

الري

بيتر بومونت

الفصل الثاني عشر من كتاب

الجغرافيا التطبيقية : المبادئ والممارسة

أ.م. مانيون

ترجمة بتصرف

أ.د. مضر خليل عمر

مقدمة

الري هو إضافة الماء إلى التربة لتوفير رطوبة تربة شبه مثالية لنمو المحاصيل في المناطق التي تعاني من ندرة المياه (ريدزوسكي ووارد، ١٩٨٩). ويبدو أن الزراعة المروية قد بدأت على نطاق ضيق بعد فترة وجيزة من تدجين الحبوب في الشرق الأوسط. وربما بدأ هذا التدجين منذ حوالي ١٢٠٠٠ عام، ولكن بحلول ١٠٠٠٠ عام مضت، كشفت الحفريات الأثرية في أريحا عن استخدام المياه الجوفية من نبع قريب للري (كينيون، ١٩٦٩-١٩٧٠). ومع ذلك، ربما ترتبط الزراعة المروية ارتباطاً وثيقاً بتطور الحضارات الحضرية في وديان الأنهار الكبرى في العالم القديم، بما في ذلك دجلة والفرات والسند والنيل (آدامز، ١٩٦٥؛ ويتفوجل، ١٩٥٧).

العامل الرئيسي هو أن ري هذه السهول الفيضية الشاسعة باستخدام هياكل وقنوات تحويل واسعة النطاق قد ولّد الثروة اللازمة لبناء أنظمة حضرية معقدة وتأسيس الإمبراطوريات. وقد أتاح الري، من خلال ضمان إنتاج المحاصيل وزيادة الغلات بما يصل إلى أربعة أضعاف نظيراتها التي تعتمد على الأمطار، إمكانية إعالة أعدادا أكبر بكثير من السكان من مساحات صغيرة نسبياً من الأراضي المزروعة. وبدوره، أدى هذا التكوين للثروة من الزراعة إلى تقسيم العمل داخل المجتمع ونمو المهن المتخصصة، مثل الجنود والمحققين والمحاسبين، والتي تُعد اليوم أمراً مسلماً به. لذلك، يمكن عد تطوير الري عنصراً حيوياً في تطور المجتمعات البشرية.

طبيعة الري - الأساليب والممارسات

هناك سلسلة متصلة من ممارسات الري من حيث حجم المياه المضافة، بدءاً من محاصيل مثل القمح، التي تتطلب كميات قليلة نسبياً من المياه، حتى في البيئات القاحلة، وصولاً إلى محاصيل مثل الأرز، التي قد تتطلب كميات كبيرة جداً من المياه حتى في البيئات الرطبة (بيرنز 1993). ربما كانت أقدم طرق الري هي الري بالأخاديد والري بالغمر. كلاهما يستخدم تقنية بسيطة ولا تتطلب سوى قدر ضئيل من العمل البشري أو الحيواني لتنفيذهما. في الري بالغمر، تُشق سلسلة من القنوات على شكل حرف V عبر المنطقة المروية باستخدام أداة تشبه المحراث. تنحدر الأخاديد في اتجاه هابط لضمان تحرك المياه على طولها تحت تأثير الجاذبية.

في الري بالغمر، تُبنى ضفاف صغيرة لتحديد مناطق مسطحة مستطيلة الشكل تقريباً بأحجام مختلفة، حيث يمكن توجيه المياه إلى الأرض لغمرها بعمق يصل إلى عدة سنتيمترات. تُنقل المياه عادةً من حوض صغير إلى آخر في اتجاه منحدر. يُعرف الري بالأحواض أو الفيضانات في وادي النيل (حمدان، ١٩٦١). منذ نهاية الحرب العالمية الثانية، طُوّرت طرق ري جديدة. تُوصف هذه الطرق عادةً بأنظمة الضغط، حيث

يتم توصيل المياه إلى النبات / المحصول عبر سلسلة من خطوط الأنابيب . تتطلب جميع هذه الأنظمة مستوىً تقنيًا أعلى بكثير من أنظمة الري التقليدية بالحفر والفيضانات ، تكاليف البنية التحتية المرتبطة بها مرتفعة (Plusquellec et al. 1994).

