الفصل الثالث

زيادة كفاءة استعمال المياه

ساندرا بوستل

ترجمة د. الياس سلامة

على الرغم من التقدم في التكنولوجيا الحديثة والانجازات الهندسية الكبيرة، يبقى ضمان مستقبل مصادر مائية آمنه لمعظم مناطق العالم هدفاً غير محقق. فالفلاحون في العديد من مناطق انتاج الغذاء الرئيسه في العالم يواجهون تقنينا لمصادر المياه، وفي بعض الحالات شحا في هذه المصادر مما يهدد انتاج الغذاء في المستقبل. لقد تم تقنين المياه المنزلية لملايين السكان في مدن نيوارك، نيوجيرزى، كوربوس كرستي، تكساس، ماناجوا، نيكارجوا وتيان جن في الصين، وذلك نظراً لشح المصادر لهذه المدن المختلفة مناخياً[1] يتوقع راسمو السياسات المائية في انحاء كثيرة من العالم، سواء في المناطق الرطبه او الجافة، في المجتمعات الموسره او الفقيره، ان تصبح المصادر المائية اقل من المطلوب خلال العقدين القادمين.

وقد ركز مخططو السياسه المائيه عبر التاريخ على تطوير المصادر المائية من خلال بناء السدود والخزانات وقنوات التحويل بهدف تزويد المياه لمناطق الاحتياج بغض النظر عن الحجم المطلوب منها، وقامت الحكومات المختلفة ببناء وتمويل مشاريع مياه كبيرة بهدف تشجيع الزراعة والنمو الاقتصادي. ففي الولايات المتحدة على سبيل المثال كان قانون الاستصلاح لعام ١٩٠٢ يهدف إلى التوطين في مناطق الحدود الغربية عن طريق تقديم مياه وطاقة رخيصة للعائلات العامله في الزراعة. وادى هذا القانون إلى انشاء وكاله خاصة سميت «مديرية الاستصلاح»، كلفت بتطوير الانهار الغربية لاغراض الرى وانتاج الطاقة. ومنذ عام ١٩٠٢ أنشئت مئات السدود، وقامت هذه المديرية ببناء او التكليف ببناء

١٦٠ مشروع ريّ. وبشكل اجمالي، فأن المشاريع المذكوره تزود حوالي ربع المناطق المرويه في الاراضي الغربية بالمياه[٢].

وباعتبار الماء عاملاً رئيساً للنمو الاقتصادي والازدهار فقد تطورت مصادر المياه في العديد من دول العالم دون المراقبه المطلوبه. حيث حفر الكثير من الناس الابار الخاصة دون تنظيم كاف لكميات المياه التي يتم ضخها. وهكذا انتشرت المدن والمزارع عبر الصحارى التي جرت المياه إليها. وغطيت الاحتياجات المتزايده ببناء سدود اكبر ومشاريع تحويل للمصادر المائية. وتم حساب الاحتياجات المستقبليه من قبل المخططين دون اعتبار ما اذا كانت المصادر المتاحه ستكون كافيه لتلبيه هذه الاحتياجات. ونادرا ما ادخلت في الخطط المختلفة اعتبارات للتكيف مع مصادر مائية شحيحه.

ان المؤسسات الحالية العامله في قطاع المياه ـ السياسات المائية والحقوق المائية، اضافة إلى الدوائر الحكومية والطرق المتبعة في التخطيط والهندسه ـ التي تضع طرق استخدام المياه باتت غارقة في فلسفة لادارة تزويد المياه غدت مع الوقت غير ملائمة. فنضوب الطبقات الحاملة للمياه، وانخفاض مستويات المياه الجوفية اضافة إلى نقص تصريف الانهر ادت إلى الانتشار المتزايد لظاهره التدمير البيئي. وعلى الرغم من ان الطرق المتبعه في التوسع في تزويد المياه سوف تنجح لو كانت المصادر متوفره، إلا ان هذه الطرق اصبحت غير ملائمة في عصر يتصف بالندره المتزايده وارتفاع كلفه تطوير المصادر المائية اضافه إلى التدمير البيئي[٣].

ان معظم دول العالم الثالث لم تطور مصادرها المائية بالقدر الذي طورته الدول الصناعية، ولهذا تواجه هذه الدول تحديا محددا في وقت الندره وارتفاع الكلفه. واضافة إلى ان اقتصاد العالم الثالث يعتمد اعتمادا كبيرا على الزراعة فإن الزراعة المرويه تستهلك ٨٥ ـ ٩٠٪ من مصادر المياه التي تم تطويرها؛ وتتطلب التجمعات السكانية والصناعات الاساسية وتأمين مصادر الغذاء لاعداد متزايده من السكان في هذه الدول تتطلب مياه اضافية كثيرة. وتواجه هذه الدول صعوبات

في الطاقة ورأس المال لتطوير المصادر المائية اكثر مما واجهته الدول التي اعتمدت التصنيع في بداية هذا القرن. قليل من الدول سيكون بامكانها مضاعفه كميات المياه المستخرجه كما فعلت الولايات المتحدة من عام ١٩٥٠ إلى ١٩٧٠(٤).

يمكن رفع كفاءة المياه برفع كفاءة الاستعمال لكل لتر في الانتاج الغذائي والصناعي وفي نمو السكان دون زيادة موازيه في الطلب على المياه. ويعطي الاستثمار في رفع كفاءة استعمال المياه (مثل اعادة الاستعمال والمحافظة على المياه) كمية لكل دولار مستثمر اكبر من الكمية التي تعطيها الطرق الحالية المتبعه في مشاريع التزويد. إلا ان امكانية الاستثمار هذه مهدده بسياسات الاسعار وحقوق المياه التي تشجع على ابقاء الانماط الحالية، ضعف في الكفاءة وزيادة في الاسراف. ولكي تتوسع طرق توفير المياه والمحافظة عليها والتي لا تستعمل إلا نادراً في الوقت الحاضر وجب ازاله العوائق التي تسببها المؤسسات العامله في قطاع المياه. ان طريقه تدبير المياه وادارتها ستؤدى في النهاية إلى تأمين المصادر وضمان استمرارها اكثر من الطرق الحالية المتبعه في ايجاد مصادر جديده لتغطية المطلوب.

طرق الرّى الموفره للمياه:

ازدادت المساحات المرويه في العالم منذ عام ١٩٥٠ بثلاث أضعاف حيث اصبحت الان حوالي ٢٧٠ مليون هيكتار. فبالاضافة إلى استخدام الاسمده والحبوب العاليه الانتاج ساعدت عمليات ريّ الاراضي في انتشار الثوره الخضراء في الستينات والسبعينات من هذا القرن. وادى الاندفاع وراء الزيادة والتوسع في الرّى إلى قلة التفكير في الكفاية التي تعمل بها انظمة الرّى، وإلى فقدان كميات كبيرة من المياه اثناء جرها من الخزانات إلى المزارع، او عند توزيعها على المزارعين او استغلالها في الحقول. ولذا فأن معدل كفاءة الاستعمال للرى على مستوى العالم يقدر بـ ٣٧٪ فقط. هذا وتعود بعض المياه المفقوده إلى الجداول او إلى الطبقات المائية حيث يمكن اعادة استخراجها اذا توفرت البنيه الاساسية لوسائل الاستخراج. إلا ان معظم هذه المياه تصبح غير صالحة في نوعيتها لانها تأخذ معها

الاملاح والمبيدات الحشرية وبعض المواد السامه من التربة[٥].

فبالاضافة إلى ان الزراعة تستهلك حوالي ٧٠٪ من مصادر المياه في العالم بشكل عام إلا انها تمثل المستهلك الاول للمصادر المائية في معظم دول العالم. يمكن اعادة استعمال ٩٠٪ من المياه التي تستخدم في الاغراض المنزلية والصناعية إلا أن ما يعود من مياه التصريف العائده من الاستخدام الزراعي لا يزيد عن ٥٠٪ حيث يستهلك الباقي منها في عمليات التبخر والنتح مما يؤدي إلى نضب المصادر. وعلى الرغم من ان توفير المياه لا يتأتى إلا بتقليل الاستهلاك إلا ان الاقلال من استخراج المياه سواء كانت تستعمل او لا تستعمل سيؤدي إلى اطاله عمر الخزان المائي او الطبقات الجوفية ويجعلها تخدم مناطق اوسع. فعلى سبيل المثال، يؤدى رفع كفاءة الرّى بمقدار ١٠٪ في حوض نهر الاندس في الباكستان إلى توفير مياه تكفي لرى مليون هكتار اضافية[٦].

ما يزال معظم المزارعين يستعملون طرق الرى التي استعملها اجدادهم قبل ٥٠٠٠سنة وذلك عن طريق غمر المزارع بالمياه او بملء قنوات الرّى داخل المزارع حيث يجرى الماء بقوة الجاذبيه عبر الحقول المائله قليلا متسربا داخل التربه على طول المجرى. طرق الرّى هذه (الرّى السطحي)، هي اقل طرق الرّى كلفه واكثرها استعمالا في الوقت الحاضر. إلا انه، ولسوء الحظ، فأن معظمها يفشل في توزيع المياه بشكل متساوٍ في الحقل ولذا يضطر المزارع إلى استعمال كميات اكبر من المياه لضمان وصولها إلى المناطق المرتفعة داخل حقله. فبعض المناطق تحصل على كميه اكبر من حاجه المحصول ولهذا تتسرب المياه الفائضة إلى مناطق اعمق من منطقة الجذور او تتصرف خارج الحقل[٧].

لهذه الاسباب تقل فعالية الرّى السطحي عن ٥٠٪ حيث ان ٥٠٪ فقط من المياه المستعمله تفيد المحاصيل. هناك طرق عديدة لتحسين انتاجية هذا النوع من الرّى منها عمليات تسوية الاراضي المزروعة التي تعتبر واحدة من اهم الطرق لضمان توزيع المياه بالتساوي، لانه حتى يتم ريّ مزروعات تقع على ارتفاع ثلاثة

سنتيمترات فقط فوق مستوى المنطقة المحيطة يحتاج المزارع إلى اضافة ٤٠٪ من المياه إلى الكمية المستعمله لري الحقل. لذا فأن تسويه الحقول يمكن ان تخفض الحاجة إلى المياه بشكل كبير اضافة إلى تسهيل عملية توزيع المياه وتقليل انجراف التربة وزيادة انتاجية المحصول. ويمكن اجراء التسوية في الحقول باستعمال وسائل اعتياديه مثل التراكتور او حيوانات تجر المعازق، إلا ان معظم المزارعين يحتاج إلى التدريب والمساعده في مسح الحقول المبدئي وفي طرق التسويه. وفي السنوات الاخيرة اخذ المزارعون في الولايات المتحدة وغيرها باستخدام اجهزة الليزر لتسوية حقولهم حيث ستؤدي هذه التسوية إلى رفع كفاءة الانتاج إلى حوالي ٩٠٪[٨].

وفي العقدين الاخرين، زادت مساحات الاراضي المرّويه بوسائل مختلفة منها الرشاشات المضغوطه التي تقوم بتوزيع الماء بشكل متوازٍ اكثر من طرق الرّى السطحي وتعطي كفاءة انتاج تساوى حوالي ٧٠٪. إلا ان كميه كبيرة من المياه تضيع في هذه الحالة بالتبخر خاصة في المناطق الجافة والمعرضه للرياح. وهناك طريقة جديدة تعرف Low Enevgy Percission Applicatian لها فوائد وحسنات تفوق طرق الرشاشات العادية. فبدل ان يرش الماء عاليا في الهواء توصل طريقة ليبا المياه إلى النبته بواسطة انابيب تنقيط تمتد عموديا من اذرع الرش. وعندما تستخدم هذه الطريقة بعد اعداد الحقول بهدف توفير المياه فأن ليبا تؤدي إلى كفاءة استعمال تصل إلى ٩٨٪. وحيث ان هذا النظام يعمل بالضغط المنخفض فأن احتياجات الطاقة تقل بمقدار ٢٠ ـ ٣٠٪. ومن الفوائد الرئيسة لطريقة ليبا هي امكانية اضافتها إلى انظمه الرش القائمة. وبالنسبة لكثير من المزارعين فأن كلفه اضافه نظام ليبا إلى انظمه الرش القائمه يمكن استرجاعها من خلال توفير كلفه الضخ خلال فترة ٥ ـ ٧ سنوات[٩].

اما بالنسبة لمحاصيل الفواكه والخضار والبساتين فقد انتشرت فيها وبسرعة خلال العقد الماضي طرق ريّ توفيريه تعرف بطرق الرّى الدقيقه (MicrO ومنها

الرّى بالتنقيط حيث تمتد شبكه انابيب مثقبه او مشرحه فوق او تحت سطح التربة وتزود جذور النبات بالمياه مباشرة مما يقلل فقدان الكثير من الماء بالتبخر والتسرب. ولتزويد المزروعات بكميات كافية من المياه يوفر الري بالتنقيط ٢٠ ـ ٢٥٪ من الماء مقارنة مع الرّى بالرشاشات و ٤٠ ـ ٦٠٪ مع طرق الرّى السطحي[١٠].

وعلى الرغم من ان مبادىء الرّى بالتنقيط كانت قد طورت قبل اكثر من قرن من الزمان إلا ان استعمالها بطرق اقتصادية مجديه لم يبدأ إلا بعد الحرب العالمية الثانية وذلك بعد انتاج انابيب من البلاستيك الزهيده الثمن. وفي أواسط السبعينات كانت ست دول هي استراليا، اسرائيل، المكسيك، نيوزيلاندا، جنوب افريقيا، والولايات المتحدة تروي جزءاً كبيراً من اراضيها بطريقة الرّى بالتنقيط. وبلغ مجمل الاراضي المروية بالتنقيط حوالي ٦٥ الف هيكتار. ويزداد استعمال هذه الطريقة بشكل مستمر (جدول٣ ـ ١). تروى اسرائيل حاليا ٧٣,٢٠٠ هيكتار بطريقة الرى بالتنقيط مقارنة بـ ٦,٠٠٠ هكتار قبل عقد من الزمان ويتم ري ١٠٩,٠٠٠ هيكتار في اسرائيل حاليا بطرق التنقيط والرشاشات الدقيقة وهذا يعادل نصف الاراضي المرويه فيها[١١].

اما في الولايات المتحدة فأن طريقة التنقيط تستعمل لرى جزء زهيد من الاراضي فقط، مع ان استعمالها قد زاد كثيرا في العقد الماضي من ٢٩ الف هيكتار عام ١٩٧٤ إلى ٢٢٦ الف هيكتار عام ١٩٨٣. تقع نصف هذه المساحة في ولاية كاليفورنيا وخمسها في ولاية فلوريدا. وتستعمل الطرق الدقيقة في رى اكثر من ٤٧٥ الف هيكتار في العالم، وهذا يمثل اقل من ١٪ من مجموع المساحات المروية. هذا وقد تضاعفت المساحة المروية ثماني مرات خلال العقد الماضي[١٢].

