ
المعالجة الاولية	***	***	***	***	***	***	***	***
المعالجة الثانوية		***	***	***	***	***	***	***
التنقية بالرمل او بالرق		*	*		***	*	***	**
مكافئة						*		***
ادخال الازوت						*		**
ازالة الازوت						*		**
التنقية الكيميائية						*		**
امتصاص الفحم						*		**
تبادل الشوارد او الطرق الاخرى لازالتها						*		***
التلهير		*	***	*	***	*	***	***

المعايير الصحية :
أ ـ الخلو من الجراثيم الكبيرة : ازالة القسم الاكبر من بيوض الطفيليات .
ب ـ كما في أ ، اضافة الى ازالة القسم الاكبر من البكتيريا .
ج ـ كما في أ ، اضافة الى ازالة اكثر فعالية للبكتيريا ، اضافة الى ازالة بعض الفيروسات .
د ـ لا اكثر من ١٠٠ جزيء كاليفورم في كل ١٠٠ مليليتر في ٨٠٪ من العينات .
هـ ـ لا حدود لكاليفورم في ١٠٠ مليلتر ، ولا ذرات فيروس في ١٠٠٠ مليلتر ، ولا اثار سيّئة على الانسان ، وغيرها من معايير مياه الشرب .
و ـ لا كيميائيات تؤدى الى ترسبات غير مرغوبة في المحاصيل او السمك .
ز ـ لا كيميائيات تؤدى الى تهيج الاغشية المخاطية والجلد .

من اجل تلبية المعايير الصحية المقررة ، فان العمليات المشار اليها بعلامة *** تكون اساسية . وفضلا عن ذلك فان عملية او اكثر من المشار اليها بعلامة ** تكون ايضا اساسية ، وقد تكون احيانا العمليات المشار اليها بعلامة * مطلوبة . يطلق الكلورين بعد ساعة .

الجدول رقم ٢ . تقديرات تكاليف معالجة المياه الهالكة

تسلسل المعالجة	التكاليف الرأسمالية المتراكمة المقدرة		تكاليف التشغيل المتراكمة المقدرة		تطبيقات اعادة الاستعمال
	١٥ مليون غالون يوميا	١٠٠ مليون غالون يوميا	١٥ مليون غالون يوميا	١ مليون غالون يوميا	
	(ملايين الدولارات)		(سنت / ١٠٠٠ غالون)		
المياه الهالكة الخام	صفر	صفر	صفر	صفر	لا شيء - عالي التلويث
المعالجة الاولية	٢ ر ٢	٥ ر ٩	٢ ر ٥	٥ ر ٣	ضبل جزئي للتلوث - لا اعادة استعمال ممكن
المعالجة الثانوية	٥ ر ٤	٢٠	١١	٣ ر ٨	ضبل تقليدي للتلوث ، رى المحاصيل غير الغذائية
التخثر - الترسب	١ ر ٥	٢٤	١٥	١٩	ضبل محسّن للتلوث ، تزويد مياه الرى العام ، تزويد المياه منخفضة النوعية للصناعة ، تزويد المياه للاغراض الترفيهية ، حقن قصير الامد لطبقات المياه الجوفية .
امتزاز الفحم	٣ ر ٧	٣٠	٢٣	١٧	ضبل كامل للتلوث العضوى ، تزويد المياه عالية النوعية للرى ، تزويد المياه جيدة النوعية للصناعة ، تزويد المياه التي تلامس الجسم في الاغراض الترفيهية ، حقن طويل الامد لطبقات المياه الجوفية .
الديلزة الكهربائية	١١	٤٧	٣٧	٢٦	ضبل كامل للتلوث العضوى / غير العضوى ، تزويد المياه عالية النوعية للصناعة ، حقن غير محدد لطبقات المياه الجوفية .
- تصريف المياه المالحة	٢٥	٧٧	٥٣	٣٣	
التطهير	٢٥	٧٧	٥٤	٣٤	ضبل مطلق للتلوث ، تزويد مياه الشرب .

الجدول رقم ٣ . نفقات الحقن الاصطناعي

(دولار ١٩٧١ لكل ١٠٠٠ متر مكعب)

المنطقة ووصفها	النفقات الرأسمالية	نفقات التشغيل والصيانة	المجموع	النوع	الملاحظات
فرنسا					
منطقة كرواسي ، مستودع لباشيري ، انتشار سنوي ، ١١٠٠٠ م٣			٦٠ر٠٠	انتشار	
جمهورية المانيا الاتحادية					
١ . منطقة دورتموند ، مستودعات لمي ، انتشار سنوي ، ٥٠٠ر٠٠٠ م٣			٣٠ - ٤٠	انتشار	تعزى الكلفة العالية بصورة رئيسية الى المعالجة
٢ . منطقة دوسلدورف ، مستودعات لمي ، انتشار سنوي ، ٦٠ - ٧٠ مليون م٣			١٢٠ر٠٠	انتشار	خط ترشيح جانبي من النهر
٣ . فرانكفورت ، مستودعات لمي			١٠ر٠٠	حقن	
اليابان					
تكوين غير مدمج ، اختبار حقن ، تمثل نفقات الموجودات الثابتة البالغة ٩٧٣٥٣ دولار تكاليف تشغيل السنة الاولى لحقن ١٩٤٧١٧٥ م٣ من شهر تشرين الثاني / نوفمبر ١٩٦١ الى شهر ايلول / سبتمبر ١٩٦٢ :			١٩ر٠٠	حقن	
سويسرا					
منطقة بازل ، تكوين لمي			٢٥ر٠٠	انتشار	

(يتبع)

الجدول رقم ٣ ٠ (تابع)

المنطقة ووصفها	النفقات الرأسمالية	نفقات التشغيل والصيانة	المجموع	النوع	الملاحظات
الولايات المتحدة الامريكية					
منطقة لوس انجلوس : انتشار في تكوين غير مدمج ، حقن في تكوين غير مدمج محصور .					
١٠ الصرف السطحي للامطار المحلية ، وضعت التكاليف على اساس سبعة مواقع انتشار ، مجموع ٠٠٠ ٤٩٢ ٦٨٣ م٣	٤ر١٦	٦ر٢٥	١٠ر٤١	انتشار	
٢٠ وخمس احواض انتشار وضعت التكاليف على اساس ٥٠٨ ٧٩٦ ٩٨ م٣ من الانتشار	٧ر٥٢	٧ر١٨	١٤ر٧٠	انتشار	
٣٠ مياه نهر كولورادو المستوردة وغير المعالجة ، وضعت التكاليف على اساس ٠٠٠ ١٠١ ٤٧٢ ١ م٣ من الانتشار الاجمالي .	٠ر٧٨	٠ر٧٨	٠ر٧٨	انتشار	استعمال المرافق القائمة التي استخدمت لانتشار الصرف السطحي للامطار المحلية ولذلك فان نفقات التشغيل والصيانة فقط تعزى الى الانتشار ولا تشمل كلفة الماء التي بلغت حسب اسعار ١٩٦٩ ١٦ر٢١ دولار لكل الف متر مكعب .
٤٠ مشروع سد حوض الشاطئ الغربي ، حوالى ٠٠٠ ٠٠٠ ٥٥ م٣ تحقن سنويا . يبلغ مجموع تكاليف الاصول الثابتة حوالى ٠٠٠ ٠٠٠ ٧	٥ر٨٧	٧ر٤٩	١٣ر٣٦	حقن	لا يشمل كلفة الماء التي بلغت حسب اسعار ١٩٦٩ ، ٢٠ر٢٦ دولار لكل الف متر مكعب .

لقد تم استعمال المياه المعالجة بنجاح في تخفيض او منع مياه البحار او المحيطات من النفوذ الى الطبقات المائية الجوفية . اذ يتم عادة ضخ المياه المعالجة الى آبار الحقن الموجودة الى الجانب البحري من مكامن المياه الجوفية . فالمياه التي تحقن تكون بمثابة حاجز مائي يدرأ تدخل المياه المالحة الى الطبقة المائية . كما ان حركة المياه داخل الطبقة المائية بالذات تمزج تدفق مياه الحقن مع الجزء الرئيسي من المياه ، وبالتالي تحول دون تجمع المواد المعدنية . ومهما يكن من امر فانه يجب اتخاذ الاحتياطات الكافية من اجل الحفاظ على كون معدل السحب مساوى او اقل من معدل الحقن .