أكثر هذه الطرق شيوعًا هو نظام الرش ، الذي ينقل المياه إلى المحصول من الأعلى على شكل قطرات تشبه في شكلها هطول الأمطار (الشكل 12.1) . يمكن أن تتنوع هذه القطرات في الحجم من هياكل فردية صغيرة "تشبه البندقية" يجب تحريكها يدويًا حول الحقل إلى أنظمة محورية ذاتية الدفع بأذرع علوية يصل طولها إلى 500 متر أو أكثر . ومن الطرق الأخرى الشائعة الاستخدام أنظمة الري بالتنقيط ، والتي تُستخدم للمحاصيل عالية القيمة . تُوضع أنابيب مرنة أو صلبة على طول صفوف المحاصيل ، ويتسرب الماء من ثقوب في الأنابيب إلى التربة المجاورة للمحاصيل . في بعض الحالات ، يمكن دفن الأنابيب في التربة لتوصيل المياه مباشرةً إلى منطقة جذور المحصول النامي . أما في أنظمة الري بالتنقيط ، فيمكن التحكم بدقة في كميات المياه المستخدمة ، ما يُقلل من معدلات هدر المياه بشكل كبير.

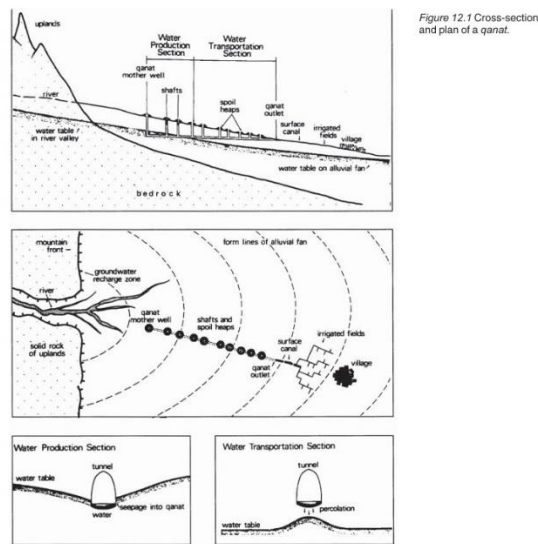


Figure 12.1 Cross-section and plan of a qanat.

كما يمكن إضافة الأسمدة والمواد الكيميائية الأخرى مباشرةً إلى المياه قبل توصيلها إلى المحاصيل . يمكن أن تُسبب مشاريع الري سيئة التصميم أو التشغيل مشاكل بيئية خطيرة (Gelburd ؛ ESCAP 1989؛ 1985). والسبب الرئيسي للمشاكل عادةً هو استخدام كميات زائدة من المياه . إذ يتبخر الماء الذي يدخل التربة بسرعة من سطحها ، تاركًا وراءه أملاحًا في الطبقات العليا منها ، مما يُقلل من نمو المحاصيل أو قد يمنعه تمامًا (Misak et al. 1997) . وبمجرد تأثر التربة بالملوحة ، يصعب استصلاحها ، وتكون التكاليف مرتفعة دائمًا . آسيا الوسطى السوفيتية منطقة تأثرت بشدة بممارسات الري السيئة ، مما أدى إلى هجر آلاف الهكتارات من الأراضي (أوهارا، 1997). وقد حدثت مشاكل مماثلة في حوض موراي-دارلينج في جنوب شرق أستراليا ، على الرغم من أن الأسباب الرئيسية هنا كانت إزالة الغطاء النباتي الطبيعي وارتفاع مستويات الملوحة في التربة والمياه المحلية (ماكاي ولاندسبيرج 1992؛ سيمبسون وهيرتزيج 1991).