وعلى الرغم من امكانية التقنيات الحديثة في تخفيض الحاجة إلى مياه الزراعة، فأن هذه التقنيات مكلفه ومعقده بالنسبة للمزارع في العالم الثالث. من البحوث ذات الاهمية هو وضع المبادىء العلمية للطرق الحديثة للرى بشكل تقنيات ملائمة للامكانات المادية للدول النامية. ومن الطرق المعروفة طريقة الرى بالحاوى

جدول ٣ ـ ١ استعمال طرق الرى الدقيق في العالم وفي بعض الدول ١٩٧٤ و ١٩٨١ / ١٩٨٢[١].

الدولة	١٩٧٤	١٩٨١/١٩٨٢[٢]
	هيكتار	
الولايات المتحدة	٢٩,٠٦٠	١٨٥,٣٠٠
اسرائيل	٦,٠٧٠	٨١,٧٠٠
جنوب افريقيا	٣,٤٨٠	٤٤,٠٠٠
فرنسا	ـــــ	٢٢,٠٠٠
استراليا	١٠,١٢٠	٢٠,٠٥٠
الاتحاد السوفيتي	ـــــ	١١,٢٠٠
ايطاليا	ـــــ	١٠,٣٠٠
الصين	ـــــ	٨,٠٤٠
قبرص	١٦٠	٦,٦٠٠
المكسيك	٦,٤٧٠	٥,٥٠٠
بقية العالم	١,٠١٠	٢١,٩٧٠
المجموع	٥٦,٣٧٠	٤١٦,٦٦٠

١ ـ تشمل طرق التنقيط السطحي وتحت السطحي والرشاشات الدقيقة.

٢ ـ تابع المثال للحصول على بعض التقديرات الحديثة.

SOURCE: 1974 estimates from Don Gustafson, «Drip Irrigation in the World - State of the Art,» in Israqua' 78: Proceedings of the International Conference on Water Systems and Applications (Tel Aviv: Israel Center of Waterworks Appliances, 1978); 1981-82 estimates adapted from J.S. Abbott, «Micro Irrigation - World Wide Usage,» Bulletin of the International Commission on Irrigation and Drainage, January 1984.

obeikandl.com

(Pitcher Irrigation) التي تتضمن خصائص قريبه من الرى بالتنقيط. تزرع حبوب الخضروات والفواكه حول حاوى ارضي للمياه مصنوع من الخزف، ويملأ المزارع الحاوى بالمياه التي تتسرب خلال المسامات إلى منطقة الجذور. وكما في حاله الرى بالتنقيط يمكن توفير ما يمكن ان يفقد من المياه عن طريق التبخر والتسرب. يتم تصنيع هذه الحاويات في كثير من الدول النامية وهي طريقه قليله التكاليف ومجديه لتزويد المزروعات بالمياه. تشير التجازب في الهند إلى ان الرى بالحاويات الارضية يعمل بشكل جيد في زراعة البطيخ والقرع. وفي الفترة الاخيرة بدأت مجموعات من المزارعين في ولاية بياو (Piaui) في البرازيل باستعمال هذه الطريقة في الرى[١٣].

وإذا اخذنا استثمارات تقدر بحوالي ٥ الاف دولار لكل هيكتار من الاراضي لتطوير المشاريع الزراعية الكبيرة في دول العالم الثالث، في هذه الحالة، يتفق الخبراء على ضروره بذل جهود سريعه لتطوير كفاءة انظمة الرى في مواقع الاستعمال. ويساعد تحسين ادارة الرى بالقنوات على توفير استهلاك المياه بمقدار ١٠ ـ ١٥٪ على الاقل مما يسمح برى اراضي جديده بكلفه اقل بكثير من تطوير مصادر مياه جديده. يقدر البنك الدولي، على سبيل المثال، بأن تقليل الفاقد من الانظمة المستعمله لرى ١٣ مليون هيكتار في الباكستان يتراوح بين ١٥ و ٣٠٪، سيوفر مياه تستغل في الرى تعادل ثلاثة اضعاف سعه سد تاربيلا (Tarbela) وهذا يساوي استثمارا يبلغ ٩ بليون دولار[١٤].

يختلف معنى تعبير «الاداره الافضل» من مشروع لاخر. فالمشاكل العادية التي تشمل الفاقد الكبير نتيجة لتسرب المياه من القنوات التي تنقل الماء من الخزانات إلى الحقول، وضعف وسائل توزيع المياه بين المزارعين المستفيدين من مشروع معين، وعدم قدرة المزارعين على التحكم في كمية مياه الرى واوقات ذلك الرى، تؤدي إلى زراعة مساحة اصغر من تلك التي خطط لها مسبقا عند تصميم المشروع، وهذا يساهم في قلة المردود من استثمارات الرى. يحصل المزارعين على مياه كثيره في حين يحصل اخرون على كميات قليلة، اضف إلى هذا ان عدداً زهيداً

من المزارعين يعطي المزروعات الكميات المناسبة من المياه.

لا تعمل هذه النواقص على تخفيض انتاجية المصدر المائي فحسب، بل على تخفيض الانتاج الغذائي وتوجه المواطنين نحو الزراعة. يدل التحليل لمشروع رى راجانجان (Rajanjane) في سيرالانكا، على سبيل المثال، على ان المزارعين الموجودين في الطرف البعيد من نظام الرى يحصلون على مردود يصل إلى اقل من $\frac{1}{5}$ ما يحصل عليه المزارعون الموجودون عند بدايه القناه. وعلى الرغم من استعمال الاسمدة فأن انتاج الارز في معظم الحقول كان اقل مما يمكن انتاجه(١٥).

ويستثمر المزارعون في مجالات تدعم انتاجيتهم كالاسمدة والحبوب ذات الانتاجية العالية عندما يتأكدون أن هناك مصادر مائيه كافيه وذلك لان كثيراً من انظمه قنوات الرى تورد المياه حسب برامج صارمه خارجه عن سيطرة المزارع. يشير السيدروبرت تشامبر (Robert Chambers) من جامعة سوسكس إلى ان المزارعين في غوجارات في الهند على استعداد ندفع ٧ ـ ٩ اضعاف كلفه مياه القنوات ثمناً للمياه الجوفية وذلك لانه لا يمكن الاعتماد على مياه القنوات(١٦).

ومهما كان نوع النظام المستعمل للرى سواء غمر المنطقة بالمياه او بالقنوات او بالرشاشات او بالتنقيط فأن بامكان المزارعين في كل مكان تنظيم عمليات الرى بما يتناسب واحتياجات محاصيلهم من المياه. وهذا يتطلب مراقبة دورية لرطوبة التربة، ورى المزروعات عند الحاجة. وبامكان المزارعين الفقراء استخراج عينات من التربة من اعماق مناسبه وتقدير نسبه الرطوبه من مرونه التربه. واذا توفرت قياسات الامطار وعمليات النتح والتبخر فانه بامكان المزارعين المحافظه على ميزانيه المياه، والرى، فقط، عندما تظهر حساباتهم بأن المزروعات بحاجة إلى كمية اكبر من الماء. من الاجهزة الكثيرة التي تقيس رطوبة التربة قوالب الجبص ذات الكلفه القليلة والاستعمال السهل. وعندما تدفن هذه القوالب في التربة قريبة من الجذور تكتسب نفس نسبه رطوبة التربة التي حولها، وتتصل هذه القوالب

بجهـاز يقيس المقـاومه الكهربائيه وتعطي المزارع نسبه الرطوبة في التربة. ففي حقول زراعة البرسيم والحبوب التي جرى فيها استعمال قوالب الجبص امكن توفير ١٤٪ من مياه الرى في حالة البرسيم و ٢٧٪ في حالة الحبوب وذلك عندما قيست مع حقول مجاورة[١٧].

تتصف انظمة الري بعدم الفاعلية في معظم دول العالم الثالث؛ ومع هذا فمن الممكن الحصـول على فوائد رئيسة من الانتاجية المائية بكلفه قليلة. يمثل وادى نهر كلارو (Claro) في تشيلي مثـالاً جيداً حيث قام وزير الاشغال التشيلي بمساعده خبراء فنيين من المانيا الغربية والجامعة الكاثوليكية في تشيلي بدراسة لمعرفة الفـوائـد المتوخاه من ادخال تحسينات بسيطه غير مكلفه على طرق الرى. دلت الـدراسـات على ان كفـاءة انظمة الرى تصل إلى حوالي ٢٠٪ فقط، وان قدرة التصريف ضعيفه، اضافة إلى ان مواد التغذية النباتية قد غسلت بعيداً عن منطقة الجذور؛ ولقد اسهمت هذه الامور جميعها في تقليل الانتاج[١٨].

قام فريق البحث بادخـال تعـديلات على انـماط الرى بالقنوات والاغراق التقليدية في مناطق مختارة من اجل الحصول على توزيع افضل للمياه ضمن الحقل الـواحـد. وتمت مراقبـة رطوبة التربة، وجرى رى المحاصيل عندما انخفضت الرطوبة في منطقة الجذور إلى النصف، بكلفه سنويه مقدارها ٢٠ ـ ٣٠ دولار لكل هيكتار. ادت هذه التحسينات في الرى إلى نتائج مذهله (جدول رقم ٣ ـ ٢). فنصف الرى المراقب اعطى كفاءة ٦٠٪ بينما كانت النسبة في الحقول غير المراقبة ١٥٪. وتضاعف انتاج البرسيم مقارنة بالحقول غير المحسنة. وكان انتاج البطاطا اكثر بمقدار الثلثين، وانتاج الشعير اعلى بمقدار ٤٣٪. كما كانت انتاجية المياه، مقاسه بانتاجية المحاصيل لكل وحده ماء مستعمله، اعلى بمقدار ٣٠ ـ ١٣٦٪.

جدول ٣ ـ ٢ تشيلي : مكاسب انتاجية المياه في وادي نهر كلارو

انتاجية المحصول لكل م٣

المحصول	غير محسن	محسن[١]	نسبة التغير
	كيلوغرام		٪
البرسيم	٠,٢٨	٠,٦٦	+١٣٦
الشعير	٠,٣٠	٠,٥٨	+٩٣
الفاصوليا	٠,١٠	٠,١٣	+٣٠
البطاطا	٠,٢٥	٠,٥٥	+١٢٠

١ . لم تزد كلفة التحسينات عن ٣٠ دولارا لكل هيكتار.

SOURCE: Gaston Mahave and Jorge Dominguez, «Experiments at Farm Level to Introduce Technology in Irrigation: Its Influence on Production and Water Resources,» in Brazilian National Committee, Transactions of the 1st Regional Pan - American Conference, Vol. 1, Salvador (Bahia), Brazil, October 1984.

انماط الزراعة الحديثة : ـ

على الرغم من ان انتشار الرى قد ساعد كثيراً في تثبيت هذه الوسيلة الجديدة لانتاج المحاصيل في الجيل الماضي، إلا ان ٨٠٪ من الاراضي الزراعية في العالم مازالت تروى بمياه الامطار مباشرة. وتنتج هذه الاراضي ثلثي انتاج العالم من المحاصيل وتوفر الاحتياجات الغذائية لكثير من سكان دول العالم الثالث المتزايدين. ويمكن تحويل بعض هذه الاراضي، وسوف يحُول، إلى اراضي مرويه في المستقبل. ولكن نظراً لارتفاع كلفة مشاريع الرى الحديثة (١٠ ـ ١٥) الف دولار للهيكتار الواحد في معظم مناطق افريقيا فأن التوسع في الرى لن يكون في

اغلب الحالات هو الحل المحتمل لزيادة الانتاج الغذائي[١٩]. ان الادارة الفعالة للمياه في الاراضي غير المرويه لها نفس الاهمية في زيادة الانتاج كالاراضي المروية. كان الرى موضع الاهتمام الرئيسي في العقود الاخيرة، لذا اهملت عمليات تحسين انتاجية المياه في الاراضي البعليه.

فالزراعة البعلية (زراعة الاراضي الجافة في المناطق الجافة وشبه الجافة) اذن هي مشاريع مخاطرة. وبغض النظر عن تاريخ تسجيل كميات الامطار ليس هناك اي ضمان بأن الامطار ستكون كافية لرى المزروعات. ففي سنى الجفاف تشكل الادارة المائية في الاراضي البعلية الفرق بين نجاح وفشل المحاصيل. فاصطياد وحفظ مياه الامطار في الارض، وتقليل كميات التبخر واختيار المحاصيل المناسبة للبيئة المعنية تمثل المفتاح الرئيسي لزيادة الانتاجية. يذكر باحثو وزارة الزراعة الامريكية B.A.Stewart and Earl (Burnett) أن مركبات انتاج الزراعه البعليه المذكوره اعلاه معروفه منذ قرون إلا ان التقدم في تبني هذه الطرق لمناطق معينه ومحدده كان بطيئا[٢٠].

واذا اعتبرنا ان الماء هو العامل المحدد للانتاج الزراعي فاننا نجد ان كمية المحصول تتناسب طردياً مع كمية المياه المتوفرة لعملية النتح والتبخر. يمكن لنبت الذره السكريه، على سبيل المثال، انتاج ١٥ كيلو غراماً من المادة الجافة لكل ميليمتر اضافي من المياه تمتصه جذورها ان زيادة كمية الرطوبة المخزونة في منطقة الجذور تمكن المزارعين من زيادة محصولهم[٢١].

يمكن الاستفاده الفعلية من مرحلة الراحة (الفترة بين الحصاد والزرع) في زيادة رطوبة التربه. فعندما تترك الحقول دون زراعة تتجمع مياه الامطار في منطقة الجذور وتساعد في التعويض عن الفرق بين حاجات النبات في فصل الزراعة وكمية المطر التي تهطل في فصل النمو. وجد الباحثون بأن المحاصيل تزداد بصورة جذرية اذا خططت فترات الزراعة والراحة للتربة بدقة مقارنة مع الاراضي التي

تزرع باستمرار. وقد تعوض زيادة الانتاج هذه عن العدد الاقل للمواسم الزراعية المستغله. لقد ازداد انتاج محاصيل القمح مثلا إلى ضعفين او ثلاثة اضعاف بعد سنة واحده من الراحة مقارنة مع الزراعة المستمره(٢٢).

تعتبر الحراثة التي يقصد بها المحافظة على التربة ومساعدة المزارعين على توفير الطاقة وحماية التربة من الانجراف من اهم واكثر الاجراءات فعالية في المحافظة على المياه. تعرف هذه الطريقة بالحرائه الدنيا وتتمثل في ترك بقايا الحصاد في الحقول للمساعدة في اصطياد مياه الامطار وابطاء الجريان السطحي وتقليل التبخر من التربة، وهكذا تزداد رطوبة التربة. تشير احدى الدراسات في السهول المرتفعة في جنوب الولايات المتحدة إلى ان انتاج الذرة السكرية قد ازداد طردياً مع كمية بقايا النباتات المتروكة في الارض بعد الحصاد لفترة ١١ شهرا من الراحة. (جدول رقم ٣ ـ ٣). فعندما كانت كمية البقايا النباتية ٨ طن لكل هكيتار تمكنت التربة من المحافظة على ٤٤٪ من مياه الامطار التي هطلت اثناء فترة الراحة مقارنة مع ٢٣٪ للحقول التي تم تنظيفها من بقايا النباتات. كانت كمية انتاج الذرة السكرية من الحقول التي احتوت على ٨ طن من البقايا لكل هيكتار ضعف كمية انتاج الحقول التي تم تنظيفها ـ هذه بالطبع زيادة كبيرة ناتجة عن المحافظة على مياه الامطار.