وقد تم استعمال مياه المجارى المعالجة الثانوية في البحيرات الترفيهية وأحواض السباحة . ويمكن تبرير هذه المرافق اقتصاديا واجتماعيا حينما تكون موارد المياه التقليدية نادرة الوجود . وابلغ مثال على ذلك بحيرات سانتيه المذكورة اعلاه .

اعادة استعمال المياه في الزراعة

ان اوسع تطبيق لاعادة استعمال المياه المعالجة هو في مجال الزراعة .

ان الاسباب الرئيسية لجعل الرى بواسطة مياه المجارى جذابا هي :

(أ) توفر الاراضي الرخيصة الثمن لأن الأمر يحتاج الى مساحة كبيرة .
(ب) لا يمكن تصريف مياه المجارى الى مياه الجداول اما لأن الجداول اصغر من ان تحتوى حجم مياه المجارى او لأنها جافة خلال فترة طويلة من الزمن كل سنة .
(ج) هنالك حاجة ملحة الى رى المحاصيل .
(د) هنالك امكانية الاستفادة من مبيعات الحصول .

ان التربة الرملية تعتبر تربة مثالية لخطط الرى الناجحة . كما ان معدل الهطول المنخفض هو فائدة اضافية لأن التربة تمتص كميات كبيرة نسبيا من المياه . وفي معظم الحالات تخضع مياه المجارى الى معالجة اولية قبل استعمالها في الاراضي . ويستعمل الرى بمياه المجارى بصورة متقطعة اذ تروى الارض بدفعة من المياه حتى تتشبع التربة بالمياه ، ويغير مجرى التدفق الى دفعة اخرى من الارض بينما تجف التربة الرطبة .

ان الطريقة الشائعة للرى هي الرى بالاثلام التي تغذيها ترع رئيسية يضبطها سد ترابي صغير ، وتنمو المحاصيل على الاقسام المرتفعة بين الاثلام .

وقد بدأ يشيع استعمال الري بواسطة الرش ، ولا سيما بالنسبة لنفايات معامل الالبان والتعليب . وهنالك عدة طرق لرش مياه المجاري . اذ يمكن القيام بذلك بواسطة شبكات توزيع او بواسطة خزان يوضع على شاحنة مع مضخة وفوهة مرتبطة به .

ولا تعتبر مشاكل الرائحة نادرة الوقوع . ويصح ذلك خاصة حينما تغرق التربة بدفعة كبيرة من المياه .

اعادة استعمال المياه في الصناعة

ان اعادة استعمال مياه البريد في العمليات الصناعية كان حتى الان من اكثر الممرسات شيوعا وقبولا .

فقد اعيد استعمال المياه الهالكة البلدية من قبل الصناعة ، ولكن بكميات صغيرة نسبيا . كما ان اعادة استعمال مياه المجاري الثانوية التي خضعت لمعالجة متقدمة يعتبر باهظا للغاية بالمقارنة مع الموارد الطبيعية للمياه .

اعادة استعمال المياه لاغراض عامة

ان اعظم امكانية لاعادة استعمال مياه المجاري هي في تزويد المياه العامة بما في ذلك مياه الشرب . والهمّ الرئيسي في هذا الصدد هو وجود المواد السامّة او البكتيريا والفيروس .

ان قبول الجمهور لمفهوم اعادة استعمال مياه المجاري للاغراض المنزلية لم يحصل بعد كما اشير فيما سبق . ومع ذلك فان الامكانية لا تزال موجودة ولا سيما في بعض مجالات تزويد المياه في الحالات الحرجة او في الحالات الطارئة . ولكن يلاحظ بصفة عامة ان الحاجة الى المياه المستصلحة من اجل الاغراض المنزلية لسيت حاجة حادة بعد .

الفصل الرابع : امكانات التكنولوجيا وحدودها بشأن زيادة استعمال المياه

اولا - مقدمة

تعتبر المياه في المناطق القاحلة او شبه القاحلة بصفة خاصة ،اكثر مما هو الحال في مناطق اخرى ،عنصرا حيويا لحياة الانسان والحيوان والنبات . اذ لم تستمر الحياة البشرية في هذه المناطق الا بفضل الصراع المستمر ضد شح الطبيعة ،اى معدل منخفض لهطول الامطار ومعدل مرتفع من الحرارة والجفاف . اذ ان هطول الامطار نادرا ومحليا وغير منتظم وغالبا ما يكون عارما . كما ان الاراضي قلما تغطيها النباتات ، فضلا عن ان التربة ضحلة ودرجة رطوبتها متقلبة . وتتأثر الظروف المعيشية في هذه المناطب الى حد كبير بسلوك الانسان ازاء البيئة العمرانية ،وحسن او سوء استعماله للموارد الطبيعية . فالاهمال من جانبه عند القيام بتحسين او ضبط الشروط الملابسة التي قد تكون لصالحه قد يؤدى بسهولة الى تدهور البيئة وسرعة التعرية وغيرها .

ان المناطق القاحلة في العالم لا تتخلف عن الاتجاهات العالمية الاخيرة كالنمو السريع في التصنيع والتركيز المالي لسكان الحضر وتوسع المناطق المأهولة ،مما أدى الى زيادة حدة نقص المياه والارتفاع الكبير في الطلب على المياه .

ان الشروط المسبقة الضرورية من اجل ايجاد حل مرض لهذه المشاكل هي التقييم المتكامل لامكانات المياه حاليا واعادة النظر في استعمالها الامثل . ففي الوقت الذى يتحدى فيه العلماء الاقاق التقليدية لاستعمال المياه ، فانهم يدعون الى تفحص الوجوه المختلفة لادارة المياه في ضوء جديد . وفي هذا الصدد نجدهم عاكفين على بحث التوزيع الملائم للمياه بين مختلف القطاعات الاقتصادية ،ووظيفة مختلف الاغطية النباتية ، واهمية الاحتياجات الصناعية بالمقارنة مع الاحتياجات الزراعية . فالعوائق التي تعترض سبيل استعمال المياه على درجة عالية من الفعالية ،والتي اشرنا اليها فيما سبق ، تشمل البطء في ترجمة النتائج العلمية الى تدابير عملية على صعيد التشغيل ، ونقص عمليات المسح الشامل ، وحقوق الملكية التقليدية ،والسيطرة السياسية والمواقف الاجتماعية .

ومن الواضح ان النجاح المأمول في زيادة الفائدة الكمّية والنوعية للمياه يعتمد الى حد كبير على العبقرية في استكشاف طرائق وتكنولوجيات جديدة ومحسنة تتراوح بين الابداعات الجذرية في استكشاف موارد جديدة للمياه والتطبيق الدقيق للمبادئ التي اكتشفت منذ قرون عدة . ان الحاجة الى التكنولوجيا تختلف من اقليم الى آخر ولا بد من تقييمها حسب الملامح المحددة لكل من الاوضاع الفردية والمحلية . وقد تبرر بعض الحالات قيام المشاريع الكبرى الكثيفة برأس المال ، بينما قد يكون في معظم الاحيان لتحسين تكنولوجي بسيط في استغلال المياه او الحفاظ عليها نتائج محلية فورية . ولكن من الجدير بالذكر ان

التكنولوجيا وحدها ليست هي العصا السحرية التي ستحل جميع مشاكل المياه التي نواجهها اليوم في المناطق القاحلة وشبه القاحلة . فالتطبيق المحلي للتكنولوجيا العالية يتطلب دعما هائلا من السكان المحليين والمؤسسات الاجتماعية كما انه يعتمد على الحالة الاقتصادية والمناخ السياسي في هذه المناطق . ومن اجل المضي في تطوير التكنولوجيا التطبيقية ، يحتاج الامر الى سياسات عامة متضافرة ذات اهداف محددة .