ولضمان إمكانية الري، لا بد من وجود مصدر موثوق للمياه . ويمكن الحصول على هذه المياه من مصادر سطحية أو جوفية . وقد أدت الكميات الكبيرة جدًا من المياه اللازمة للري ، والتي غالبًا ما تتجاوز 10000 متر مكعب للهكتار، إلى أن المياه الجوفية من الآبار لم تكن في المجتمعات التقليدية وسيلة مهمة

للحصول على المياه باستثناء الحدائق الصغيرة (بومونت 1993). الماء ثقيل للغاية ، لذا فإن استخراجها من الأرض يتطلب طاقة عالية . في العديد من المناطق الأكثر جفافاً في الشرق الأوسط وآسيا الوسطى ، يتم استخراج المياه الجوفية للري باستخدام القنوات . هذه أنفاق تحت الأرض تنقل المياه من تحت منسوب المياه الجوفية إلى سطح الأرض بتأثير الجاذبية . وتوجد عادةً في المراوح الطميية الكبيرة ، حيث قد يوجد أكثر من 100 قناة (بومونت، 1971؛ 1973) . قد يستغرق إنشاء القنوات سنوات عديدة ، ومع ذلك فإنها غالباً ما توفر كميات صغيرة نسبياً من المياه . وهذا يُشير إلى مدى أهمية مياه الري في مثل هذه البيئات . وتتمثل الميزة الكبرى للقناة في أنه بمجرد إنشائها ، يتم توصيل المياه إلى سطح الأرض دون الحاجة إلى أي مصدر طاقة آخر.

منذ بداية القرن العشرين ، تم تخزين مياه الري وتزويدها بطرق تكنولوجية متقدمة . أما بالنسبة للمياه السطحية ، فأهم سمة للبنية التحتية هي السد الرئيسي والخزان المرتبط به . وقد أتاحت هذه المنشآت تخزين كميات كبيرة من المياه ، والتي يمكن توزيعها بعد ذلك ، على مدى مئات الكيلومترات إذا لزم الأمر، من خلال خطوط الأنابيب والقنوات إلى حيث تكون مياه الري مطلوبة . كان التطور الحديث لاحتياجات المياه الجوفية أبداً بكثير. في الواقع، لم يبدأ إلا بعد الحرب العالمية الثانية ، عندما أصبحت المضخات الميكانيكية الموثوقة متاحة على نطاق واسع . تكمن مشكلة استخدام المضخات في إمكانية سحب المياه من طبقة المياه الجوفية بمعدل يتجاوز معدل التغذية الطبيعية . في ظل هذه الظروف ، يُقال إن المياه الجوفية تُستخرج ، والنتيجة الحتمية هي انخفاض منسوب المياه الجوفية.

ويمكن رؤية مثال مثير للاهتمام على التعارض المحتمل بين الطرق الحديثة والتقليدية لاستخراج المياه الجوفية لأغراض الري في سهل فارامين بإيران (بومونت 1968) (الشكل 12.2). كان النمط التقليدي لاستخدام المياه هو استخراج المياه الجوفية بواسطة القنوات . النقطة المهمة هنا هي أن حجم المياه التي تنتجها القناة يعتمد على ارتفاع منسوب المياه الجوفية (الشكل 12.1). عندما يكون منسوب المياه الجوفية مرتفعاً ، يكون الجزء المُنتج للمياه من القناة أطول ، وبالتالي يزداد التصريف . مع انخفاض منسوب المياه الجوفية ، يكون العكس صحيحاً . لذلك، في ظل الظروف المناخية المتقلبة ، تتفاوت مخرجات القنوات.