وقبل حوالي ٤ الاف سنة، استعمل المزارعون طريقة الزراعة بمياه الجريان السطحي حيث تم حجز مياه الامطار وجرها في قنوات لتعطي كميات اضافية للمزروعات في حقول غير ملائمة بيئيا لهذا الهدف. لقد سمحت هذه الطرق للحضارات الزراعية هذه بالانتعاش في مناطق لا تزيد كمية الامطار السنوية فيها عن ١٠٠ مم (٤ بوصات). انتشرت هذه الطرق في الشرق الاوسط وشمال افريقيا والهند وشمال غرب المكسيك وفي جنوب غرب الولايات المتحدة. واذا ما اضيفت، إلى طريقة الرّي بالجريان السطحي المعروفة منذ القدم، المعلومات المتوفرة حاليا عن احتياجات المحاصيل للمياه وتوزيع الامطار فانه بامكان الطرق الجديثة للرى بالجريان السطحي زيادة انتاجية الزراعة البعلية في المناطق الجافة وتقليل احتمالات

عدم نجاح المحصول(٢٣).

من الطرق المبشرة في زيادة الانتاج الزراعي في المناطق صغيرة المساحة هي طريقة الزراعة في مناطق الرفد الصغيرة، حيث تهيء الارض حول النبتة بحيث تنساب مياه الامطار من منطقة كبيرة نسبيا إلى منطقة صغيرة حول النبتة، وبهذا تحصل النبتة على كمية اكبر من مياه الامطار التي لا تصلها عاده دون استعمال هذه الطريقة. دلت التجارب التي اجريت في صحراء النقب في اسرائيل على ان كلفة اعداد الهكيتار لاستغلاله بالطريقة المذكوره اعلاه هي ١٠ ـ ٤٠ دولارا. وتعتمد الكلفه على مساحة مناطق الرفد التي تزود النبات بالماء الكافي.

جدول ٣ ـ ٣ تأثير الحراثة الهادفة للمحافظة على المياه على خزن المياه وانتاج الذرة السكرية في السهول المرتفعة لجنوب الولايات المتحدة.

كمية بقايا النباتات في الحقول كل هيكتار	نسبة مياه الامطار المخزونة في التربة اثناء فترة الراحة	انتاج الذرة السكرية لكل هيكتار
طن	بالمائة	كيلوغرام
٠	٢٣	١٧٨٠
١	٣١	٢٤١٠
٢	٣١	٢٦٠٠
٤	٣٦	٢٩٨٠
٨	٤٤	٣٦٨٠
١٢	٤٦	٣٩٩٠

SOURCE: B.A. Stewart and Earl Burnett, «Water Conservation Technology in Rainfed and Dryland Agriculture,» paper presented at the International Conference on Food and Water, College Station,Tex., May 26-30, 1985, based on data in P.W. Unger, «Straw - Mulch Rate Effect on Soil Water Storage and Sorghum Yield,» Soil Science Society of America Journal, Vol. 42, 1978.

على الرغم من امكانية تطبيق مثل هذه الطرق في مجالات الزراعة الكثيفة وانظمة الزراعة للاكتفاء الذاتي التي يتصف بها العالم الثالث إلا ان استعمالها ما يزال محدوداً. وبما ان هذه الطريقة تصلح للمحاصيل الشجرية إلا انه يمكن استعمالها لدفع جهود التحريج التي تجمع بين انتاج الغذاء والكلأ واخشاب الوقود التي تحتاجها افريقيا جنوب الصحراء الكبرى(٢٤).

تزداد اهمية الماء كعامل محدد لانتاج الغذاء، ولذلك يجب توجيه انتباه اكثر إلى معرفة خصائص المزروعات واختيار الانواع التي تعطي انتاجية أعلى بكمية المياه المتوفره. وتختلف المزروعات في مدى مقاومتها للجفاف وتحملها للملوحه وكمية الماء التي تستهلكها من وقت البذر حتى الحصاد، اضافة إلى طول فترة النمو لها. ففي الزراعة البعلية على سبيل المثال، يستطيع المزارعون الحصول على محصول افضل اذا تمت الزراعة في وقت يعطي للنبات فترة نمو تتناسب ومواعيد هطول الامطار من اجل حصول النبات على رطوبة كافيه. ويستطيع المزارعون ايضاً اختيار المحاصيل واستعمال التقنيات التي تتناسب مع الوضع والظروف الخاصة بنمو النباتات.

وفي المناطق التي تتصف بالجفاف، او قلة المصادر المائية يمكن اختيار محاصيل اقل حساسية لشح المياه مما يساعد في التصدى لقلة الانتاج. يعتبر الذرة والارز من الحبوب العادية شديدة الحساسية لشح المياه بينما تتمتع الذرة السكرية والقمح بمقدرة على تحمل الجفاف إلى حد ما. وعلى الرغم من ان الذرة والذرة السكرية تعانيان من قلة الانتاج اذا تعرضتا لفترات الجفاف الطويلة، فأن انتاج الذرة يقل بنسبة مئوية اكبر مع بقاء الظروف الاخرى ثابتة (٢٥). وهكذا تستطيع البحوث الخاصة الموجهة لزيادة انتاجية النباتات المقاومة للجفاف ان تعطي نفعاً كبيراً في المناطق التي لا يتوفر فيها الرى، وهذا يشمل معظم مناطق افريقيا.

ويظهر الرسم البياني لاستهلاك المزروعات المختلفة للمياه منحني بشكل الجرس، حيث يبدأ من نقطة منخفضة عندما تكون النباتات صغيرة ثم يعلو إلى

ان يصل إلى قمة الاستهلاك في فترة النمو الرئيسة، ثم ينخفض مع اقتراب وقت الحصاد. ويمكن القول ان النبات يكون اكثر حساسية لشح المياه في فترة الازهار او الانتاج اكثر من حساسيته لها اثناء فترة نضج المحاصيل. فعلى سبيل المثال، اذا لم تعطي نباتات الذرة كفايتها من الماء اثناء فترة انتاج الاسبال فان المحصول يقل بمقدار النصف. وعلى الرغم من ان الذرة السكرية والقطن وفول الصويا اكثر مقاومة للجفاف إلا ان انتاجيتها يمكن ان تنخفض بمقدار الثلث اذا شح الماء اثناء فترات النمو الحساسة(٢٦).

وفي المناطق التي لا تتوفر فيها امكانات الري الكامل، يمكن استعمال كمية المياه المحدودة المتوفرة في فترات النمو الحساسة. ويمكن تطبيق هذا النظام في العالم الثالث عن طريق تدريب المزارعين على استعمال كميات المياه المحدودة في فترات النمو الحساسة لتجنب حدوث المجاعات ويمكن ان يساعد كثيراً في ضمان الامن الغذائي.

هناك خاصية اخرى اصبحت تثير الاهتمام اكثر فاكثر، يمكن دراستها، وهي قدرة النبات على تحمل الملوحه. يعتبر نبات الفصه، والقطن والذرة السكرية وفول الصويا، والشمندر والقمح من بين النباتات التي تتحمل قدراً معتدلاً من الملوحه. تعتبر هذه الخاصية مفيده بشكل خاص في المناطق الصحراوية كمنطقة الشرق الاوسط، حيث ان جزءا كبير من المياه الجوفية المستخرجة مالحة للغاية. وللمحافظة على المياه العذبة لاغراض الشرب يستعمل السعوديون احيانا ماءً تزيد ملوحته عن ٢٠٠٠ جزء من المليون لانتاج الفصه والشمندر والقطن والسبانخ والهليون والبلح (وللمقارنة تحتوي مياه المحيطات على ٣٥٠٠٠ جزء من المليون والمياه التي تحتوي على اقل من ١٠٠٠ جزء من المليون تعتبر عذبه، وتعتبر الولايات المتحدة ان ٥٠٠ جزء من المليون هو الحد الافضل لمياه الشرب).

يعلق بعض العلماء امالاً كبيرة على الاستغلال التجاري للنباتات التي تتحمل الملوحة، وهي نباتات مؤهلة فسيولوجياً للبيئة المالحة. وقد قام الباحثون في مختبر

بحوث البيئة في جامعة اريزونا في تكسون بجمع بضعة الاف من النباتات العاشقة للملوحه تمثل ٨٠٠ نوعاً. ومن النسبه القليله التي تم فرزها للان يبدو ان هناك عدداً يمكن استعماله كعلف للحيوانات او لانتاج الزيوت النباتية. يتحمل الدجاج مثلاً، غذاء يحوي على ١٠ ـ ٢٠٪ من النباتات العاشقة للملوحة. وقبل زراعة النباتات العاشقة للملوحة بشكل تجاري يجب التأكد من الجدوى الاقتصادية لزراعتها وانباتها وحصادها وتسويقها[٢٨].

وعلى المدى البعيد، قد يؤدي شح المياه إلى انتشار انواع جديدة من المحاصيل. ومن هذه المحاصيل التي اثارت الاهتمام مؤخراً نبات الامارانث (Amaranth) وهو نبات ذو اوراق عريضة يعطي حبوباً تؤكل، وتشبه حبوب الحنطة، موطنه الاصلي في المكسيك وجواتيمالا وجنوب غرب الولايات المتحدة ومرتفعات جبال الاندز في امريكا الجنوبية. هذا النبات طيب المذاق، مقاوم للجفاف ويبدو انه سهل التأقلم لبيئات جديدة. ويقوم بزراعته حوالي ٢٠ مزارعا في الولايات المتحدة، وبعضهم ذو خبرة طويلة في هذا المجال، ويعتقدون انه له دورا هاماً، كمحصول، في السهول المرتفعة. يقول احد مزارعي الامارانث في كنساس انه قاوم الجفاف في السنوات الاخيرة اكثر من الذرة السكرية. إلا ان معطياته الحالية المتمثلة في انتاجيته المنخفضة وبعض المشاكل الفنية يجعل زراعته مكلفة، ومن غير المتوقع ان يحتل هذا النبات مساحات زراعية كبيرة على حساب الحبوب العادية دون اجراء المزيد من الدراسات والتطويرات[٢٩].

تدوير المياه واعادة الاستعمال

تستعمل مياه الانهار والبحيرات او الطبقات الحاملة للمياه في تزويد المدن والصناعات. وبعد استعمالها في المنازل او المصانع تصرف كمياه عادمه إلى اقرب مجرى مائي. ان معالجه المياه قبل صرفها إلى المنطقة المحيطة لا يحمي الانهار والجداول والطبقات فحسب بل تمثل هذه العملية الخطوة الاولى لتدوير واعادة استعمال المياه. فاستعمال المياه اكثر من مره يمكن من زيادة الانتاج لكل لتر من المياه ويقلل الحاجة إلى تطوير مصادر جديدة. يمكن ان تخدم المياه النقية الصالحة

للشرب اكثر من غرض مما لا يتطلب درجة نقاوه مياه الشرب. ولذا يمكن اعادة استخدام كمية كبيرة من المياه العادمه ضمن نفس المصنع او المنزل او العمل (هذه العملية تدعى تدوير المياه) وبالامكان ايضا جمع المياه العادمة لاكثر من مصدر ومعالجتها وتوزيعها على استعمالات اخرى (هذه العملية تدعى اعادة الاستعمال).

وبلغت كمية المياه المستعملة في الولايات المتحدة في عام ١٩٧٨ حوالي ٤٩ بليون متر مكعب، وهذه اخر سنة يتوفر عنها الاحصاءات الكافية. وبالمتوسط، استعمل كل متر من المياه ٣,٤٢ مره قبل ان يتم تصريفه نهائيا. وفرت هذه العملية استغلال ١٢٠ بليون متر مكعب من المصادر المائية الامريكية. يستهلك اكثر من ٨٠٪ من المياه المستعملة في صناعات الولايات المتحدة في اربع صناعات رئيسه هي: الورق، المواد الكيمائية، البترول، الفحم والمواد الاساسية ـ وكل هذه الصناعات زادت كميات المياه المدوره داخل مصانعها بشكل متواصل خلال العقود القليلة الماضية (جدول رقم ٣ ـ ٤). فكل متر مكعب تزود به صناعة الورق التحضيريه على سبيل المثال يستعمل بالمعدل ٧,٢ مره. وبشكل عام، فأن معدل تدوير المياه في صناعة الورق قد ارتفع من ٢,٤ إلى ٥,٣ مره. تستعمل مصافي البترول الماء حوالي سبع مرات وصناعات الانتاج الكيمائي ٢,٩ مره، والمواد الاساسية التي يسيطر فيها تصنيع الفولاذ ١,٩ مرات.

وعلى الرغم من التقدم المذهل فأن امكانيات تدوير المياه في التصنيع نادرا ما استنزفت. فالكثير من طرق مراقبة التلوث الصناعي والحد منه تخطط لتدوير المياه. وحيث ان المياه العادمه يجب ان تعالج إلى درجة عالية قبل صرفها وذلك حتى تناسب التعليمات البيئية فأن تدوير المياه بعد معالجة جزئية داخل المصنع تصبح ذات جدوى اقتصادية اكثر من تكاليف المعالجة العالية لتلائم تعليمات الصرف الصحي. وبما ان مواصفات مراقبة التلوث تزداد شده فأن نسب تدوير المياه تميل إلى الزيادة المطرده.

جدول ٣ ـ ٤ الولايات المتحدة: نسب تدوير المياه في الصناعات الرئيسه ١٩٥٤ ـ ١٩٧٨ مع التوقعات لسنة ١٩٨٥ وسنة ٢٠٠٠.

السنة	الورق والمنتجات المرتبطه به	الكيميائيات والمنتجات المرتبطه به	منتجات البترول والفحم	صناعات المواد الاساسية	جميع الصناعات
١٩٥٤	٢,٤	١,٦	٣,٣	١,٣	١,٨
١٩٥٩	٣,١	١,٦	٤,٤	١,٥	٢,٢
١٩٦٤	٢,٧	٢,٠	٤,٤	١,٥	٢,١
١٩٦٨	٢,٩	٢,١	٥,١	١,٦	٢,٣
١٩٧٣	٣,٤	٢,٧	٦,٤	١,٨	٢,٩
١٩٧٨	٥,٣	٢,٩	٧,٠	١,٩	٣,٤
١٩٨٥	٦,٦	١٣,٢	١٨,٣	٦,٠	٨,٦
٢٠٠٠	١١,٨	٢٨,٠	٣٢,٧	١٢,٣	١٧,١

Sources: U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, Water Use in Manufacturing (Whahington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1981); Projections from Culp/ Wesner/ Culp; Water Reuse and Recycling: Evaluation of Needs and Potential, Vol. 1 (Washington, D.C.: U.S. Department of the Interior, 1979).