ويسرد هذا التقرير بعض الاساليب العملية التي تعتبر ادوات فعالة في تحسين حالة المياه في المناطق القاحلة او شبه القاحلة . ويرد وصفها على النحو التالي :

- تكنولوجيات استكشاف الموارد المائية
- تكنولوجيات زيادة احتياطي المياه
- تكنولوجيات الحفاظ على المياه

ويقتصر التقرير على عرض عام مختصر للطرق الممكنة ، ولذا يتوجب دراسة امكانية تطبيقها في ضوء الشروط الخاصة في كل اقليم . اذ ان التقرير لا يصف محاسن ومساوئ بناء خزانات المياه واساليب الري المتطورة التي سبق واستعرضت بصورة مرضية .

ثانيا - تكنولوجيات استكشاف الموارد المائية

(ا) الاستشعار عن بعد

ان التقدم المحرز في نشاطات الفضاء خلال العقد الماضي ادى الى حدوث تطور بارز في مجال عمليات الاستقصاء عن بعد لموارد المياه السطحية والجوفية على حد سواء . وتعتمد مبادئ طرق الاستشعار على بث موجات كهرمغناطيسية ذات اثر بعيد المدى . كما تستخدم الموجات الصوتية بصورة فعالة لاغراض عدة وهي تتفوق على الطرق الكهرمغناطيسية ، لا سيما حين تخفف طرق البث المستخدمة الموجات الكهرمغناطيسية الى حد كبير جدا . كما ان الطرق الفعالة المستخدمة في معظم نماذج الاستشعار تعتمد على تحليل انعكاس اشارة اصطناعية تبث الى نقاط الاستشعار عن بعد . بينما تعتمد الطرق السلبية على بث نوع من الاشعاع المنبثق عن الاجسام الملاحظة التي تتميز بها الاوساط او حالتها البيئية .

ان عمليات قياس الموجات الهوائية فوق الحمراء الدقيقة والمرئية التي تقوم بها الاقمار الصناعية تزودنا بملاحظات كمية روتينية ومتكررة عن الملامح الارضية . كما ان اساليب التصور الجوى اعتمدت استعمال موجات غير مرئية باللجوء الى ادوات غير تقليدية . كما ان الاقمار الاصطناعية للاتصالات قد احدثت ثورة في ميدان نقل الرسائل من قارة الى اخرى وجمع البيانات من شبكات مراكز الادوات الارضية . وقد ساهمت هذه التطورات بنصيب وافر في تحسين التنبوء بمركبات الدورة الهيدرولوجية وتعريفها وادارتها .

ان اساليب السبر عن بعد من الفضاء قد احرزت منجزات هامة لتجهيز مختلف البيانات الهيدرولوجية التي تشمل :

- اظهار مدى الينابيع والمياه الجوفية الضحلة في مسالك الطمي
- آثار مياه الامطار على الصحارى
- خرائط تظهر مدى مياه الفيضانات وحركتها
- خرائط تمثل تقسيمات شبكات تفرع المياه مما يسمح بتحديد مواقع المناطق التي تتضمن امكانات عالية من المياه
- بيانات مستمرة ومفصلة بشأن مستطيلات التضاريس الطوبوغرافية كمنطقة ونمط التصريف وشبكة تدفق المياه والغطاء النباتي وملامح المياه السطحية
- خرائط للمناطق المغطاة بالثلج التي تسهم في كمية المياه الذائبة من الثلج وتدفق الفيضان
- تحديد خطوط الثلج على الجبال الجليدية مما يسمح بحساب نسب مناطق التراكم الجليدي وتوازن الكتلة .

٢) اساليب النظائر من اجل استقصاء المياه الجوفية :

ان زيادة امكانيات اساليب النظائر والخبرة المتكدسة في شتى التطبيقات المدنية خلال العشرين سنة الماضية قد توصلت الى طرق جديدة من اجل التوصل الى حل نماذج متعددة من المشاكل الهيدرولوجية . وقد استفاد استقصاء المياه الجوفية الى حد كبير من استخدام اساليب النظائر ، بل ان من المتوقع لاستخدام هذه الاساليب ان يحرز المزيد من المنجزات الهامة خلال العقود القادمة وذلك بادخال التحسينات الكمّية والنوعية التي من شأنها زيادة الفعالية .

وتقسم هذه الاساليب بوجه عام الى فئتين .. يشتمل الاسلوب الاول على ملاحظة وتفسير تغيرات النظائر التي تحدث في المياه بواسطة عطيات طبيعية ويمكن دراسة المشاكل الهيدرولوجية الاقليمية بالنظائر البيئية اذا كانت الظروف الطبيعية تضمن تغييرات قابلة للقياس في تركيز النظائر في مياه مختلفة .

والاسلوب الثاني هو استخدام النظائر المشعّة التي تحقن بصورة اصطناعية في نقاط محددة بدلا من الشبكة الهيدرولوجية قيد الاستقصاء .

ان قياس تطور تركيز النظائر الذى يتبع ذلك يعطينا سردا مفصلا للغاية عن الشبكة قيد البحث اذا تمت القياسات في نقاط كافية وتم تكرارها في ازمنة مختلفة .

والمشاكل التي يمكن حلها تشتمل ، ولكنها لا تقتصر بالضرورة ، على تحديد موقع مصدر المياه الجوفية وتقرير عمرها ، وسرعة التدفق واتجاهه ، وعلاقات الترابط بين المياه السطحية والمياه الجوفية والترابط الممكن بين مختلف الاستقصاءات ، والمسامّية المحلية ، وقابلية النفاذ التشتت في طبقة المياه .

وتعتبر تكاليف الاستقصاء بأساليب النظائر اقل من تكاليف الاساليب السائدة اضف الى انها تزودها بالمعلومات التي لا يمكن الحصول عليها باستخدام الاساليب الاخرى .

بيد ان استخدام النظائر المشعة يسبب زيادة في التكاليف بسبب العناية الاضافية الضرورية في استخدامها ومن اجل تفادى المخاطر الصحية .

ثالثا - تكنولوجيات زيادة موارد المياه

( ) ازالة الملوحة

ان ازالة الملوحة من المياه هي عملية معروفة على نطاق واسع وغالبا ما تستخدم للحصول على المياه العذبة من اجل الحياة البشرية والزراعة في الاراضي القاحلة المتاخمة للبحار .

وقد تطورت تكنولوجيا ازالة الملوحة الى حد بالغ خلال العقود القليلة الماضية ، كما تم اكتشاف سلسلة من العمليات الجديدة وجرى تحسين ادائها التقني وجدواها الاقتصادية بصورة متزايدة .

ونتيجة لذلك فان التقدم الحديث في اساليب ازالة الملوحة جعل من الممكن بناء معمل في الكويت بسعة ٤٠ مليون غالون في اليوم .

ويمكن تصنيف الاساليب الشائعة الاستعمال اليوم حسب الظاهرة المستعملة ،على النحو التالي :

- العمليات التي تستخدم تغيير مرحلة في المياه : التقطير (البسيط ، متعدد الآثار ، الومض ، ضغط البخار ، التقطير الشمسي) والفصل بالتجميد ، والفصل بالهدرجة .
- العمليات التي تستخدم خصائص الاغشية : الفرز الغشائي بالكهرباء والتناضح (الانتشار الغشائي) المعكوس .
- العمليات التي تستخدم الخصائص المختارة للشوارد في الجوامد والسوائل : تبادل الشوارد .