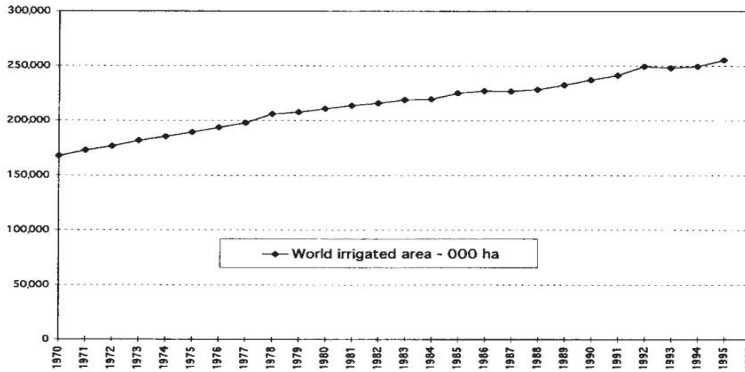


Figure 12.2 World growth of irrigated land.

خلال ستينيات القرن الماضي، حُفرت أكثر من 100 بئر مُضخّ في سهل فارامين لتطوير مساحات جديدة من الأراضي للزراعة . وكانت النتيجة أن منسوب المياه الجوفية الإقليمي للسهل بدأ في الانخفاض ، ومع ذلك ، انخفض تصريف العديد من القنوات أيضاً . في الواقع ، جفّ عدد منها تماماً ، مما تسبب في نزوح اجتماعي كبير في القرى المتضررة .

الاستخدام العالمي للري

تشير بيانات منظمة الأغذية والزراعة إلى أن إجمالي المساحة المروية في العالم قد نما من 167 مليون هكتار في عام 1970 إلى 255 مليون هكتار في عام 1995، وهو ما يمثل زيادة بنسبة 53% . بمتوسط استخدام مياه يبلغ حوالي 10,000 متر مكعب للهكتار، فإن هذه الزيادة في المساحة المروية تعني استخدامًا إضافيًا للمياه يبلغ 880,000 مليون متر مكعب ، أو ما يعادل عشرة أضعاف تدفق نهر النيل . في الوقت الحالي، يبدو أن النمط العام للنمو مستقر، ولا يوجد ما يشير إلى تباطؤ معدل الزيادة الملحوظ (الشكل 12.2) . يكشف توزيع الزراعة المروية عن اختلافات ملحوظة من بلد إلى آخر في الوقت الحاضر. الدولتان اللتان تتمتعان بأكبر مساحات مروية بهامش كبير هما الهند والصين ، حيث تمتلك كل منهما حوالي 50 مليون هكتار من الأراضي المروية (الجدول 12.1).

Table 12.1 World irrigation by country, 1995.

Country	Irrigated area (1000 ha)	Irrigated land as a % of cultivated land	Population (millions) 1995
India	50,100	29.5	929.0
China	49,857	52.0	1220.2
Pakistan	17,200	79.6	136.2
Iran	7264	39.3	68.4
Mexico	6100	22.3	91.1
Russian Fed.	5360	4.0	148.5
Thailand	5004	24.5	58.2
Indonesia	4580	15.2	197.5
Turkey	4186	15.4	60.8
Uzbekistan	4000	88.9	22.8
Spain	3527	17.5	39.6
Iraq	3525	61.3	20.1
Egypt	3283	100.0	62.1
Bangladesh	3200	36.8	118.2
Brazil	3169	4.8	159.0
Romania	3110	31.4	22.7
Afghanistan	2800	34.8	19.7
Italy	2710	25.2	57.2
Japan	2700	61.7	125.1
Ukraine	2586	7.5	51.8
Kazakhstan	2380	7.4	16.8
Australia	2317	4.8	17.9
Vietnam	2000	29.6	73.8

Source: FAO Production Yearbook 1996.