قد تكون النسب المتوقعة لسنة ١٩٨٥ الواردة في جدول رقم ٣ ـ ٤ مبالغاً فيها جزئياً، إلا انه من المتوقع ان تزيد معدلات تدوير المياه في صناعات المعادن الاساسية والورق في عام ٢٠٠٠ إلى حوالي ١٢ ضعفا وفي المواد الكيمائية إلى ٢٨ وفي البترول إلى اكثر من ٣٠، وبشكل عام لمجمل الصناعات إلى ١٧ ضعفاً. واذا تم الوصول إلى هذه المستويات فأن استهلاك المياه في الصناعات في عام ٢٠٠٠ سيصبح ٤٥٪ اقل من الاستهلاك عام ١٩٧٨ بعد الاخذ بعين الاعتبار النمو الاقتصادي المتوقع(٣٠).

تعمل بعض المنشات الصناعية حالياً ضمن مستويات تدوير مياه قريبة من

هذه مما يثبت المقـدرة التقنية للوصـول إليهـا. فمعمـل ارمكو للفولاذ في مدينة كنساس / ميسوري، الذي ينتج قضبان الفولاذ من اعادة استعمال حديد الخردة، يحتاج إلى ٩ متر مكعب لكل طن من الفولاذ، مقارنة بما مقداره ١٠٠ ـ ٢٠٠ متر مكعب لكل طن في كثير من مصانع الفولاذ الاخرى. فبالاضافة إلى تخفيض مجمل احتياجـات المياه باعـادة استعـمال حديد الخرده بدل استعمال المعدن الجديد في الانتاج، فأن معمل ارمكو يستعمل كل لتر ماء ١٦ مره قبل معالجته لتصريفه إلى النهر. ان احد معامل الورق في هاديرا، اسرائيل يحتاج إلى ١٢ متراً مكعبا، فقط، لكـل طن من الورق، بينما تستعمل الكثير من معامل الورق في العالم ٧ ـ ١٠ اضعاف هذه الكمية. وفي المناطق الشحيحة المياه من الاتحاد السوفيتي تستعمل ستـة مصـافي بترول انـظمـة مياه مغلقـة: فالمياه العادمة تعالج باستمرار ويعاد استعمالها ولا يتم تصريف اي شيء منها[٣١].

وعندما تقرر صناعة ما كمية المياه المطلوب تدويرها، تدخل هذه الصناعة في اعتبارها كلفه الحصول على الماء ومعالجته قبل صرفه مقارنة بمعالجة المياه العادمه لاعادة استعمالها ضمن نفس المصنع. وفي معظم الصناعات تعوض كلفه اعادة الاستعـمال من خلال استخـراج المـواد الثمينة في المياه العادمة؛ مثلا، النيكل والكروم من عمليات التلبيس، الفضه من عمليات التحميض في التصوير والفايبر (Fiber) من تصنيع الورق. ونتيجة لارتفاع كلفه معالجة المياه والمياه العادمة لتلبية المـواصفـات البيئية للصرف فأن تدوير المياه ضمن المصـانـع اصبح ذا جدوى اقتصادية. وعندما طالبت السلطات الحكومية احد مصانع الورق في كاليفورنيا عدم تصريف الملوثات إلى المحيط الهادي، اي معالجة المياه لتصبح غير ملوثة ومن ثم صرفها إلى المحيط، وجد هذا المصنع ان معالجة المياه العادمة واعادة استخدامها داخـل المصنـع هي اقل الطرق كلفه للايفاء بمتطلبات الحكومة. وهكذا، تم تخفيض كمية المياه المستعمله بمقدار ١٥٪ واستخراج ما قيمته ٥٤٨ الف دولار من الفايبر سنويا كانت تضيع سابقاً مع المياه العادمة، فهذا النظام، من اعادة الاستعمال، يغطي التكاليف[٣٢].

ان تشجيع عمليات التدوير الصناعية يمكن ان يعطي نتائج مذهله في استعمالات المياه ونوعيتها. ففي السويد، مثلاً، ادت متطلبات مراقبة التلوث المتشدده إلى انتشار تدوير المياه في صناعة الورق التي تستهلك ٨٠٪ من استهلاك الصناعات السويديه. وبين بداية الستينات ونهاية السبعينات استطاعت هذه الصناعة تخفيض استهلاكها للمياه بمقدار النصف مقابل مضاعفة انتاجها الصناعي، مما يعادل زيادة كفاءة الاستعمال باربعة اضعاف. ولم يساعد هذا على ان تصبح انهار وجداول السويد اكثر نظافة، فقط، بل ان استهلاك هذه الامه للمياه في اواسط السبعينات كان يعادل نصف ما كان متوقعاً قبل ذلك بعقد(٣٣).

وضعت الحكومة الاسرائيلية مواصفات استعمال لمياه الصناعة واعطت كل مصنع، فقط، الكمية الضرورية التي توصله إلى اهداف انتاجه. وبتطوير التقنيات الحديثة تصبح المواصفات اكثر تشدداً. ادت هذه الفعالية المفروضة إلى زيادة انتاجية المياه كثيراً (جدول رقم ٣ ـ ٥)، وفي خلال عقدين فقط ارتفعت كفاءة الانتاج الصناعي للمياه بعد معادلة قيمة التضخم ٣,٣ اضعاف(٣٤).

وينخفض الطلب على المياه ذات النقاوة العالية اذا تمت اعادة استعمال المياه العادمة للمدن بالاضافة إلى تدوير مياه الصناعة داخل المحطه نفسها. اختارت معظم مدن العالم نظام مجاري مركزي يجمع المياه العادمة المنزلية والصناعية بواسطة شبكة انابيب تنقل المياه العادمة إلى محطة تنقية مركزية حيث تصرف بعد التنقيه إلى المحيط او إلى خليج او إلى نهر مجاور. وتعالج المياه العادمة على خطوات حيث تبدأ المعالجة الفيزيائية لازالة الاجسام الصلبه ثم المعالجة البيولوجيه لتخفيض نسبة المواد العضوية ثم المعالجة الكيمائية للحصول على نوعية اجود من المياه. يعتمد مستوى المعالجة في العادة على تشريعات مراقبة النوعية السائدة. ففي الولايات المتحدة تفرض القوانين الاتحادية بأن تعالج معظم المياه العادمة معالجة ثانوية قبل تصريفها إلى المناطق المحيطه. وبهذه المعالجة يصبح الماء مناسباً للاستعمال في الاماكن التي يكون اتصال الانسان مباشراً مع المياه، مثلاً في التبريد في المصانع

او في رى المراعي. ان معالجة المياه لدرجة اكثر من ذلك يجعل الماء صالحاً للاستعمال لاغراض اخرى كثيرة.

جدول٣ ـ ٥: اسرائيل: انتاجية المياه في بعض الصناعات المختاره ١٩٦٢ ـ ١٩٨٢.

نوع الصناعة	قيمة الانتاج لكل متر مكعب (بدينار اسرائيلي ثابت) ١٩٦٢	١٩٨٢[1]	نسبة التغير (بالمائة)
منتجات المطاط والبلاستيك	١٠٧,٥	٣٣٣,٣	+٢١٠
الغذاء	٨٤,٧	١٦٦,٧	+٩٧
النسيج	٦٦,٧	١٤٢,٩	+١١٤
منتجات الاخشاب	٥٥,٢	٥٠٠,٠	+٨٠٦
المواد الكيميائية	٣٥,٣	١١١,١	+٢١٥
منتجات الورق	١٥,٧	٧١,٤	+٣٥٥
التعدين والقلع	٦,٨	٢٠,٠	+١٩٤
جميع الصناعات	٥٠,٠	١٦٦,٧	+٢٣٣

(١) تقدير مبدئي.

Soruces: Saul Arlosoroff, «Water Management Policies Under Scarce Conditions,» presented at Water for the 12st Century: will It be There? Southern Methodist University, Dallas, Tex., April 1984.

فبوضع وتطبيق مواصفات مراقبة البيئة، وبتشجيع اعادة الاستعمال يتمكن واضعو السياسة المائية من تخفيض الحاجة إلى جلب مصادر جديدة مكلفة من انهار بعيده او باستغلال المياه الجوفية من الطبقات الحامله لها. أن وضع مشاريع اعادة

obeikandl.com

استعمال المياه ضمن خدمات المياه والمياه العادمة، خاصة في الكثير من مدن العالم الثالث، سيساعد على تأمين الحاجات المنزلية المتزايده للمياه، علما بأن هذه الحاجات يمكن ان تزداد إلى ضعفي او ثلاثة اضعاف الحاجة الحالية خلال العقدين القادمين.

ان مقدار ما تعوضه التغذية الجوفية في وادي المكسيك، على سبيل المثال، لا يتعدى ٤ لتر من كل ١٠ لترات يتم ضخها من الطبقات الحامله للمياه. اخذت المناطق الارضية في الهبوط والانخساف نتيجة لضخ المياه الجوفية الزائدة عن حده فيها. وليست هناك سوى بدائل قليلة بالامكان تحقيقها للحصول على كميات مياه عذبة اكبر. وفي منطقة، تعرف باسم المنطقة الفيدرالية، ويقطنها حوالي ٧٠٪ من سكان العاصمة ميكسيكو، تشكل المياه التي يعاد استعمالها ٤٪ فقط من المياه المستعمله، حيث تروى بها الحدائق العامة وتملأ بها بحيرات الاستجمام. لقد تم التخطيط لاستعمال ١٧٪ من المياه العادمة التي تمت معالجتها للمنطقة المذكورة اعلاه حتى سنة ٢٠٠٠. واذا تم تنفيذ هذه فأنه سوف يلبي ١٢٪ من الحاجة المتوقعة للمياه حتى ذلك الحين(٣٥).

وفي اسرائيل، حيث يبدو ان جميع مصادر المياه الغذبة قد تم استغلالها، ستتم تغطية الحاجات الجديدة من معالجة واعادة استعمال المياه العادمه. وستغطي المياه المستصلحه اكثر من ربع المياه العذبة المستعملة حاليا في الزراعة، وبهذا ستتوفر مياه ذات نوعية عالية يمكن ان تساعد في تلبية حاجات الصناعات والمدن النامية بسرعة. وفي عام ٢٠٠٠ ستغطي المياه العادمة المعالجة ١٦٪ من مجمل حاجات اسرائيل بدلا من ٤٪ في الوقت الحاضر(٣٦).

وفي الولايات المتحدة، وعلى الرغم من ان نوعية المياه، تشجع بشده اعادة استعمال المياه العادمة، إلا ان نسبة هذا الاستعمال لا تزيد عن ٢,٠٪ من مجموع الاستهلاك. فمعظم التجمعات السكانية اختارت النظام التقليدي: عالج - واصرف. واظهرت الدراسات في نهاية السبعينات ان هناك ٥٣٦ مشروعاً لاعادة

الاستعمال تحت الانشاء حيث يبلغ مجموع ما تستغله هذه المشاريع ٣٩٧ مليون متر مكعب من المياه العادمة المعالجة سنوياً، أستعمل اكثر من ٦٠٪ منها في رى المحاصيل، والحدائق وبعض الاراضي. واستعمل الثلث لعمليات تبريد الصناعات وفي الانتاج الصناعي واستعمل الباقي لشحن وتغذية المياه الجوفية واستصلاحات مختلفة[٣٧].

دعمت ولاية كاليفورنيا ـ وفيها اكبر عدد من مشاريع اعادة الاستعمال ـ استصلاح المياه العادمة وجعلته جزءاً من خطط ادارة المصادر المائية. وبشكل مجمل، فأن ٣٨٠ موقعاً في هذه الولاياة تزود بالمياه المستصلحة (مقابل ٢٨٣ موقعا في نهاية السبعينات) وتعيد إلى الاستعمال في الانتاج اكثر من ٢٧١ مليون متر مكعب سنوياً. هذا الحجم يعادل ما يحتاجه مليون ساكن للاستهلاك المنزلي[٣٨].

وبالرغم من اعتبار محتويات المياه العادمة من الملوثات إلا ان هذه الملوثات تتألف اغلبها من مواد غذائية للتربة. فالمزارعون واصحاب البساتين يصرفون ملايين الدولارات لابتياع الاسمدة لمزروعاتهم ومنها النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفات، بينما توجد هذه المواد كمحتويات للمياه العادمة المنزلية. تشير احدى الدراسات إلى ان المواد الغذائية النباتية التي تصرف مع المياه العادمة سنوياً في الولايات المتحدة تعادل كمية السماد المشتق من البترول الذي يمكن استخراجه من ٣٥ مليون برميل بترول بقيمة ١,٤ بليون دولار[٣٩].

واذا تم التخلص من المواد الضارة في المياه العادمة يصبح مردودها من تسميد الاراضي احد الحوافز القوية لاعادة الاستعمال. وبهذا تصبح الملوثات المتوقعة عوامل تسميد ثمينة. وتعطي الاراضي المرويه منافع كثيرة، منها الفوائد من زراعة المحاصيل التجارية، او المروج الخضراء في المنتجات وخاصة ان المياه العادمة المستصلحه هي مصدر قريب في موقعها من مناطق الاستهلاك ومضمونة الانتاج في نفس الوقت.

يقتبس جون شيفر وليونارد ستيفنس (J.R. Sheaffer and L.A. Stevens) في كتابهما «مياه المستقبل» (Future Water) بعض النجاحات الباهرة عن استعمال المياه العادمة لمعالجة الاراضي. فمثلا يعالج احد مشاريع اعادة الاستعمال الذي يخدم مقاطعه موسكجن (Muskegon) في ميتشجان منذ عقد (شارك في تصميمه شيفر) ٣٥٩ الف متر مكعب من المياه العادمة يومياً لتستعمل في رى ٢,١٤٥ هيكتار من الاراضي المزروعة بالمحاصيل. وفي نهاية ١٩٨١ بلغ دخل المقاطعة ١,٢ مليون دولار من بيع ذره الاعلاف المنتجة من استعمال المياه العادمة في الرى وكانت ارباح نظام التنقية تساوى ٢٥٠ الف دولار(٤٠).

يبقى عدم معرفة التأثيرات الصحية للملوثات المختلفة حاجزاً امام اعادة الاستعمال. فالطرق لمراقبة وتخفيض اعداد البكتريا في المياه العادمة معروفة، إلا ان هذه الطرق غير معروفة بالنسبة للفيروسات او المعادن الثقيلة او للموادالكيميائية العضوية. وحيث تستعمل المياه العادمة لرى المحاصيل او لنشرها في الاراضي الزراعية وجب الحرص في اختيار المزروعات. ولا تختلف النباتات فقط بمقدرتها على امتصاص النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم (بعد معالجة الماء بصورة كافية) فحسب، بل ان بعض المواد الثقيلة تؤذى النباتات وبعض النباتات تجمع في انسجتها المعادن الثقيلة مثل الكادميوم، النحاس، النيكل والزنك(٤١).