وبالنسبة لمعظم الاوضاع الاقتصادية المحلية يبدو ان الحصول على المياه عن طريق اى اسلوب من اساليب ازالة الملوحة الحديثة لا يزال حتى الآن عملية باهظة التكاليف من اجل الاستعمالات المنزلية والصناعية والزراعية . بيد ان تكاليف المياه تنخفض كلما ازداد حجم المصنع . ولكن بالنسبة لعديد من البلدان تعتبر الكمية الكبيرة من الطاقة المطلوبة عائقا كبيرا للمضي في تطوير معامل التقطير الواسعة النطاق . فالطرق التي تستخدم الاغشية او تبادل الشوارد لم تنجح حتى الآن في تزويد المياه العذبة بتكاليف قليلة ، الا تحت ظروف خاصة . ولا بد من ان نعترف بان استخدام المياه التي ازيلت ملوحتها لا يزال مقتصرا على مجتمعات يمكن الحصول فيها على الطاقة باسعار زهيدة . ويرد هذا الموضوع بصورة مفصلة في الفصل الثالث .

ان تركيب وحدات افرادية صغيرة الحجم حيث تتوفر المياه المالحة بسهولة الى كل وحدة سكنية ، يمكن اعتباره اكثر اقتصادا من مرفق مركزى كبير لازالة الملوحة في شبكة بلدية . وقد بدأ فعلا استعمال بعض الوحدات المنزلية لازالة الملوحة في الولايات المتحدة الامريكية .

٢) جمع مياه الامطار

ان اقل حلول في الامطار قادر على تزويد كمية لا بأس بها من المياه اذا تم جمعها بنجاح من مستجمعات الامطار الكبيرة . ويعتمد اسلوب جمع ونقل مياه الامطار على حفر الاحواض في المنخفضات البسيطة و /او بناء خنادق او جدران صخرية على طول جوانب المنحدرات . ومنعا لفقدان المياه المتجمعة يصار الى تعزيل الصخور واستئصال النباتات ومعالجة سطح التربة وهي اساليب اثبتت فعالية عالية . كما ان المعالجة بالمواد الكيمائية لسد المسام لجعل التربة غير نافذة للماء هي طريقة تبشر بالنجاح من اجل التغلب على ظاهرة التسرب . تستعمل املاح الصوديوم في التربة التي تحتوى على الفخار وذلك بسبب انخفاض تكاليفها وتوفرها بسهولة وقلة نمو الاعشاب فيها . وتجرى التجارب بنجاح على السيليكون ونشارة الخشب والشمع كمواد كيمائية مانعة لنفاذ الماء . وحين تكون التربة على درجة عالية من المسامية او تكون غير صلبة فان وضع غلاء عازل للماء فوقها اقل تكلفة من جعل التربة ذاتها سطحا لجمع المياه . ويمكن استعمال صفائح البلاستيك والمطاط الاصطناعي والورق المعدني لهذا الغرض ولكنها عرضة للتلف بسبب الرياح . وقد اثبت استعمال طبقة رقيقة من البلاستيك المغطاة بالحصى انها اكثر نجاحا اذ ان الحصى يحمي الغشاء السفلي من الاشعاع والتلف بالرياح . ويبلغ متوسط عمرها المتوقع اكثر من ٢٠ سنة .

ان جمع مياه الامطار هي اقل الاساليب تكلفة لتزويد المياه دون استعمال الوقود او الطاقة . كما ان المعالجة الكيمائية وتغطية التربة تكلف القليل نسبيا . وتعتبر المعالجة بالاسفلت اقتصادية جدا في البلدان التي تنتج وتكرر النفط الخام . اضف الى ذلك ان معالجة التربة السطحية تستدعي بعض الصيانة من حين لآخر وذلك بسبب التشقق في سطح مستجمع الامطار بسبب عدم استقرار التربة والاكسدة ونمو النباتات .

ويعتبر نظام جمع مياه الامطار غير ملائم اقتصاديا بالنسبة للمناطق التي يكون فيها متوسط منسوب مياه الامطار السنوى اقل من ٥٠ الى ٨٠ ملم . وبالتالي تعتبر وسائل الخزن الملائمة ضرورة لا بد منها . ولدى تصميم العملية يجب ايلاء العناية الخاصة الى منع حدوث التعرية وعدم الاستقرار والفيضانات المحلية . وافضل طوبوغرافيا لهذا الغرض هو الانحدار الخفيف لمستجمع الامطار (يفضّل ان يكون ١ - ٥ بالمئة) .

٣) الرى بالمياه المالحة

يعتبر الكثير من الاراضي القاحلة غنية غالبا بمكامن المياه المالحة ومصبات الانهار والبحيرات الساحلية والبحيرات المغلقة . وقد كشفت الدراسات الحديثة عن فيزيولوجيا النبات وعلم التربة عن طرق ناجحة لاختيار المحاصيل ذات المقاومة الملائمة للمياه المالحة وكذلك عن انتاج طرق عملية للرى بالمياه المالحة . كما كشفت الدراسات عن محاصيل تتقبل درجة عالية من الملوحة مثل القطن والشعير والقمح والشمندر السكرى والعشب الشعاعي وعشب برمودا وعشب القمح . ولكن مياه البحر غير الممددة ، التي تحتوى على نسبة من مجموع

الملح المذاب حوالي ٣٥,٠٠٠ ملغم/ليتر لم تبرهن على كونها عملية لاغراض الرى حتى بالنسبة لاكثر المحاصيل تقبلا للملوحة. و تتقرر امكانية استخدام المياه المالحة في الرى على مناطق تكون فيها اهم خصائص ذرات التربة و التصريف الشامل ملائمة للحيلولة دون تركز الملح في التربة.

٤) اعادة استعمال المياه

ان المياه المهلكة ، اذا ما عوملت بصورة ملائمة ، يمكن ان تكون مصدرا جيدا للاستعمالات الزراعية والصناعية والبلدية. و تعتبر الزراعة اول المستفيدين من معالجة المياه المهلكة. و لقد عمّ انتشار معاملة مياه المجارى في الرى. فالمتطلبات التقنية لهذه الغاية تعتبر محدودة نسبيا ، لا سيما من اجل محاصيل الحدائق والاشجار ، باستثناء الترسبات والمعاملة البيولوجية في احواض الاكسدة. و حين تكون شبكات الرى قيد الاستعمال ، يحتاج الامر الى استثمار بسيط لربطها بشبكات المجارى. بيد ان ازالة الجراثيم المرضية تبدو اهم مشكلة في الرى بمياه المجارى. و من المساوئ الاخرى عدم مرونة العرض بسبب التقلبات الموسمية لاحتياجات الرى والزيادة الناتجة في نسبة تركز الاملاح في التربة مما يهدد نمو بعض النباتات.

ان ضرورة اعادة استعمال المياه و تدويرها هي ضرورة يزداد الشعور بها في البلدان الصناعية المتقدمة. و مع ان تكاليف المعالجة لتلبية مقاييس التدفق المطلوبة هي عائق هام فان الكثير من الصناعات تستفيد الى حد كبير من اعادة استعمال مياه المجارى. و يلجأ الكثير من صناعات النفط و الفولاذ و الصناعات الكيمائية الى استخدام المياه المعاملة من اجل اغراض التبريد. و في هذه الحالة تعتبر مزايا الماء المطلوبة هي عدم السد و عدم التآكل و مقاومة اللزوجة ، و قد تبين ان مياه البلدية المهلكة ، بعد شيء من المعاملة المتطورة ، يمكن استعمالها اقتصاديا من اجل صناعات عجينة الورق و الورق و فصل ركاز المواد الخام. و تمكن فوائد اعادة استعمال المياه للاغراض الصناعية في استقرار التدفق و قصر انابيب التوصيل نسبيا.

ان المستوى الحالي لتكنولوجيا معالجة مياه المجارى يضمن انتاج فيض من مياه الشرب. كما ان اعادة استعمال مياه المجارى للاغراض المنزلية لا تزال في الوقت الحاضر مقتصرة على المجتمعات التي يمكنها القيام بعمليات المعالجة الكيمائية والميكروبيولوجية لدرء مخاطر الصحة الكامنة و كذلك المجتمعات التي يمكنها توفير الادارة الصالحة للعملية و تفهم جيد لمتطلبات المستهلك و ذلك لتخفيف الضرر بالبيئة الى الحد الادنى.