واذا لم تزل المعادن الثقيلة من المياه فانها تتجمع في التربة او تترشح إلى المياه الجوفية ولربما تلوث مصادر مياه الشرب للتجمعات السكانية. وبامكان البكتيريا المرضية ان تستمر في الحياة بعد المعالجة البيولوجية (المرحلة الثانية) وهذه المعالجة هي الحد الاعلى المطلوب لمنشأت المعالجة في الولايات المتحدة. اضافة إلى ذلك، فأن كثيراً من محطات المعالجة في الولايات المتحدة. اضافة إلى ذلك، فأن كثيرا من محطات المعالجة لا تعمل باستمرار بشكل وافٍ، وفي بعض الاحيان تخفق في الوصول إلى المواصفات النوعية(٤٢) وقد يمكن التطبيق المشدد لهذه المواصفات من التخلص من هذه المخاطر ومن عدم التأكد من النوعية. إلا انه وفي الحالات التي

تستمر فيها هذه المشاكل وجب استعمال المياه المعالجة بحرص والحد من اتصال الانسان معها.

بالامكان في بعض الظروف الخاصة استخدام المياه المعالجة بشكل خاص إلى درجة عالية جداً للاستفادة منها في المساعدة في تزويد المدن بمياه الشرب. وبامكان المعالجة الكيميائية والبيولوجيه المتقدمه التخلص من البكتيريا المرضيه والملوثات الخطره إلا ان هذه الطرق مكلفة. فمدينة وندهوك (Windhoek) في ناميبيا هي اول مدينة اضافت المياه العادمة المعالجة إلى مياه الشرب في الشبكة العامة واستمرت في عمل ذلك خلال اكثر من عقد. وفي الولايات المتحدة تدرس مدينة دينفر (Denver) في كولورادو هذه الفكرة على محطة تجريبية وفي ربيع عام ١٩٨٥ بدأت مدينة الباسو، تكساس في حقن المياه المعالجة إلى درجة عالية في الطبقات الحاملة للمياه التي تستخدم كمصدر لمياه الشرب في تلك المدينة وهذا اول مشروع من نوعه في الولايات المتحدة. وسنتعلم الكثير في السنوات القادمة من هذه الجهود الفذه في المناطق الشحيحه المياه(٤٣).

المحافظة على المياه في المدن: -

على الرغم من ان الحاجات المنزلية للمياه في العالم لا تزيد عن ١٠٪ من مجموع الاستهلاك إلا ان المناطق المأهوله تعاني مشاكل فنية ومالية في تلبية حاجات المواطنين من المياه. تحتاج الوسائل الحديثة لانظمة المياه والمياه العادمة مثل الخزانات، القنوات، الانابيب، انابيب المجاري ومحطات المعالجة إلى مبالغ كبيرة من الاموال وذلك للبناء، والتوسع، والتشغيل والصيانة.

ان التحدى الذي يواجه العالم الثالث هو تطوير وانشاء التقنيات الممكنة لتلبية الحاجات الاساسية لانظمة تزويد المياه والصرف الصحي لملايين السكان اللذين هم بحاجة إليها. وبالازدياد المطرد لعدد السكان يصبح التحدي اصعب تجنباً. يقول المهندسان المقيمان في بيرو (Peru) كارل بارتون وهنري سالاس (Carl R. Bartone and Henry J. Salas) بأن الانفجار في الهجرة إلى المدن في بلدان امريكا الجنوبية ادى إلى نشوء التجمعات السكانية بسرعة هائلة مما يؤدي إلى الضغط على

قدرات سلطات المياه والمجاري لتقديم حتى خدمات الحد الادنى(٤٤).

اما المدن في العالم الصناعي، من ناحية اخرى، فتواجه ازديادا سريعاً يرتبط بالحاجة إلى المياه نتيجة للنمو والثراء ـ فهناك المروج الخضراء الفسيحة في المناطق خارج المدن، برك السباحة، عدداكبر من العربات يحتاج للتنظيف وبيوت تحوي تجهيزات كثيرة الاستعمال للمياه. وبالضغوط المتزايدة على المدن لتوسيع شبكات التزويد سوف تواجه هذه المدن فترات نقص متزايدة اذا لم تتخذ الخطوات للمحافظة على المياه والاقتصاد في استهلاكها ورفع كفاءة استعمالها.

ساعدت اجراءات الترشيد التجمعات السكانية كثيراً اثناء فترات شح المياه، مثل النقص الناتج عن الجفاف. إلا ان تسخير الترشيد في استعمال المياه لتلبية الحاجات على المدى البعيد هي فكرة جديدة. يضع المخططون توقعاتهم لاحتياجات المياه في العادة بناءً على الاستهلاك الماضي وزيادة هذا الاستهلاك لكل فرد، والزيادة المتوقعة في عدد السكان. ثم يضعون بعدها الخطط لتلبية الاحتياجات بحفر ابار جديدة وبناء خزانات جديدة وتوسيع قدرات محطات تنقية المياه ومحطات معالجة المياه العادمة. ونادراً ما ركز المخططون على تخفيض الطلب كطريقة لمواجهة معادله العرض والطلب.

لقد تمكن عدد قليل فقط من المدن من التغلب على الارتفاع المستمر لاستهلاك المياه لكل فرد. وكنتيجة لاحتياطات المحافظة على المياه واعادة استعمال المياه العادمة فقد خططت تكسون، اريزونا لتزويد كل مواطن بمياه عذبة تقل ٢٥٪ عن كميتها في بداية السبعينات. مثل كل شبكات المياه، صممت شبكه تكسون لتخدم الاحتياجات اليومية العظمى للمدينة. وفي اغلبية مدن الولايات المتحدة الغربية تحدد كمية الاستهلاك العظمى في احد الايام الشديدة الحرارة اثناء فصل الصيف، ويمكن ان ترتفع هذه الحاجة من ضعفين إلى اربعة اضعاف المعدل السنوي للحاجات اليومية. وقد وجدت احدى دراسات اواسط السبعينات على أساس اعتبار الحاجة العظمى، (التي تعادل مقدرة الشبكة تقريباً) واستمرار

نمو المدينة والحفاظ على نفس مستويات الاستهلاك، أن الحاجة تدعو إلى استثمار ١٤٥ مليون دولار حتى عام ١٩٨٣ لحفر ابار مياه جوفية اخرى وانشاء خطوط نقل اكبر(٤٥).

وحتى ذلك الوقت كانت سياسة مؤسسة مياه توكسن (مصلحة المياه التي تمتلكها البلدية) تشبه سياسة معظم مزودي المياه، وهي التخطيط لتلبية الطلب المتوقع بتطوير مصادر جديدة وتوسيع شبكة التوزيع. إلا ان الكلفة المرتفعة المتوقعة ادت بالمدينة إلى ان تغير استراتيجيتها من تلبية الطلب بالطريقة اعلاه إلى تغيير سبل الادارة لتحقيق الطلب المتزايد، ووضعت لنفسها هدفاً يؤجل الحاجة إلى ٣٠٪ من المتطلبات المالية الجديدة المتوقعة(٤٦).

فالارتفاع الشديد في اسعار المياه ادى إلى هبوط مبدئي كبير في الاستهلاك لكل فرد في توكسن وذلك في الفترة من اواسط السبعينات حتى نهايتها. ففي شهر حزيران سنة ١٩٧٧ بادرت المدينة إلى وضع برنامج «تغلب على الاستهلاك الاعظم» (Beat the Peak) بهدف تخفيف استهلاك الماء خارج المنازل. ففي كل صيف كان يطلب من المواطنين عدم رى البساتين اكثر من مره كل يومين، وعدم الرى بين الساعة ٤ ـ ٨ مساء. وتم رفع شأن الصحاري كمنظر طبيعي بديلاً للمروج الخضراء. وبشكل عام، وبسبب تغير نمط استعمال المياه خارج المنازل، انخفض مقدار الضخ اليومي الاعظم للمياه بمقدار ٢٦٪ خلال اقل من عقد، اي من ٥٦٨ الف متر مكعب يومياً في عام ١٩٧٦ إلى ٤٢٠ الف متر مكعب يومياً في عام ١٩٨٤. وبالاضافة إلى ذلك، انخفض المعدل السنوي للحاجات اليومية بنسبة ٢٧٪، إلى ما يقارب ٥٧٠ لتر لكل فرد. وهذا، بالطبع، رقم عالٍ نسبة إلى معايير ا مم اخرى، لكنه منخفض نسبة إلى مدينة في غرب الولايات المتحدة. وبالاضافة إلى المساعده في ابطاء عملية استنزاف الطبقات الحامله للمياه وباعتبار الاستثمارات المعتدلة لمدينة توكسن للمحافظة على مصادرها المائية، فقد سمحت عمليات تقليل الاستهلاك في توفير ٤٥ مليون دولار من الكلفة الرأسمالية التي كانت سوف تصرف لتلبية الحاجات الناتجة عن ضعف طرق الادارة(٤٧).

تتطلب المحافظة على المصادر المائية ابداعاً؛ فليست هناك وصفات جاهزة يمكن ان تكون فعالة واقتصادية لكل تجمع سكاني. إلا ان الجهود الناجحة لتخفيض مقدار طلب الفرد للماء تشمل الجمع بين استعمال تقنيات موفرة للمياه، مبادرات اقتصادية، تنظيم وتثقيف المستهلك. والمفروض ان هذه الاجراءات ملزمة لجميع الاطراف وفعاليتها الكبرى تكمن في تطبيقها بصوره مشتركة بين هذه الاطراف. فاسعار المياه المرتفعة، على سبيل المثال، تشجع المستهلك على تركيب تجهيزات توفر المياه في البيوت والشقق وتشجعه ايضا على اختيار الاراضي بصورتها الطبيعية (النباتات والمزروعات الموجودة اصلاً) حين ابتياع منزل جديد. والتثقيف عملية مهمه لكسب الدعم للمحافظة على المصادر المائية، وكذلك لتوعية السكان بالطرق السهله والرخيصه والفاعله لتوفير المياه[٤٨].

ان الكثير من التقنيات المستهلكة للمياه وخاصة تلك المستعملة في الولايات المتحدة لم تصمم في ظل اعتبارات كفاءة استعمال المياه. فالحمام الامريكي، وهو اكبر مستهلك للمياه في المنازل، اذ يستعمل ١٩ لترا (٥ جالونات) من مياه الشرب في كل مره يستعمل فيها، هو احد التجهيزات للمياه والمياه العادمه التي ليس بالامكان الاحتفاظ بها طويلاً حيث انها تستهلك، بلا ضرورة، مياه الشرب النقية والثمينة. وبالمقارنة فأن معظم الحمامات في المانيا الغربية تعمل بصورة حسنة باستعمال ٩ لترات فقط وفي دول اسكندنيافيا تستعمل في الحمامات بطاريات سعتها ٦ لترات منذ عام ١٩٧٥ بشكل روتيني[٤٩].

وفي السنوات الاخيرة، صممت المصانع في الولايات المتحدة العديد من التجهيزات التي بامكانها تقليل استهلاك الماء داخل المنازل (جدول ٣ ـ ٦). وتركب التجهيزات العامة لتوفير المياه (وضع الكثير منها في بيوت المناطق الغربية) كاضافة إلى الحمام الامريكي التقليدي بحيث يمكن ان يوفر خمس الاستهلاك المنزلي الكلي. تسمح التجهيزات المنزلية الحديثة، التي تستعمل كميات ضئيلة من المياه والمتوفرة عند بعض المصانع، تسمح بتخفيض معدلات الاستهلاك بنسبة ٥٠

- ٧٠٪. وكثير من المدن، وضمنها تلك الواقعة في غرب الولايات المتحدة، التي اجبرت على تقنين المياه عام ١٩٨٥ يمكنها الاستفادة من وضع مواصفات لكفاءة التجهيزات المائية، ووضع برامج لملائمة بعض الاضافات التجهيزية الرخيصة لترشيد استهلاك المياه بحيث تضاف إلى التجهيزات القائمة. فالحصول على حمامات تستعمل ١٣ لترا في كل استعمال بدل ١٩ حالياً يمكن ان يقلل استعمال المياه المنزلية بمقدار ١٠٪.

وحيث ان توفير استهلاك المياه في البيوت يقلل كمية المياه العادمة، فبالامكان تأجيل تنفيذ توسيع مشاريع معالجة المياه العادمه، او انه بالامكان تصغير حجمها، وبهذا يمكن توفير الاستثمارات. وجدت احدى الدراسات لصالح مديريه مصادر المياه في كاليفورنيا ان تخفيض استهلاك المياه المنزلية في البيوت الجديدة والقديمة إلى مستوى معقول سوف يقلل الاستثمارات الرأسمالية لمعالجة المياه العادمة باكثر من ٢٠٠ مليون دولار. يعني توفير المياه توفير الطاقة ايضاً، حيث ان كمية المياه التي تضخ في الشبكة من المصدر إلى محطات التنقية والبيوت وإلى محطات معالجة المياه العادمة، ستنخفض. تبلغ نفقات الطاقة المباشرة ٢٠٪ من مجموع كلفة التشغيل لمشاريع المياه والمياه العادمه، وبهذا فأن تخفيض حجم الماء يمكن ان يقلل كثيرا من تكاليف التشغيل(٥٠).

تشمل فوائد الترشيد في استهلاك المياه، توفير استهلاك الطاقة في البيوت العادية تستهلك في تسخين الماء، وبهذا فأن الاجراءات التي توفر استعمال المياه الساخنة توفر اثمان الطاقة. وفي معظم الحالات، يمكن دفع ثمن التجهيزات الاضافية لترشيد استهلاك المياه من الاموال التي يمكن توفيرها من تقليل استهلاك الطاقة خلال بضع سنوات. وعلى سبيل المثال، فتركيب دوشات بطيئة الجريان يمكن ان يخفض فاتورة المياه لعائلة، تتألف م اربعة اشخاص، تستعمل الكهرباء لتسخين المياه بمقدار ١٠٠٠ دولار في السنة(٥١).