٥) اعادة تخزين المياه الجوفية اصطناعيا

على الرغم من ان كمية المياه الجوفية التي يعاد تخزينها اصطناعيا ضئيلة بالمقارنة مع ما تحويه طبقة مائية فان الادراك يزداد باهميتها و خاصة في الاحواض التي تطور فيها استخدام موارد المياه الجوفية. وبصورة عامة فان التخزين الطبيعي لطبقة مائية غير كاف للاستعمال الاقصى ، وتعتبر اعادة التخزين الاصطناعي حاليا من اكثر السبل فعالية لتعظيم الفوائد الكامنة.

وقد ازداد الاهتمام في اعادة التخزين الاصطناعي لمختلف الاغراض، كتخزين المياه في الطبقات المائية والخزانات الجاهزة عديمة التبخر ومنع نفاذ المياه المالحة وانجراف الارض واستصلاح المياه المهلكة . وقد طوّرت الدراسات والتجارب عدة طرق مختلفة لاعادة التخزين ويتحكم بتطبيقها توفر المياه المحلية ونوعيتها ، وقيمة الارض والظروف المناخية . واكثر المبادىء شيوعا لهذه الطريقة هي عمر الارض بالمياه لزيادة نسبة الترشيح الى طبقة المياه . ويجرى مد المياه بالطرق التالية : الاغراق ، الحوض ، الخندق او التلم ، القناة الطبيعية وطرق الرى .

ان طريقة الاغراق بسيطة وهي اقل تكلفة من الطرق الاخرى . اذ تغمر الجداول سطح الارض دون التعرض للنبات والتربة .

وفي طريقة الحوض يتم جرّ المياه الى الاحواض بواسطة سدود صغيرة . وتبنى الاحواض عادة على شكل سلسلة من الاقنية المتوازنة بحيث يمكن للمياه ان تطفح من الحوض العالي الى الحوض المنخفض . ويستحسن ان تكون المياه خالية نسبيا من الطمي وان يكون الحوض صغيرا ولكن بانحدار مستمر للحفاظ على معدل الترشيح في الحوض .

يعتبر اسلوب الخندق او التلم مناسبا حيث تكون الارض غير منتظمة ومنحدرة نسبيا . وتكون الخنادق عادة ضحلة ذات قعر منبسط وقريبة بعضها من بعض . وتختلف انماط الخنادق بحسب الطوبوغرافيا المحلية .

ان طريقة القناة الطبيعية هي العمل على نشر المياه فوق مساحات منبسطة نسبيا من اقنية جداول موجودة وذلك لاعاقة تدفق مياه الجدول ولزيادة نسبة الترشيح . وفي العديد من الحالات تتطلب هذه الطريقة بناء سدود صغيرة من الخرسانة او الصخور في الاقنية المنبسطة التي قد ينجم عنها مخاطر فيضان .

وفي طريقة الرى تساق المياه الفائضة الى احواض الرى من اجل الترشيح الى التشكيلات في باطن الارض بالدرجة الرئيسية اثناء الشتاء او فصول الرقاد . ويتطلب الامر القيام بدراسات دقيقة عن آثار النسيل على المحاصيل والتربة في المنطقة وذلك قبل القيام بالتطبيق المحلي .

كما انه من الشائع اللجوء الى طريقة الحقن عن طريق الحفر او الانفاق وذلك لتدعيم امكانية طبقة الماء تحت الطبقات غير النافذة . وهذه العملية ذات تكاليف اعلى ولكنها ممكنة اقتصاديا في بعض الاحيان حيث تكون المنطقة قد تعرضت للضخ المفرط بسبب الطلب الصناعي والبلدى العالي . كما ان آبار اعادة التخزين تستعمل بصورة فعالة في التشكيلات النافذة مثل الصخور البركانية واحجار الكلس المسامية . وغالبا ما ينخفض معدل اعادة التخزين في هذه الطرق حينما تصبح الجدران مختومة بسبب بعض الجزيئات الصغيرة من المواد العضوية او غير العضوية . لذلك من الضروري القيام بتنظيف دوري للحفاظ على المعدل القياسي .

ان عملية اعادة التخزين الاصطناعي غير مكلفة نسبيا و لكنها تستدعي حد ادنى من المعرفة التقنية في التشغيل والصيانة الا في حالة دفع المياه الى طبقات الماء بطريقة الضغط.

٦) تعديل المناخ

من اجل الاسراع بهطول الامطار بواسطة زرع الغيوم فان استعمال الجليد و ثاني اوكسيد الفحم المتجمد و بوديد الفضة قد اثبتت امكانية الاستفادة منها في المناطق التي تمر فيها كتل الهواء الرطبة فوق سلاسل الجبال. و قد أدت التجارب التي تمت في الولايات المتحدة الامريكية بزيادة في معدل الهطول بلغت حتى ٢٠٠ بالمائة في بعض المواصف الفردية. و مع ذلك فان عمليات و امكانات زرع الغيوم لم تفهم بعد بشكل كامل.

والى جانب التحليل المتطور لآلية زرع الغيوم لا يزال هنالك فيض من المشاكل التي يجب حلها من اجل ضمان الاستفادة الى الحد الاعظم من زيادة هطول الامطار.

و هذه المشاكل هي :

(١) التقييم الاقتصادي و البيئي لفوائد و مآخذ زيادة هطول الامطار.

(٢) اثر زيادة هطول الامطار على زيادة كمية المياه الممكن استعمالها. ان العلاقة المديدة بين الزيادات في معدل الهطول و كمية المياه الممكن استعمالها ليست علاقة خطية. و هي تتأثر الى حد كبير بالكمية الاضافية من هطول الامطار، و الجيولوجيا المحلية والغطاء النباتي والظروف المناخية.

(٣) تحليل التكاليف ذات الطابع الاقتصادي والاجتماعي والبيئي بالمقارنة مع الفوائد المباشرة و غير المباشرة.

(٤) دراسة الاثار القانونية و المؤسسية بغية تنظيم اداء زيادة هطول الامطار، التي تولد آثارا ذات امكانية قوية على انشاطات البشرية في مساحات واسعة متأثرة.

٧) نقل الجبال الجليدية

يعترف بعض المهندسين و علماء جبال الجليد و الفيزيائيين بان عملية جر الجبال الجليدية من الاقاليم القطبية الى المناطق التي تعاني من نقص في المياه يبدو امرا ممكنا من الناحية التقنية و مغريا من الناحية الاقتصادية. و من الاماكن الملائمة التي يمكن تزويدها بهذه الطريقة هي استراليا و التشيلي و اقاليم قاحلة اخرى في نصف الكرة الجنوبي و ربما حتى في نصف الكرة الشمالي. و يقدر احد التقارير بان عملية جرّ مفترضة لا تكون فيها درجة الحرارة عالية ،يمكن القيام بها لجرّ جبال جليدية قد يبلغ طولها حتى ١٦ كيلومتر و عرضها ٣ر٥ كيلومتر و ارتفاعها ٢٠٠ متر. و من المشاكل الرئيسية التي يجب دراستها بعناية مسبقا هي سرعة الجرّ و معدل الذوبان اثناء الجرّ، و كيفية التذويب

عند الوصول الى المورد و ضخ المياه المذابة من البحر الى شبكات التزويد . و يمكن استخدام الحرارة الفائضة من معامل توليد الطاقة الساحلية في عملية التذويب. و هذه الطريقة لا تزال في المرحلة التي يجب فيها على التقييم التكنولوجي الناقد ان يسبق اى اقتراح و اقعي .

٨) اساليب اخرى

- ويمكن استعمال الاكياس القابلة للانطواء من اجل نقل الاكياس الكبيرة المانعة لتسرب الماء والمصنوعة من المطاط الاصطناعي القوى او اى نوع من الاغشية البلاستيكية وذلك من اجل نقل المياه العذبة الى مختلف الجهات . اذ يمكن ملء الكيس الطوى او الملفوف بالمياه العذبة ربما عند منابع النهر ومن ثم جره بواسطة قارب الى المدن الساحلية او المراكز الصناعية التي تندر فيها موارد المياه العذبة . وفي بعض الحالات قد يكون هذا النظام اكثر اقتصادا من بناء معامل ازالة الملوحة او الانابيب العابرة لمسافات طويلة .