جدول ٣ ـ ٦ الولايات المتحدة:التوفير الممكن للمياه باستعمال التجهيزات المنزلية المتاحة لرفع فعالية المياه

التجهيزات	استعمال المياه لتر لكل استعمال	توفير المياه نسبة إلى التجهيزات التقليدية بالمائة
الحمامات:		
تقليدية	١٩	-
شطف ـ منخفض عادي	١٣	٣٢
غسل سفلي	٤	٧٩
مساعدة الهواء	٢	٨٩
غسالات الملابس		
تقليدية	١٤٠	-
تدوير الغسيل	١٠٠	٢٩
الحمل في الجبهة	٨٠	٤٣
دوشات (الموزع):		
تقليدي	١٩	-
جريان ـ بطيء عادي	١١	٤٢
محدد ـ الجريان	٧	٦٣
مساعدة الهواء	٢	٨٩
الحنفيات:		
تقليدي	١٢	-
جريان ـ بطيء عادي	١٠	١٧
محدده الجريان	٦	٥٠

SOURCE: Figures for common low - flush and low - flow fixtures from Brown and Caldwill (Inc.), Residential Water Conservation Projects (Washington, D.C.: U.S. Department of Housing and Urban Development, 1984). All others from Robert L. Siegrist, «Minimum - Flow Plumbing Fixtures,» journal of the American Water Works Association, July 1983.

obeikandl.com

وبالاضافة إلى تشجيع ترشيد الاستهلاك تستطيع مؤسسات المياه رفع كفاءة عمليات التـزويد بتقنيات ادارية محسنة. وقد درست مؤسسات المياه في واشنطن (منطقة العاصمة)، التي تواجه عدم توازن يتنامى بسرعة بين الاحتياجات المتوقعة والمصادر، درست موضوع تحسين تقنيات الادارة بعد ان فشلت في الحصول على المـوافقـة على استراتيجية بناء سدود وخزانات اضافية. ووجدت أنه بالربط بين الاحتياطـات بما فيها رفع الاثمان مع ارتفاع نسب الاستهلاك، والتثقيف العام وتحسـين وضـع التنبؤات الهيدرولوجيه، وتحديث التنظيمات الادارية لرفع كفاءة تشغيل شبكـات التـزويد، واعـادة تحويل جزء من تخزين مياه الفيضـانات إلى شبكات التزويد، وبناء سد واحد صغير حيث ان الخزانات الموجودة، وجدت انها تكفي حاجات المنطقة حتى عام ٢٠٣٠. وبهذا يصبح صرف مبلغ ٢٥٠ مليون دولار لبناء خزان جديد كما اوصى به سابقاً غير ضروري(٥٢).

ان الاستثمار في التحري عن تسريب الشبكات واصلاحها هو من اكثر الطرق الاقتصادية في العالم كاحتياط لتوفير المياه، يمكن لسلطات المياه في المدن عمله. وبشكل خاص فأن قسما كبيراً من المياه في الشبكات القديمة وغير المصانة باستمرار يهرب ويتسرب من انابيب الشبكة المكسوره او التالفة. ان كثيراً من مدن العالم الرئيسه تفقد من ٢٥ ـ ٥٠٪ من مياه الشبكة بهذه الطريقة. وهذه بالطبع خسارة مكلفة حيث ان هذه المياه المهدورة «غير المدفوعة الثمن» مكلفة في جمعها، تنقيتها وتوزيعها ولكنها لا تصل إلى المستهلك كي يدفع الثمن(٥٣).

الكشف عن تلف الشبكة واصلاحها عملية مجدية، إلا في احوال التسرب القليلة جداً. ففي مدينة فينا، النمسا ادت جهود اصلاح الشبكة إلى امكانية اعـادة ٦٤ الف مكعب من الماء إلى الاستعمال يوميا، وتسد هذه الكمية تقريباً الحاجات المنزلية لحوالي ٤٠٠ الف نسمة حيث سمحت بتأجيل الاستثمارات في توسيعات جديدة. وفي مدينة مانيلا عاصمة الفيلبين، كانت كمية الماء الضائعة من شبكة المياه القديمة المهترئه في السبعينات تعادل ٥٠٪. وفي عام ١٩٨٣ مكن

مشروع تجريبي من تخفيض الضائع في احد المناطق الشمالية للمدينة بمقدار الخمس. واصبح هدف المدينة الان تقليل الفاقد في جميع انحاء العاصمة إلى اقل من ٣٠٪. ويتوقع ان يوفر اصلاح الشبكة مياه تكفي لتزويد مليون ساكن[٥٤].

وعلى الرغم من ان المحافظة على المياه وتحسين الادارة يمكن ان تنفع مدن العالم الثالث، إلا ان الحاجة الكبرى تكمن في تطوير تكنولوجيا المياه والمياه العادمة التي تساعد على تحسين المستويات الصحية وتتطلب في نفس الوقت مياه وطاقة ومصادر مالية اقل مما تتطلبه التكنولوجيا التقليدية المستعمله في العالم الصناعي. ان قليلاً من مدن العالم الثالث تستطيع ان تتبنى طرقاً كثيرة الاستهلاك للمياه كما هي مستعمله حالياً في الولايات المتحدة. ولتزويد المياه للسكان المتوقع نموهم في معظم مدن امريكا الجنوبية على سبيل المثال، يتطلب بأن لا يرتفع معدل الاستهلاك كثيراً عن معدله في الوقت الحاضر وهو ٧٥ ـ ١٥٠ لتراً للفرد كل يوم[٥٥].

هناك الكثير من التقنيات المتوسطة للصرف الصحي للمدن تقع بين استعمال الحفر الامتصاصية وبين استعمال خطوط شبكات المجاري. فهناك الحفر الامتصاصية التي لا تهرب المياه والمزوده بتهوية، وهناك حمامات تستعمل ثلاث لترات من الماء فقط، وهناك صهاريج مياه عادمه تخدم عدة منازل، وهناك برك تثبيت للمياه العادمة مرتبطه بنظام لاعادة استعمال المياه المعالجة؛ وكل هذه التقنيات تدرس حالياً في عدة مشاريع في امريكا الجنوبية. والشعوب الافريقية في بوتسوانا، ليسوتو، تانزانيا وزامبيا تطبق برامج للصرف الصحي قليل الكلفة، وبعض هذه الدول يتلقى مساعدات من مؤسسات بشكل ثنائي او متعدده الجوانب. هذه المشاريع يمكن ان تساعد في تطوير طرق جديده في خدمات المياه والمجاري تقع ضمن الامكانيات لهذه الدول[٥٦].

يفرض ارتفاع الدخل في العالم الثالث تركيب تجهيزات توفير المياه في المنازل. فسكان بيكنغ / الصين يستعملون في المعدل ١٤٥ لتراً لكل فرد يومياً. إلا ان

بعض الشقق ذات النـوعية العالية تسجل مستويات استهلاك تقع بين ٣٠٠ ـ ٤٥٠ لتراً. وبعض الفنادق السياحية المزوده بالتجهيزات الغربية الحديثة تسجل استهلاكاً فوق العادة يعادل ٢٠٠٠ لتراً لكل فرد في اليوم. يستنتج التقييم الحديث للوضـع المـائي بأن توقعـات المـدينة في الحصول على مصدر مائي ثابت وكافٍ للاغراض المنزلية والصناعية تبدو قاتمه ما لم تتخذ اجراءات حاسمة مباشره، وما لم تطبق اجراءات الترشيد بشكل مستمر والا ستصبح المدينة بدون مياه على المدى القـريب او البعيد(٥٧). وسوف يؤدي انتشار زيادة الطلب، حتى لو كانت هذه الزيادة هي الحد الذي يقارب الاستهلاك الحالي في المدينة، فأن خطط نمو وتطور المنطقة ستتراجع بالتأكيد.

معادلة الميزانية المائية:

بالـرغم من ان الـوسـائل التقنية وجدت لرفع كفاءة المياه بشكل عال فأن التكنولوجيا لوحدها لا يمكن ان تسد الفجوة المتزايدة بين الطلب والعرض. وما لم تبـاشر السياسـة المائية والقوانين والمؤسسات التي تتحكم في استعمال المياه في تشجيع ادخال فعالية الاستعمال وعدم التقليل من تشجيعها فأن توقعات نضوب مصادر المياه سوف تزداد سوءاً.

ان سياسة الاسعار التي تدعم التبذير مازالت سائدة في معظم البلدان. فكثير من الحكومات تدفع جميع او معظم التكاليف الرأسمالية لمشاريع الرى الرئيسة. حتى في الـولايات المتحـدة حيث الـزراعـة الغـربية المتطورة فوق العادة يدفع المـزارعـون الـذين يزودون بالمياه من المشاريع الفيدراليه فقط خمس كلفه المياه الحقيقية. وقد وجدت احدى دراسات وزارة الزراعة الامريكية عام ١٩٨٢ بأن حوالي ٨٠٪ من مياه مشاريع المكتب الفيدرالي للاستصلاح قد سعرت بمبلغ ١٢ دولاراً لكل ١٠٠٠ متر مكعب من المياه (٥ سنت لكل ١٠٠٠ جالون) او اقل من ذلـك بكثير من ان يجعل الاستثمار لرفع كفاءة الاستعمال ذا جدوى اقتصادية. تعكس هذه الاسعار مجموعة البنود المتعلقة بطرق التقسيط المعتدلة لمشاريع الرى

التي تطورت في بداية هذا القرن؛ تشمل هذه البنود قروضاً بدون فوائد، فترات تقسيط تمتد حتى ٦٠ سنة، واستعمال قاعدة المقدرة على الدفع لتحديد الحصة من الكلفة التي يتحملها المستفيد(٥٨).

وفي دول العالم الثالث او في الدول الصناعية فان المزارعين سوف يسقون مزروعاتهم بكفاية اكبر اذا ما ارتفعت اثمان المياه؛ وقد بينت احدى الدراسات في المكسيك، على سبيل المثال، بان كفاءة استعمال المياه للرى كانت اعلى بمقدار ٢٠٪ في الحالات التي كان سعر الماء فيها يرتفع مع ارتفاع كمية الاستهلاك عنها في الحالات التي كان المزارعون يدفعون فيها سعرا ثابتا لا علاقة له بكميات الاستهلاك(٥٩).

فاسعار المياه يجب ان تعكس كلفة التزويد لمشاريع زيادة كمية هذه المياه (أى ما يدعي الكلفة الاضافية او كلفة الاستبدال) وذلك حتى يشعر المستهلكون بشكل صحيح بقيمة المياه الحقيقية. فسياسة الحكومة لدعم المياه تنحرف عن هذا المبدأ الاقتصادي، كما ان أغلب مؤسسات مياه الشرب تحدد اسعار المياه بحيث تغطي كلفة التجديد السنوية، وهذه الكلفة تعتمد على معدل الكلفة السابق ولا تعتمد على الكلفة الاضافية. يشير المحلل الاقتصادي لورين ميلين دورف (Loren Mellendof بأن تسعير المياه بأقل من الكلفة الحقيقية يعني نفس ما يعنيه قبول (عدم المقدرة على تلبية الحاجات المستقبلية)(٦٠).

ان حقوق المياه وقوانينها في معظم البلدان، والتي تحدد طرق استعمال المياه، هي ايضا منحازة ضد المحافظة على المياه وتوفيرها. ففي كثير من دول اوروبا وفي امريكا يفقد القضاء الحق في الكمية المخصصة من المياه اذا لم تستعمل هذه الكمية بشكل مفيد. وحيث ان توفير المياه لا يعتبر استعمالا مفيدا فان المزارعين والمستهلكين الاخرين يشجعون على استعمال كل الكمية المخصصة لهم. حتى لو كان بامكانهم تخفيض الكمية المستعملة دون كلفة اضافية، فإنه يمكن للاتفاقيات ذات الصفة التعاقدية ان تقلل من فوائد المشاريع الحكومية وذلك لعدم امكانية

تحويل المياه إلى مكان اخر او إلى الاستعمال في هدف اخر غير وارد في التعاقد. واذا لم يتمكن مستهلكو المياه من تسويق توفيراتهم من جراء المحافظة على المياه فلن تكون لديهم الدوافع للاستثمار في رفع كفاءة استعمال المياه. وهكذا فان المستهلكين الجدد يضغطون على حكومة الولاية او الحكومة الفيدرالية لتأمين مصادر اضافية لمشاريعهم بدل ان يبتاعوا المياه التي يعرضها عليهم بعض المزارعين المقتصدين في الاستهلاك، وبهذا يرتفع الطلب وترتفع الكلفة دون حدود(٦١).

بادرت بعض القوانين الحقوقية لازالة العوائق التي تقف امام رفع الكفاءة، إلا ان العمل الروتيني في المؤسسات يتغير ببطء. ففي عام ١٩٨٣ تبنى المسؤولون في نيوسوث ويلز ـ استراليا خطة تسمح بنقل المياه بين المزارع على الرغم من ان هذا قد طبق فقط في الموسم الزراعي ١٩٨٣ / ١٩٨٤. وفي الولايات المتحدة أتخذت بعض القوانين الحقوقية في ولاية كاليفورنيا وكولورادو للازالة الجزئية لبعض الضغوط عن المبادرات لتوفير المياه المشمولة في مبدأ حقوق المياه في المناطق الغربية والذي يقول «اما ان تستعملها او ان تخسرها»(٦٢).

فبالتشجيع الصحيح والاصلاحات المؤسسية يمكن التغلب على الكثير من ازمات المياه المتوقعة. ففي مقاطعة مياه العاصمة في جنوب كاليفورنيا، التي تخدم بشكل غير مباشر ١٢,٦ مليون نسمة، تم تقدير النقص المتوقع في المياه حتى سنة ٢٠٠٠ بحوالي ١٤٪؛ وبناءً عليه فقد بدىء بالتفكير في جلب المياه من شمال كاليفورنيا. وإلى الشرق من المنطقة المزوده بالمياه في مقاطعة مياه العاصمة يروى مزاعو مقاطعة امبريال ٢٠٠ ألف هكتار بمياه مدعومة من مشروع استصلاح فيديرالي(٦٣).

يقترح صندوق الدفاع عن البيئة في تحليل له عام ١٩٨٣ بانه اذا ما قامت مقاطعة مياه العاصمة بدفع كلفة توفير المياه في منطقة الرى مقابل الحصول على المياه التي يتم توفيرها فان الطرفين سيستفيدان. تبين ان هذا النموذج للتوفير والنقل يمكن ان يعطي لمقاطعة مياه العاصمة مياه اكثر من الاقتراحين لزيادة كمية

التحويل من الشمال، وبكلفة اضافية تقل ٢٧٪ و ٤٢٪ عن المشروعين، (جدول رقم ٣ ـ ٧) وباختيار بديل التوفير في الاستعمال بدل الاستراتيجيات التقليدية في جلب المياه، فانـه من المتوقع ان توفر مقاطعة مياه العاصمة حوالي ٧١٠ مليون دولار في ٢٠ سنة[٦٤].

جدول ٣ ـ ٧ جنوب كاليفورنيا: تقدير كلفة مصادر جديدة مقابل بدائل التوفير.

بدائل ممثلة	الكمية السنوية (الف متر مكعب)	الكلفة الاضافية دولار / الف متر مكعب
التوفير/ نقل مياه الرى	٣٧٠,٢٠٠	٥٤٥
تطويراحواض المياه الجوفية	٢٣٦,٩٠٠	٥٧٥
استصلاح واعادة استعمال المياه العادمة	٢٩٩,٥٠٠	٤٦٨
التوفير/ نقل مياه الرى[١]	٤٩٣,٦٠٠	٦٦٥
بناء خزان نيوفيلا/ زيادة كمية التحويل من مصادر مياه الشمال	-	-
بناء خزان لوس فاكويروس زيادة كمية التحويل من مياه الشمال	٢٧١,٥٠٠	٧٥٠
	٣٢٧,٠٠٠	٩٤٣

(١) تشمل تبطين قناة رئيسـة اضافة إلى احتياطات التوفير الاولي

SOURCE: Adapted from Robert Stavins, «Trading Conservation Investments for Water,» Environmental Defense Fund, Berkeley, Calif., March 1983.

obeikandl.com

في اواسط عام ١٩٨٥، كلفت مقاطعة امبريال احدى الشركات الخاصة، وهي مؤسسة بارسون في باسادينا بدراسة امكانيات التوفير الاضافية ودراسة الاسواق لبيع المياه التي يجرى توفيرها. وسواء كان التنفيذ من قبل شركة خاصة او من قبل السلطة نفسها يبدو ان الاستثمار في اجراءات التوفير هي طريقة فعالة اقتصادياً لموازنة معادلة الحاجة والطلب في جنوب كاليفورنيا، ويجب ان تدرس هذه الاجراءات لمناطق اخرى(٦٥).