- انابيب المياه تحت سطح البحر

يمكن نقل المياه العذبة بصورة اقتصادية وذلك بواسطة انابيب واسعه القطر مرنة او شبه صلبة مصنوعة من البلاستيك يمكن مدها تحت سطح البحر من قارب مخصص لهذه الغاية . ان الكثافة المنخفضة للمياه العذبة تحدّ من مشاكل الاساس لتثبيت هذه الانابيب كما يمكن تخفيض القوة المطلوبة للانبوب الحاوى على المياه المتدفقة تحت الضغط وذلك بفعل كثافة مياه البحر . ويمكن مدّ خط الانابيب على طول الساحل مع عدة مخطات ضخّ حسبما تقتضي الحال .

- الخزانات البعيدة عن الشاطىء

يمكن صنع الخزانات الكبيرة البعيدة عن الشاطىء من مواد مرنة من اجل التخزين المؤقت لمياه المجارى الى حين معالجتها ، لو لتخزين المياه المستصلحة من شبكات معالجة المياه المالكة .

ويمكن لهذه الخزانات ان تكون عائمة او مغمورة بحسب تكاليف الانشاء ، وحركات الامواج والتيارات وتوفر سطح البحر دون عرقلة الجهات الاخرى التي تستخدمه .

رابعا - تكنولوجيات الحفاظ على المياه

( ) ضبط التبخر

تعاني موارد المياه السطحية في المناطق القاحلة الحارة الى حدّ بالغ من فقدان المياه بنسبة عالية من التبخر . ومن احد الوسائل الهامة لزيادة مخزون المياه للنشاطات البشرية هي تخفيض التبخر . ومن المبادىء العامة والبسيطة لتخفيض التبخر على امتداد سطح المياه باكمله هي تغطيته بحاجز ما .

وتعتبر الكحولات الاليفاتية مثل كحول سيتيل فعالة في تغطية سطوح المياه اذ انها تشكل غشاء تبلغ سماكته جزيئا واحدا . ومن محاسن هذه الطبقة وحيدة الجزيء الاستهلاك المنخفض (اقل من ٦٠ غرام للهكتار من سطح الماء) ، ونسبة عالية من انتقال الاوكسجين الى الماء ، وعدم التسمم بالنسبة للاسماك او الانسان . ولكن لسوء الحظ ، ولأن الغشاء لا يمنع امتصاص الماء للطاقة الشمسية ، فان درجة الحرارة العالية للماء من شأنها ان تزيد التبخر في اى جزء من سطح المياه الذى لا يغطيه الغشاء . وفضلا عن ذلك فانه من الصعب حمايته باستمرار من عمل الرياح والامواج . وقد اجريت تجارب لاستعمال شبكات من البلاستيك للحد من انتقال او اضطراب طبقة الكحول . ونظرا لهذه المشاكل فان هذه الطريقة لا تستعمل غالبا .

ان الاجسام العائمة قد تحول دون التبخر من سطح الماء . والمواد التي استعملت على اساس تجريبي هي مربعات الخرسانة من الوزن الخفيف ، والبوليسترين والشمع ورغوة الطاط او البلاستيك . ومن اجل تخفيض درجة حرارة الماء بسبب الطاقة الشمسية يمكن صنع هذه الاجسام العائمة من مواد عازلة ذات لون فاتح عاكسة للاشعة . وتقدر فعالية ضبط التبخر بهذه الطريقة ٨٠ - ٩٠ بالمئة في ظروف التشغيل المناسبة .

ويمكن اعاقة التبخر بملء الخزانات او الاحواض بالرمل والحصى مع ان ذلك يخفف من سعة التخزين في الخزانات او الاحواض . فالمياه التي تخزن في المسام بين الاجزاء محمية بصورة فعالة بنسبة حوالى ٩٠٪ من مجموع امكانية التبخر .

ان ضبط التبخر من سطوح المياه له العديد من الفوائد : فالتركيب او البناء لا يتطلبان اساليب معقدة ، كما ان المواد العائمة لا تحتاج الى وقت من اجل نشرها على سطح الماء ، والتكاليف تكون عادة اخفض من تكاليف جمع او انتاج كميات مماثلة من المياه باللجوء الى طرق اخرى . ويمكن تأخير تركيز الملح في المياه المحتجزة بسبب التبخر ، كما يمكن تخفيف نمو الطحالب غير المرغوب فيها والاعشاب المغمورة في المياه اذ ان المواد العائمة تحجب اشعة الشمس . وبسبب صعوبة حماية هذه الطريقة ضد الرياح الشديدة والعواصف والفيضانات فان تطبيق اسلوب ضبط التبخر لا يزال يقتصر على مساحات صغيرة من سطح المياه كالاحواض الصغيرة والخزانات والترع والواحات . ولا يمكن بناء السدود الطينية بالرمل الا على اساسات لا تسمح بنفاذ الماء اطلاقا وذلك لتجنب فقدان الماء بالتسرب . واذا اقتضى الامر يمكن معالجة الاساس بحقنة بالاسمنت .

ويمكن اعاقة التبخر من سطوح التربة المستخدمة لاغراض الزراعة وذلك بوضع مواد رطبة لا تقبل نفاذ الماء او طبقة من التبن تمنع تسرب المياه بسرعة . ومن المواد التي تفرش على سطح التربة لهذا الغرض هي التبن ونشارة الخشب وكسور الخشب وتويجات زهرة القطن والحصى الناعم والرمل والرماد . وحواجز التبخر هذه تستعمل ايضا في تثبيت التربة السائبة ووقف زحف الصحراء ، ويسمح بتصريف مياه الامطار في الاراضي الزراعية

ويخفض من نسبة تراكم الملوحة . بيد ان التكاليف المرتفعة نسبيا لهذه المواد تحد من استعمال هذه الطريقة على نطاق واسع الا بالنسبة للزراعة الكثيفة للمحاصيل المغلة للدخل العالي . ويتناول الفصل الثاني اثر تخفيض الفاقد بالتبخر على الزراعة .

٢) ضبط التسرب والترشح

ان الترسب من الاقنية الترابية والخزانات لا يسبب فقدان الماء بكميات كبيرة فحسب بل يسبب ايضا تثاقل حركة الماء ، وتمليح وتعرية التربة المجاورة . وقد اكتشفت التكنولوجيا الحديثة العديد من الطرق لتخفيض نسبة المياه اثناء تخزينها او نقلها . ومن الطرق الشائعة الاستعمال هي رص التربة والمعالجة الكيمائية وتغطية الخزانات او الاقنية . ومن اخفض هذه الطرق تكلفة واكثرها عملية :

- معالجة التربة بملح الصوديوم الذى يحطم تجمعات الغضار ويسبب انتفاخ ذراته لسد المسامات في التربة .
- تبطين الخزانات او اقنية المياه بمادة البولي ايثلين ، او البولي بروبيلين ، او المطاط الاصطناعي .
- التبطين بمواد خرسانية الاساس ، مثل التربة المعاملة بالاسمنت ، والخرسانة المسلحة والقماش المشبع بالخرسانة .
- حماية الشواطئ المنحدرة باستعمال قلائد من الاكياس البلاستيكية المحشوة بالطارات المطاط المستعملة والخرسانة المسلحة واسمنت التربة .

ان وسائل تخفيض التسرب من مرافق خزن المياه او نقلها تستخدم عادة محليا . بيد ان هنالك مساوئ لمعظم هذه الاساليب ، لذا يتطلب الامر الصيانة المستمرة والدقيقة .