لقد بدأ تطوير مصادر المياه على مستوى واسع في العالم الثالث بعد بدئه بعدة عقود في معظم البلدان الصناعية، ولكن مازال التطوير اقل انتشارا. وباعتبار احتياجات الاستثمار العالية لتوسيع الرى، واعتبار مشاكل زيادة التلف في الاراضي الزراعية الناتجة عن سوء استعمال المياه وجب توجيه الانتباه إلى رفع كفاءة وانتاجية النظام القائم. وكما يقول ساد يكول أ. بهيان في المعهد الدولي لبحوث الارز في مانيلا، فان الفشل في معالجة عدم الكفاءة وقلة العدل وعدم الاعتماد على انظمة الرى سوف يضعف من عزم انتاج الغذاء في دول العالم الثالث. ويشير إلى ان حصة مشاريع الرى في الميزانية المخصصة للتشغيل والصيانة آخذة في التلاشي في دول جنوب شرق اسيا. فالعاملون في المشاريع غير مدربين بما فيه الكفاية، فلا يستطيعون السيطرة بشكل كاف على ادارتها بكل مسئولية. يردد خبير الرى البريطاني رانجيلي (W. R. Rangeley) هذه المخاوف مقترحا ضرورة دعم برامج التدريب في ادارة الرى على المستويات الوطنية والدولية(٦٦).

وبدون المراقبة والتعليمات الكافية فان استغلال المياه الجوفية يؤدي إلى استنزاف الطبقات الحاملة للمياه، وهبوط سطح المياه الجوفية وهبوط في سطح الارض، وصعود المياه المالحة واختلاطها بالمياه العذبة. ان ظهور هذه المشاكل هو دلالة واضحة بان المؤسسات القائمة قد فشلت في تطبيق نظام استخراج المياه الجوفية. فمن ضمن ١٢٢ بليون متر مكعب ماء تضخ سنويا من المياه الجوفية في الولايات المتحدة فان ٢٦ بليون متر مكعب منها، أي خمسها عبارة عن مياه غير

متجددة[٦٧]. ويدفع الذين يضخون هذه المياه، فقط، الكلفة الخاصة لاستعمال هذه المياه، ولكنهم لا يدفعون الكلفة للامة. اي انهم لا يدفعون شيئا مقابل الحق في استهلاك مياه الامة على الرغم من ان هذا الاستهلاك يؤدي إلى تلاشي الامن المائي والغذائي المستقبلي للامة. كذلك فان فرض ضريبة على المياه الجوفية التي يتم ضخها من الطبقات المائية المهددة بالاستنزاف سوف يساعد على تسوية الكلفة الخاصة والكلفة تجاه المجتمع ويشجع التوفير. وبنفس الطريقة فان فرض الضرائب او تحديد الاستهلاك باية طريقة اخرى يمكن ان يعيد التوازن بين كمية الضخ وكمية الشحن الجوفي.

هناك محاولة نموذجية لمعادلة الميزانية المائية في الولايات المتحدة وذلك كإجراء ادارة المياه في اريزونا لعام ١٩٨٠. يدعو هذا الاجراء المناطق الاربعة في الولاية التي تجرى فيها عملية استنزاف المياه الجوفية إلى تطوير استراتيجيات لتخفيض كميات الضخ إلى نفس مستوى كميات الشحن وذلك حتى عام ٢٠٢٥. هذا، يتطلب التوفير، ويدعو إلى دفع رسوم على استخراج المياه الجوفية؛ واذا ما ظهر حتى عام ٢٠٠٦ بان التوازن لم يحصل فسوف يسمح للولاية بالبدء في شراء الاراضي الزراعية واراحتها. تدل التوقعات بان التوازن في منطقتي فينكس وتوكسن سيأتي من تحويل مياه الزراعة لتزويد نمو المدن والصناعة. اما اذا كان هذا الاجراء سيحقق الاهداف دون تحديد الزيادة في نمو سكان هاتين المدينتين فسوف يبقى غير معلوم [٦٨].

بشكل عام، فإن المقاييس والمواصفات تساعد في تشجيع رفع الكفاءة اذا ما فشلت اسواق العرض والطلب في ذلك، او اذا كان الماء نادرا لدرجة كبيرة. ففي اسرائيل التي تستعمل حاليا جميع مصادرها المائية المتاحة، تحصل كل مزرعة ومعمل على كمية الماء الضرورية لها فقط، وذلك باعتبار ان جميع احتياطات التوفير المعروفة متوفرة لدى المزرعة او المصنع، واذا تطورت تكنولوجيا جديدة فستوضع مقاييس اكثر تشددا لضمان الارتفاع المستمر في كفاءة الاستعمال[٦٩].

لدى العديد من الولايات في امريكا قوانين تتطلب تركيب تجهيزات منزلية في البيوت والشقق والمكاتب الحديثة تطابق مواصفات توفير مياه محدودة. إلا انه بالامكان توسيع هذا التحول كثيرا وتطبيقه بسرعة وشمولية اكبر اذا وضعت المواصفات على المستوى الفيدرالي. لقد سبق للحكومة أن وضعت مواصفات مشابهة في اواسط السبعينات لدفع اجراءات توفير المحروقات، وهكذا تطورت الان عربات لها ضعف كفاءة العربة المتوسطة قبل عقد من الزمن واذا ما وضعت مواصفات معقولة لكفاءة استعمال المياه للحمامات والدوشات والحنفيات وآلات الجلي، فان حاجة المياه المنزلية ستنخفض بمقدار ١,٥ بليون متر مكعب سنويا في عام ٢٠٠٠، وهذا الحجم يكفي الحاجات المنزلية لعشرة ملايين ساكن(٧٠).

على المخططين الذين يتوقعون مواجهة نقص في المياه ان يعتبروا رفع كفاءة الاستعمال والتوفير كبديل للاستراتيجيات التقليدية، اى ايجاد مصادر جديدة. وقد قرر الاتحاد السوفييتي السير في تنفيذ مشروع طالت مناقشته لتحويل مياه من انهار سيبيريا إلى مناطق اواسط اسيا السوفييتية. والهدف الرئيسي لهذا المشروع هو التوسع في الرى وذلك لزيادة المحاصيل ولضمان انتاج اعلى في سنوات الجفاف، إلا ان مشروع التمويل هذا له كلفة رأسمالية تقدر بمبلغ ٣٦,٤ بليون دولار أو ١٥,٧٠٠ دولار لكل من ال ٢,٣ مليون هيكتار المنوى ريها وله مخاطرات بيئية غير معروفة، ولذلك يبدو اقل قبولا من استراتيجية رفع كفاءة استعمال المياه التي يمكن ان توصل إلى نفس الاهداف(٧١).

وطبقا لما يقوله الباحثون السوفييت فان حوالي ٥ مليون هيكتار من اراضي الرى في اواسط اسيا بحاجة ماسة إلى التحسين، فكمية المياه المستخرجة لهذه المزارع مرتفعة جداً، وفي كثير من الاحيان تعادل ٢ ـ ٣ أضعاف الكمية المستخرجة للمزارع التجريبية حيث ادخلت انظمة الرى الحديث. ونتيجة لذلك فان نسبة الانتاج إلى كمية المياه المعطاه للحقول منخفضة. وبكلفة مقدارها ٧ آلاف دولار لكل هيكتار، فان تحديث الرى في ٥ ملايين هيكتار يحتاج إلى استثمار

يساوي ٣٥ بليون دولار، أى نفس كلفة تحويل المياه من سيبيريا تقريباً[٧٢].

إلا ان العائدات من هذا الاستثمار اكبر، فالانتاج سيزداد وسوف يقلل من ازدياد سوء نوعية التربة سواء كنتيجة لسوء استعمال المياه أو بسبب زيادة الملوحة. فانخفاض استخراج المياه بمقدار ٣٠٪ من كمية المياه المستخرجة لرى الخمسة ملايين هكتار (هذا ما سينتج عن تحديث الرى والزراعة والاستخراج العالي الحالي والذي يذكره الباحثون السوفييت) سوف يوفر نفس كمية المياه ويؤدي إلى توسيع الزراعة بنفس المقدار المتوقع من تحويل المياه من انهار سيبيريا مقدارها ٢٥ بليون متر مكعب في العام. وبالاضافة إلى هذا، وحيث ان التوفير سيبدأ بعد بضع سنوات من الآن فانه بامكان المزارعين البدء برى اراضٍ جديدة قبل ورود اية مياه من مشروع سيبيريا[٧٣].

ويشير باحثون من المعهد السوفييتي للجغرافيا في كتاباتهم في المجلة العلمية (الجغرافيا السوفييتية) بانه، وبكل تأكيد، سيأتي وقت تصبح فيه مصادر مياه حوض بحر الارال مستعملة كلياً ولن تكون مياه سيبيريا متاحة بعد. . . . وحتى تصل مياه سيبيريا وجب ان تعتمد كزاخستان الجنوبية واواسط اسيا على مصادر المياه فيها. ويؤكد الباحثون ايضا بان التقدم في انشاء شبكات الرى في المنطقة غير كاف[٧٤]. فاذا لم تستطع الحكومة السوفييتية الاستثمار المتزامن في مشروعي - تحويل مياه سيبيريا وزيادة كفاءة استعمال المياه، فان استيراتيجية رفع الكفاءة (على الرغم من انها الاصعب اداريا للتطبيق) تبدو كأنها الحل الافضل.

وفي الولايات المتحدة، تواجه ولاية تكساس مثل هذا القرار حيث يهدد استنزاف طبقات اوجالالا (Ogallala) الحاملة للمياه الاقتصاد الزراعي المغرى في السهول المرتفعة. وبما انه لم يتخذ اى اجراء بالنسبة للاقتراحات المجمده منذ فترة طويلة لتحويل مياه إلى المنطقة من انهار بعيدة بكلفة عدة بلايين من الدولارات، يقترح مأمور زراعة تكساس، جيم هاى توور، (Jim Hightower) استراتيجية استثمارات للدولة في رفع كفاءة استعمال المياه. وبتقديم خصم مقداره ١٠٪ على

كلفة مقدارها ٣٧ مليون تدفعها الولاية مرة واحدة ستؤدي خطة الدعم إلى التحول إلى انماط رى اكثر كفاءة لما يساوي ١,٣ مليون هيكتار من الاراضي الزراعية. وتقدر الخطة وبشكل معقول بان المزارعين سوف يبتاعون تكنولوجيات موفرة للمياه وبكلفة ذات مردود اذا تمت مساعدتهم للتغلب على عقبة الدفعات النقدية(٧٥).

والخطة الكاملة التي تشمل المساعدات الفنية والقروض القليلة الفائدة للمساعدة في استثمارات التوفير الاخرى، سوف تقلل استعمال المياه في الزراعة بنسبة ١٧٪ او ٢,٤٦ بليون متر مكعب ماء في السنة، هذا المقدار اكثر بحوالي ٣٠٪ مما يمكن الحصول عليه من خطة تحويل مياه عبر تكساس بكلفة ١٠ بليون دولار كانت قد درست من قبل هيئة مهندسي الجيش. وكما يقول هاى توور، بامكاننا الحصول على مياه اكثر بكلفة اقل بكثير وذلك بالاستثمار في مشاريع توفير المياه(٧٦).

وسوف تؤدي الكلفة العالية، والاخطار البيئية والميزانيات المضغوطة إلى جعل مشاريع المياه الكبيرة بشكل متزايد غير جذابة وصعبة التطبيق للفترة القادمة. ولقد استبدل بعض المسئولين ومديري المياه استراتيجياتهم لزيادة كميات المياه بالتحول إلى تخفيض الطلب. هذه الفجوة في السياسة المائية والتخطيط والالتزامات يمكن ان تقود فقط إلى نقص متزايد في المياه وإلى فشل اقتصادي.

ان التحول إلى اقتصاد كفء، مائياً، سوف لن يكون سهلا وبدون مشاكل. إلا ان هذا التحول قد بدأ ويجب ان يستمر. فالتكنولوجيا والطرق المتوفرة حاليا، وبتخصيص مصاريف معتدلة لتوفير المياه ورفع الكفاءة، سوف تجعل كثيرا من مشاريع المياه الباهظة التكاليف، والغير مناسبة بيئيا، والتي سادت تخطيط المياه لفترة العقود الماضية، ستجعلها غير ضرورية.

Chapter 3. Increasing Water Efficincy

1- Donald Janson, «Kean Adds Restrictions on Water Use in Jersey,» New York Times, May 17, 1985; Wayne King, severe Drought Hits Southwest,» New York Times, June 6, 1984; «Managua to Ration Water,» New York Times, December 20, 1984; Deng Shulin, «Tianjin - the City that Needed Water,» China Reconstructs, February 1982.

2- Alfred G. Cuzen, «Appropriators Versus Expropriators: The Political Economy of Water in the West,» in Terry L. Anderson, ed., Water Rights: Scarce Resource Allocation, Bureacracy, and Environment (San Francisco: Pacific Institute for Public Policy Research, 1983); number of dams and projects from U.S. Congressional Budegt Office, Efficient Investments in Water Resources: Issues and Options(Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1985).

3- For a more thorough discussion of emerging water problems, see Sandra Postel, «Managing Freshwater Supplies,» in Lester R. Brown et al., State of the World - 1985 (New York: W.W. Norton and Co., 1985).

4- U.S. Water use from Wayne B. Solley et al., Estimated Use of Water in the United States in 1980 (Alexandria, Va.: U.S. Geological Survey, 1983).

5- Irrigated area and efficiency estimates from W.R. Rangeley, «Irrigation and Drainage in the World,» paper presented at the International Conference on Food and Water, Texas A. & M. University, College Station, Tex., May 26-30, 1985; see also, Mohamed T. El - Ashry et al., «Salinity Pollution from Irrigated Agriculture,» Journal of Soil and Water Conservation, January/ Februaty 1985.

6- Rangeley, «Irrigation and Drainage.»

7- For a good overview of irrigation efficiency, see E.G. Kruse and D.F. Heerman, «Implications of Irrigation System Efficiencies,» Journal of Soil and Water Conservation, November/ December 1977.

8- Wayne Clyma et al., Land Leveling, Planning Guide No. 1, Water Management Synthesis Project, prepared in coopration with U.S. Agency for International Development; Fort Collins, Colo., July 1981: California Department of Water Resouces, Water Conservation in California Sacramento, Claif.: California Resources Agency, 1984).