ان عدم القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة في التربة بسبب الترشيح السريع يحرم اراضي رملية شاسعة من فرصة الزراعة . وقد نجحت اساليب حديثة في انتاج حواجز اصطناعية تحت الارض لمنع ترشح المياه والمواد الغذائية دون منطقة الجذور . وغالبا ما تصنع من صفائح البلاستيك والاسفلت او من طبقات من اوراق الشجر والزبل الغنية بالمواد الغروية . ويتم حاليا في اليابان صنع وتجربة آلات لتركيب حاجز من الاسفلت مانع لنفاذ الماء دون حفر سطح التربة . ويعتمد عمق ومدى الحاجز المثاليين على قدرة الاحتفاظ بالرطوبة في الرمل . وقد اثبتت التجارب انه تم الحفاظ على ٥٠ الى ٧٥ بالمئة من مياه الرى بهذه الطريقة . وتتسم التربة الرملية بالعديد من الفوائد : المقاومة الجيدة ضد سوء استعمال الحراثة والفلاحة والاستهلاك السريع لمياه الرى والقدرة العالية على التهوئة التي تشجع نمو الجذور والفعالية ضد التبخر الناتج عن كون الطبقات العلوية تستخدم بمثابة طبقة من التبن . ومتى تم بلوغ قدرة خزن الرطوبة الملائمة فان التربة الرملية تعطي محاصيل مغلة مكافئة لاخصب انواع التربة .

الفصل الخامس : التعاون الاقليمي ودون الاقليمي

ليس لدى اى من البلدان النامية المعرفة والوسائل المالية لكي تطوّر مواردها بنفسها الى المستوى الذى توصلت اليه الامم المتقدمة النمو والصناعية . ولكي تتمكن البلدان النامية من اللحاق بركب البلدان المتقدمة ، فانها تحتاج ، في جملة ما تحتاج اليه ، الى ان تتعاون بقدر الامكان فيما بينها . وهذا لا يعني باية حال استبعاد الحصول على المساعدة من البلدان المتقدمة النمو .

وبما ان اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا هي لجنة اقليمية فهي تهتم كل الاهتمام بتطوير وتشجيع التعاون بين الدول الاعضاء فيها . وقد تجسّد ذلك بصورة واضحة في جميع برامجها المتعلقة بالموارد المائية ، لا سيما التدابير المقترحة التي رفعت اثناء اجتماع بغداد ، الذى عقد خلال الفترة ١١ - ١٦ كانون الاول /ديسمبر ١٩٧٦ .

وقد اشتملت الجهود والبرمجة التي تضطلع بها من اجل النهوض بالتعاون الاقليمي ودون الاقليمي والتنسيق على المجالات التالية دون ان تقتصر عليها :

- تبادل المعلومات التكنولوجية
- التعليم والتدريب
- الجوانب المالية
- البحث
- خدمات الخبراء والمستشارين
- الجوانب البيئية

وفي معرض التأكيد ، فاننا سنتناول النقاط المذكورة اعلاه بايجاز ،ونقدم التوصيات المتصلة بكل منها .

تبادل المعلومات التكنولوجية

ويهدف هذا النشاط الى جمع ونشر المعلومات التكنولوجية المتعلقة بانماء موارد المياه داخل المنطقة ، بما في ذلك التقارير والدراسات التي تعدها المجموعات والوكالات الحكومية وغير الحكومية . وهذا نشاط اقليمي حيوي لانه اذا اردنا تطوير برامج تعاون اقليمي ودون اقليمي خاصة بالمياه فلا بد من تعميم المعلومات داخل المنطقة . وعلى هذا النحو يمكننا التعرف بوضوح الى الثغرات وتفادى الازدواج .

ومن اجل تنفيذ هذا الهدف فقد ارسلت بعثات الى جميع بلدان اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا خلال السنتين الماضيتين ، وتم جمع كمية هائلة من البيانات وتم تحليلها بكل عناية . بيد ان هذا النشاط له صفة الاستمرار ولا بد من مواكبة المعلومات الحالية كلما

توفرت بيانات جديدة . واخيرا فان شعبة الموارد الطبيعية في اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا تأمل باقامة مصرف بيانات بشأن موارد المياه ليكون جزءا من مركز التوثيق التابع للجنة الاقتصادية لغربي آسيا والذي هو قيد الدرس حاليا .

ان نشر المعلومات بين بلدان المنطقة ما هو الا خطوة اولى في جهود اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا لرأب الثغرة في مجال المياه في المنطقة . وقد شرع ايضا ببرنامج من اجل اسقاط الطلب في المستقبل حتى عام ٢٠٠٠ . ويجرى ذلك في ضوء التطورات الصناعية والزراعية التي تمّ اسقاطها . وقد تمّ الحصول على ناتج تقريبي بهذا الشأن ، ولسوف نتابع صقل النموذج كلما توفّر المزيد من البيانات .

ان الاسقاطات من شأنها ان توفر تقديرات اولية لاحتياجات المياه في المنطقة . الامر الذى يساهم في مساعدة المخططين لتقرير حجم ونمط توزيع الزيادة في الطلب على المياه بالنسبة لجميع الموارد الممكنة .

ومن اجل تحسين نوعية البيانات في المنطقة ، فان اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا توصي بتقوية و /او اقامة محطات ارصاد مائية وجوية ملائمة ، واعتماد اجراءات حديثة وموحدة يمكن بموجبها وضع المعلومات الاساسية في شكل اسهل استعمالا .

التعليم والتدريب

ان النقص في الافراد المدربين على الصعيدين الفني ودون الفني في جميع الميادين بما في ذلك تطوير موارد المياه هو عائق رئيسي يعترض سبيل التقدم في المنطقة .

ويجرى حاليا تقييم ما تقدمه المنطقة من كل فئة . وسيضطلع هذا النشاط ايضا بدراسة المرافق القائمة لتدريب القوى العاملة .

ومن اجل سدّ هذه الثغرة توصي اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا بانشاء مركز تدريب للعاملين في جميع ميادين تطوير موارد المياه . وعلى البلدان الاعضاء في المنطقة ان تقرر موقع وحجم هذا المركز . وتشتمل نماذج التدريب التي سيقدمها المركز على ما يلي :

- التدريب على الاساليب السليمة لتركيب شبكات جمع البيانات وتقييمها
- أسس ومبادىء الهيدرولوجيا
- تشغيل وصيانة شبكات المياه
- تدريب طواقم حفر الآبار .

وعلى المستوى الفني ، ستتمّ عملية مسح للمرافق والمناهج في المعاهد التعليمية العليا القائمة حالية في غربي آسيا بهدف تقرير مدى التغطية التي تولى الى تطوير موارد المياه . واذا دعت الضرورة بتوجب على المعاهد والجامعات رفع المستويات الحالية بالنسبة للخريجين الفنيين .

ان تنفيذ هذا الجزء من البرنامج سوف ينسق مع الوكالات المتخصصة مثل منظمة العمل الدولية ومنظمة الامم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة ومنظمة الاغذية والزراعة ومركز الامم المتحدة للموارد الطبيعية والطاقة والنقل .

الجوانب المالية

تفتقر بعض البلدان الى الموارد المالية لكي تتمكن من تطوير وادارة موارد المياه فيها بصورة مناسبة .

وتوصي اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا بان يكون لدى البلدان ذات الموارد المالية الوفيرة مشاريع مشتركة في ميدان ادارة المياه وانماء مواردها مع البلدان الاقل حظا التي يتوفر لديها موارد مياه غزيرة . ويمكن القيام بذلك على اساس كل بلد على حدة ولكن يستحسن ان يكون ذلك على اساس اقليمي مشترك .

كما توصي باقامة صندوق جديد او امكانية الاستعانة بالصناديق المتوفرة بشكل منح وقروض تتاح للبلدان الاعضاء في اللجنة على المستويات القطرية ودون الاقليمية والاقليمية من اجل برامج مجدية متصلة بالمياه . ويمكن الاستعانة بخدمات الاخصائيين لتقرير اهلية الحاجة الى المساعدة من الصندوق .