9- For background on sprinkler and other irrigaion systems, see Kenneth D. Frederick and James C. Hanson, Water for Western Agriculture (Washington, D.C.:

Resources for the Future, 1982); conventional sprinkler efficiency from Kruse and Heerman, «Implications of Irrigation System Efficiencies», for discussion of LEPA, see William M. Lyle, «Water Saving Techniques,» in Hope for the High plains, Proceedings of the Twenty - Seventh Annual New Mexico Water Conference, New Mexico Water Resources Research Institute, Las Cruces, N.M., April 1982; Kenneth Carver, Assistant Manager, High Plains Underground Water Conservation District No. 1, Lubbock, Tex., private communication, March 25, 1985; payback from Comer Tuck, Texas Department of Water Resources, Austin, Tex., private communication, July 10, 1985.

10- Background and basic features of drip irrigaion from Kobe Shoji, «Drip Irrigation,« Scientific American, Nevember 1977; see also Sterling Davis and Dale Bucks, «Drip Irrigation,» in Claude J. Pair et al., eds., Irrigation (Silver Spring, Md.: The Irrigation Association, 1983); estimated water savings from J.S. Abbott, «Micro Irrigation - World Wide Usage,» ICID Bulletin, January 1984.

11- Current Israeli estimates from Y. Kahana, private communication. Israel Ministry of Agriculture, Water Commission, Tel Aviv, Israel, April 28, 1985.

12- 1983 U.S. drip area from «1983 Irrigation Survey, Irrigation Journal, 1983; current area worldwide from Abbott, «Micro Irrigation,» plus known increases in the United State from the «1983 Irrigation Survey» and in Isreal from kahana, private communication.

13- National Acedemy of Sciences, More Water for Arid lands: Promising Technologies and Research Opprtunities (Washington, D.C.: 1974); Christiaan Gischler and C. Fernandez Jauregui, «Low - Cost Techinques for Water Conservation and Management in Latin America,» Nature and Resources, July/ September 1984.

14- Investment cost from Rangeley, «Irrigation and Drainage»; World Bank, World Development Report 1983 (New York: Oxford University Press, 1983).

15- J. Alwis et al., The Rajangana Irrigation Scheme, Sri Lanka: 1983 Diagnostic Analysis, prepared in cooperation with the U.S. Agency for International Development, Water Managemnt Synthesis Project, Report No. 19, Colorado State University, Fort Collins, Colo., December 1983.

16- Robert Chambers, «Food and Water as if People Mattered: A Professional Revolution,» paper presented at the International conference on Food and Water.

17- See California Department of Water Resources, Water Conservation in California; for a more technical discussion, see Edward A. Hiler and Terry A. Howell, «Irrigation Options to Avoid Critical Stress: An Overview,» in H.M. Taylor et al., Limitations to Efficient Water Use in Crop Production (Madison, Wisc.: American Society

of Agronomy, 1983; gypsum block test results from Gail Richardson, Saving Water from the Ground Up (New York: INFORM, 1985).

18- Gaston Mahave and Jorge Dominguez, «Experiments at Farm Level to Introduce Technology in Irrigation: Its Influence on Production and Water Resources,» in Brazilian National Committee, Transactions of the Ist Regional Pan - American Conference, Vol. 1 (Salvador (Bahia), Brazil: October 1984).

19- Irrigation costs from Rangeley, «Irrigation and Drainage.»

20- B.A. Stewart and Earl Burnett, «Water Conservation Technology in Rainfed and Dryland Agriculture,» paper presented at the International Conference on Food and Water.

21- Ibid.

22- Robert S. Loomis, «Crop Manipulations for Efficient Use of Water: An Overview,» in Taylor et al., Limitations to Efficient Water Use.

23- National Academy of Sciences, More Water for Arid Lands; United Nations Environment Programme, Rain and Stormwater Harvesting in Rural Areas (Dublin: Tycooly International Publishing, 1983).

24- National Academy of Sciences, More Water for Arid Lands; see also Chapter 10 in this Volume.

25- J. Doorenbos and A.H. Kassam, Yield Response to Water (Rome; U. N. Food and Agriculture Organization, 1979).

26- Hiler and Howell, «Irrigation Options».

27- Doorenbos and Kassam, Yield Response to Water; M.A. Kahn et al., «Development of Supplies & Sanitation in Saudi Arabia,» Afrcican Technical Review, June 1984.

28- Carl N. Hodges and Wayne L. Collins, «Future Food Production: The Potential is Infinite, the Reality May Not Be, Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. 128; No. 1 1984; James W. O'Leary, «The Role of Halophytes in Irrigated Agriculture,» in richard C. Staples, ed., Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement (New York: John Wiley & Sons, 1984).

29- National Research Council, Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop (Washington, D.C.: National Academy Press, 1984); C.S. Kauffman, Amaranth Grain Productin Guide 1984 (Emmaus, Pa.: Rodale Press. 1984); Wayne W. Applegate, Post Rock Natural Grains, Luray, Kans., private communication, February 19, 1985; Charles D. McNeal, Paradise, kans., private communication, February 5, 1985; David Pimentel, Ithcac, N.Y., private communication, June 6, 1985.

30- Culp/ Wesner/ Culp, Water Reuse and Recycling: Evaluation of Needs and Potential, Vol. 1 (Washington, D.C.: U.S. Department of the Interior, 1979); Ronald J. Turner, «Examining the Opportunities for Recycle and Reuse of Chemical Industry Wastewaters,in Proceedings of the Water Reuse Symposium II, Vol. 1 (Denver, Colo.: AWWA Research Foundation, 1981).

31- Armco example cited in Robert A. Hamilton, «What Will We do When the Well Runs Dry?» Harvard Business Review, November/ December 1984; L. Rakosh, «water Reuse in the American Israeli Paper Mills, Hadera,» in Israqua 78: Proceedings of the International Conference on Water Systems and Applications (Tel Aviv: Israel Centre of Water works Appliances, 1978); Soviet citation from Yu P. Belichenko and T.L. Dolgopolova, «Creation of Closed Water Management Systems at Industrial Enterprises,» Water Resources, July 1984, translated from original article in Vodnye Resursy, January 1982.

32- Sandra Gay Yulkr et al., «Water Reuse in the Pulp and Paper Industry in California,» in Water Reuse Symposium II; for other examples, see Leonard B. Antosiak and Charles A. Job, «Indusrial Water Conservation Within the Great Lakes Region: An Overview,» Journal AWWA, January 1981.

33- Swedish Preparatory Committee for the U.N. Water Conference, Water in Sweden (Stockholm: Ministry of Agriculture, 1977.

34- Saul Arlosoroff, «Water Management Policies Under Scarce Conditions,» presented at Water for the 21st Centry: Will It Be There?, Southern Methodist University, Dallas, Tex., April 1984; see also Nina Selbst, «Water Management in Israel,» Paper presented at 1 Congreso Nacional de Derecho de Aguas, Murcia, Spain, May 1982.

35- Gaston Mendoza Gamez and Francisco Flores Herrera, «Mexico City's Master Plan for Reuse,» in Water Reuse Sympoisum II.

36- Selbst, «Water Management in Isreael,» Aaron Meron, «Experience with Israel's Reclamation Systems,» in Future of Water Reuse: Proceedings of the Water Reuse Symposium III, Vol. 1 (Denver, Colo: AWWA Research Foundation, 1985).

37- Survey data from Culp/ Wesner/ Culp, Water Reuse and Recycling.

38- California figures from James Crook, «Water Reuse in California,» and Kenneth W. Willis, «The Future of Water Reclamation in California,» in Future of Water Reuse.

39- John R. Sheaffer and Leonard A. Stevens, Future Water (New York: William

Morrow and Company, 1983).

40- Ibid.

41- John F. Donovan and John E. Bates, Guidelines for Water Reuse (Cincinnati, Oh.: U.S. Environmental Protection Agency, 1980).

42- Charles P. Gerba et al., «Virus Removal During Land Application of Wastewater: Comparison of Three Projects,» in Future of Water Reuse; Crook, «Water reuse in California.»

43- D.E. Bourne and G.S. Watermeyer, «Propsoed Potable Reuse - An Epidemiological Study in Cape Town,» in Water Reuse Symposium II; William C. lauer et al., »Denver's Potable Water Reuse Project: Current Status,» in Future of Water Reuse; Lee Wilson & Associates, «Water Supply Alternatives for El Paso,» prepared for El Paso Water Utilities Public Service Board, Santa Fe, N.M., November 1981; Lee Wilson, Lee Wilson & Associates, Santa Fe, N.M., Private communication, June 1985.

44- Carl R. Bartone and Henry J. Salas, «Developing Alternative Approaches to Urban Wastewater Disposal in Latin America and the Caribbean,» Bulletin of the Pan American Health Organization, Vol. 18, No. 4, 1984.

45- Tucson Water, «Conservation Programs,» Tucson, Ariz., Undated.

46. Ibid.

47- Ibid.; Tucson Water, «Energy Innovation through Applied Technology,» Tucson, Ariz., 1984; Janet Garcia, Tucson Water, Tucson, Ariz., private communication, April 19, 1985.

48- See American Water Works Association, Water Conservation Management (Denver, Colo.: 1981).

49- West Germany reference from World Environment Report, April 4, 1984; Scandinavia reference from Robert L. Siegrist, «Minimum - Flow Plumbing Fixtures,» Journal AWWA, July 1983.

50- Donald W. Lystra et al., «Energy Conservation Opportunities in Municipal Water and Wastewater Systems,» Journal AWWA, April 1981; California study from Jimmy Koyasako, «Water Conservation and Wastewater Flow Reduction - Is It Worth It?,» in Dynamac Corporation, ed., Proceedings of the National Water Conservation Conference on Publicly Supplied Potable Water(Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, 1982).

51- Estimate of savings from Brown and Caldwell (Inc.), Residential Water Conservation Projects (Washington, D.C.: U.S. Department of Housing and Urban Development, 1984). The report assumes an electricity cost of 7 c per Kilowatt - hour.

52- Case is described in U.S. Geological Survey (USGS), National Water Summary 1983 - Hydrologic Events and Issues (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1984) and in The Conservation Foundation, State of the Environment: An Assessment at Mid - Decade (Washington, D.C.: 1984).

53- «Runaway Water: The Lost Resource,» World Water, November 1983; Fred pearce and Mick Hamer, «The Empire's Last Stand,» New Scientist, May 12, 1983.

54- Austria citation from F. Auzias, «Economie d'Eau at Lutte conter le Gaspillage,» Aqua, Vol. 5, 1983; Manila program described in «Leak Detectives Boost Manila Supply,» World Water, November 1983.

55- Latin American Usage rates from E. Glenn Wagner, «The Latin American Approach to Improving Water Supplies,» Journal AWWA, April 1983; latin American projects from Barton and Salas, «Developing Alternative Approaches to Urban Wastewater Disposal.»

56- African programs from E.J. Schiller, «Water and Health in Africa,» Water International, June 1984.

57- Laurence J.C. Ma and Liu Changming, «Water Resources Development and Its Environmental Impact in Beijing,» China Georgrapher, No. 12, 1985.

58- Share paid by U.S. Farmers from Congressional Budget Office, Efficient Investments; David L. Wilson and Harry W. Ayer, «The Cost of Water in Western Agriculture,» Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., July 1982. For historical background, see Gary Weatherford and Helen Ingram, «legal - Institutional Limitations on Water Use,» in Ernest A. Engelbert and Ann Foley Scheuring, eds., Water Scarcity: Impacts on Western Agriculture (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1984).

59- Study described in United Nations, Efficiency and Distribution Equity in the Use and Treatment of Water: Guidelines for Pricing and Regulations (New York: United Nations, 1980).

60- Loren d. Mellendorf, «The Water Utility Indusrty and Its Problems,» Public Utilities Fortnightly, March 17, 1983. For a good discussion of this issue, see William E. Martin et al., Saving Water in a Desert City (Washington, D.C.: Resources for the Future, 1984).

61- W.D. Watson et al., Water 2000: Agricultural Water Demand and Issues (Canberra: Australian Government Publishing Service, 1983); United Nations Economic Commission for Europe, Policies and Strategies for Rational Use of Water in the ECE Region (New York: United Nations, 1983); Gaylord V. Skogerboe

and George E. Radosevich, -«Future Water Development Policies,» Water Supply and Management, Vol. 6, No. 2, 1982. For a discussion of water markets, see Terry L. Anderson, The Water Crisis : Ending the Policy Drought (Baltimore, Md.: The Johns Hopkins University Press, 1983).

62- Watson et al., Water 2000; California Department of Water Resources, Water Conservation in California; «Colorado Rejectse Use It or Lose It',» U.S. Water News, July 1985.

63- California Department of Water Resources, Water Conservation in California; Robert Stavins, Trading Conservation Investments for Water (Berkeley, Calif.: Environmental Defense fund, 1983).

64- Stavins, Trading Conservation Investments.

65- Tony Profumo, Parsons Corporation, Pasadena, Calif., private communication, July 1985.

66- Sadiqul I. Bhuiyan, «Water Technology for Food Production: Expectations and Realities in the Developing Countries,» paper presented at the International Conference on Food and Water; Rangeley, «Irrigation and Drainage.» See also Michael Cross, «Irrigation's Role in Solving the Food Crisis, New Scientist, May 9, 1985.

67- Yearly groundwater use from Solley et al., Estimated Use Water in the United States; depletion figures from USGS, National Water Summary 1983.

68- Projections from Arizona Department of Water Resources, «Proposed Management plan: First Management Period 1980-1990,» Phoenix Active Management Area, 1984, and companion document for Tucson.

69- Arlosoloff, «Water Managemnt Plicies.»

70- Estimated savings are for common water - efficient fixtures given in Brown and Caldwell, Residential Water Conservation Projects. Calculated savings assume that entire increase in population between 1985 and the year 2000 would be using the more efficient fixtures, as well as 15 percent of the existing population (because of remodeling, or purchases of new homes or new appliances). No attempt was made to discount for states with water - efficient plumbing codes already in effect.

71- Diversion plans described in O.A. Kibal' chich and N.I. Koronkevich, «Some of the Results and Tasks of Geographic Investigations on the Water - Transfer Project,» Soviet Geograghy, December 1983; cost estimate from Philip M. Micklin, «Recent Developments in Large - Scale Water Transfers in the USSR,» Soviet Geography, April 1984.

72- Basd on figures and discussion in A.S. Kes' et al., «The Present State and Future Prospects of Using Local Water Resources in Central Asia and Southern

Kazakhstan,» Soviet Geography, June 1982.

73- Ibid.

74- Ibid.

75- Office of Natural Resources, «Water Program for Texas Agriculture,» Department of Agriculture, Austin, Tex., December 1984; Rick Piltz, Texas Office of Natural Resources, Austin, Tex., private communication, June 1985.

76- Water use savings from Office of Natural Resources, «Water Program for Texas Agriculture»; Crops findings from High Plains Associates, Six - State High Plains Ogallala Aquifer Regional Resources Study (Austin, Tex.: 1982); quote from Jim Hightower, «Inoenteve is Needed to Stretch Water Supply,» U.S. Water News, February 1985.

Orenikandl.com