وهذا لا ينفي باي حال من الاحوال الحصول على المساعدات المالية من المصارف المحلية والاقليمية . ومن نفس المنطلق ، على البلدان بالذات ان تساهم في تمويل مشاريعها الخاصة بها من مخصصات الميزانية كلما امكن ذلك .

البحث

ان البحث المخطط بصورة ملائمة ، لا سيما البحث التطبيقي ، هو عنصر هام في برامج انماء موارد المياه .

ويحتاج الامر بصفة خاصة الى البحث في كيفية تخفيض الطلب على المياه ، وكذلك كيفية استعمال المياه بصورة اكثر كفاءة في الزراعة . وهنالك حاجة ايضا الى القيام بالبحث في مجال موارد مياه جديدة غير تقليدية (انظر الفصول الثاني والثالث والرابع من هذه الوثيقة) .

ونتيجة ذلك فان اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا توصي بلدان المنطقة بتعزيز المؤسسات القائمة وانشاء المؤسسات الجديدة بهدف القيام بالبحث في مجال موارد المياه ، وتبادل هذه المعلومات مع البلدان الاخرى والوكالات المتخصصة في الامم المتحدة .

خدمات الخبراء والمستشارين

ولهذه الغاية فان اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا قد اقترحت اتاحة خدمات فريق من الاستشاريين او الاخصائيين المؤهلين لاية دولة تطلب المساعدة في مجال انماء موارد المياه . ويمكن دفع اتعاب هذه الافرقة من الخبراء اما من قبل البلد الذى يطلب المساعدة او من صندوق خاص .

ويمكن الحصول على فوائد جمّة اذا كان فريق المستشارين او المؤسسة الاستشارية من المنطقة او من بعض بلدان المنطقة . فالمؤسسات الاستشارية المرموقة في بلد ما يمكنها ان تخدم المؤسسات الاخرى في نفس المنطقة في ظل تشجيع مناسب من قبل تلك الحكومات .

ان اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا ، بحكم ارتباطاتها الدولية ، مستعدة دوما لاسداء المعونة الى الحكومات في المنطقة لانتقاء ذوى المهارات المحددة من خارج المنطقة .

الجوانب البيئيـــة

يمكن القول عمليا بانه ليس هنالك اى بلد في منطقة اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا في مأمن من الفيضانات او موجات الجفاف التي قد تؤدى الى خسائر مادية فادحة و /او في الارواح . ومن اجل درء هذه الكوارث ، لا بد من دمج برامج ضبط الفيضان والجفاف مع تدابير الحماية الاخرى لتخفيض الخسائر الى الحد الادنى . كما يجب تشجيع المشاركة المحلية .

ان الاثار البيئية لجميع انشطة موارد المياه يجب ان تدرس بعناية . وهذا لا يعني اقتباس البرامج من الوكالات الاخرى في المنطقة ، بل العمل على ايجاد التعاون الوثيق .

وتجدر الاشارة الى ان مركز الموارد الطبيعية والطاقة والنقل وبرنامج الامم المتحدة لشؤون البيئة دعيا الى عقد اجتماع لمجموعة مخصصة من الخبراء بشأن التعاون التكنولوجي في قطاع موارد المياه بين البلدان النامية ، وذلك خلال الفترة ٦ - ١٠ كانون الاول / ديسمبر ١٩٧٦ في نيويورك . وكان الغرض من الاجتماع مناقشة الطرق والوسائل الممكنة للتعاون التكنولوجي في مجال موارد المياه بين البلدان النامية .

وقد تمت مناقشة المواضيع التالية :

١ - قاعدة معلومات محسّنة
٢ - البحث والتعليم والتدريب
٣ - خدمات الخبراء والاستشاريين
٤ - توحيد مقاييس الخدمات والمعدّات
٥ - مشاكل التشغيل والادارة
٦ - الجوانب المالية
٧ - التدابير المتخذة على الصعيدين الاقليمي والدولي .

ويبدو ان التشابه مع ما نقوم بها و/او نقترح القيام به واضحا للغاية .

الفصل السادس : استنتاجات وتوصيات

لقد تم القيام بمحاولة للتنبوء عن احتياجات الدول الاعضاء من المياه بحلول عام ٢٠٠٠ . ولكن نظرا لتوفر كمية محدودة فقط من البيانات فان الاستدلالات بعيدة عن كونها كاملة او دقيقة . وعندما تتوفر بيانات كاملة وذات نوعية افضل سيبذل المزيد من المحاولات .

اما بالنسبة لانماء موارد المياه في المنطقة ، يمكننا القول بارتياح انه بينما يعمد بعض الدول الاعضاء ، بحكم الوضع المالي الذى تتمتع به ، الى زيادة مواردها المائية (بالدرجة الرئيسية عن طريق ازالة الملوحة) بمعدل سريع نسبيا ، فان الدول الاقل حظا لا تزال متخلفة عن الركب .

وتجدر الاشارة الى ان التكنولوجيا المستوردة والخدمات الهندسية المتقدمة ليست بالضرورة شرطا اساسيا مسبقا لانماء الموارد المائية . اذ يمكن احيانا تحقيق الكثير بالاعتماد على تكنولوجيات منخفضة التكاليف تعتمد اعتمادا كبيرا على المهارات والمواد المحلية . ان محاولة الاعتماد فقط على نقل التكنولوجيات الباهظة التكاليف والمتقدمة والتي لا تستجيب الى الاحتياجات والطاقات المحلية من شأنها ان تعقد الامور بدلا من ان تجد حلا لها .

ان اعادة استعمال المياه المنزلية الهالكة لا تتفق تماما مع التقاليد السائدة في المنطقة . ولكنه من غير المستبعد احتمال استعمالها في الرى . فقد بدأت الكويت فعلا باستعمال المياه الهالكة المعالجة في محطاتها الزراعية التجريبية . وبصرف النظر عن مدى استعمال المياه الهالكة ، فانها مع ذلك تنطوى على قدرة كامنة عظيمة لزيادة موارد المياه في المنطقة وفي العالم

وينبغي على الدول الاعضاء ايضا ان تدرس بصورة اكثر جدية اعتماد طرق ووسائل افضل لادارة موارد المياه الحالية . ان جميع بلدان المنطقة تتجه ببطء شديد الى وضع سياسات من شأنها الحفاظ على الموارد المتوفرة واستعمالها بصورة اكثر كفاءة . وهذا امر لا ينبغي ان يستمر دون ايلائه الاهتمام اللازم .

واخيرا فاننا نوصي بما يلي :

- تثقيف الجمهور على قبول اعادة استعمال المياه الهالكة

- اقامة مشروع رائد في المنطقة لمعالجة مياه المجارى المنزلية من اجل اعادة استعمالها في المجالات الترفيهية والزراعية والصناعية والبلدية ، وتقرير تقديرات الكلفة ، وبالتالي تقييم امكانية استعمال المياه المعالجة في قطاع او آخر

- اقامة مشروع رائد بما في ذلك تقديرات الكلفة عن استعمال مياه المجارى المنزلية والمياه المعالجة والصناعية لحقن الطبقات المائية الجوفية او منع تدخل مياه البحر

- دراسة الاثر ، على المدى الطويل ، لطرح المياه المالحة من معامل التقطير على التوازن الايكولوجي والحياة البحرية

- تقييم كميات الترسبات الناتجة عن عوامل التعرية ، وحجمها وتنقلها واثرها على التربة المزروعة والممرات المائية

- توسيع استعمال اساليب النماذج والحاسبات الالكترونية لمستجمعات الامطار وتراكم الثلوج وتوجيه مياه الفيضان والتنبوء بتدخل مياه البحر واصطناع طبقات المياه الجوفية

- تقييم جدوى تعديل الطقس ومنع التبخر من وجهة نظر اقتصادية وتكنولوجية على حد سواء

- تحسين طرق واساليب الحماية من الفيضان واغراق الاراضي بالمياه

- تطوير منتجات زراعية تستهلك مقادير قليلة من المياه وتحسين زراعة المحاصيل البعلية وتوسيع نطاقها .