تمثل هاتان الدولتان وحدهما حوالي 39% من الأراضي المروية في العالم . وتأتي باكستان في المرتبة التالية بمساحة 17 مليون هكتار، تليها إيران والمكسيك والاتحاد الروسي وتايلاند بفارق كبير. في المجمل ، تمتلك ثلاثة وعشرون دولة مساحات مروية تزيد عن مليوني هكتار، وتمثل هذه الدول مجتمعة ما يقرب من 75% من إجمالي الأراضي المروية في العالم . تعتمد الأهمية النسبية للأراضي المروية داخل أي دولة إلى حد كبير على الظروف المناخية . **فكلما زاد جفاف الدولة ، زاد اعتمادها على الري** . تشير إحصاءات منظمة الأغذية والزراعة إلى أنه في عام 1995، كانت أربع دول - البحرين ومصر والكويت وقطر - تعتمد كليًا على الري لنمو أي محصول (الجدول 12.1) . ولعله من المدهش أن أربعة عشر دولة فقط كانت تعتمد على الري لأكثر من ثلثي أراضيها المزروعة ، ومن بين هذه الدول ، يمكن تصنيف مصر وأوزبكستان وباكستان فقط كدول ذات مساحات مروية كبيرة . حتى لو كانت جميعها إذا أُحصيت الدول التي تُروى فيها أكثر من ثلث مساحتها المزروعة ، فإن العدد يرتفع إلى ثلاثة وثلاثين دولة فقط .

الري كأداة للتنمية

في كل من الدول المتقدمة والنامية ، لا يوجد مثال أفضل من الولايات المتحدة الأمريكية . ففي أوائل القرن العشرين ، التزمت الحكومة الفيدرالية بسياسة انفتاح الغرب من خلال تطوير الزراعة المروية من قبل مكتب استصلاح الأراضي. في العالم الحديث ، لا يجب إغفال الجوانب السياسية لتطوير الري ، حيث غالبًا ما استخدمت الحكومات الوطنية الري كأداة في خياراتها السياسية . وقد كان هذا صحيحًا . يجب النظر إلى عمل مكتب استصلاح الأراضي من منظور النمط العام لنمو الري في الولايات المتحدة الأمريكية (ينظر الملحق 12.1). تُسجل بيانات الولايات المتحدة الأمريكية نموًا مطردًا في مساحة الأراضي المروية من أقل من 1.62 مليون هكتار في عام 1890 إلى حد أقصى قدره 20.2 مليون هكتار في عام 1910. ومنذ ذلك الحين، تذبذبت المساحة المروية قليلاً من تعداد إلى آخر، ولكن لم يتم الوصول إلى القيمة العالية لعام ١٩٧٨ مرة أخرى (الشكل ١٢،٣).

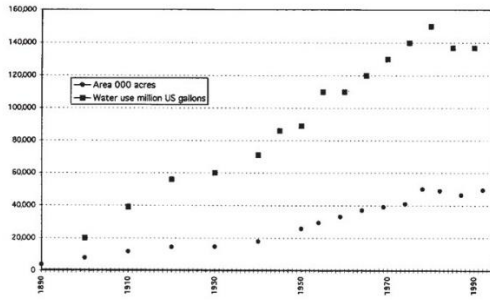
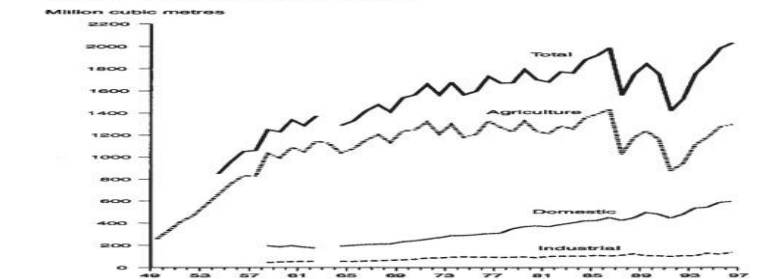


Figure 12.3 Irrigated area and water use in the USA.

كان العنصر الأساسي في هذه السياسة المبكرة هو بئر الضخ ، الذي سمح باستغلال نظام طبقة المياه الجوفية الساحلية . أدى الإفراط في الضخ على مدى عقدين من الزمن إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية وتسرب مياه البحر نحو اليابسة . في طبقة المياه الجوفية ، لكنها على الأقل سمحت للدولة بإنشاء نمط من الاستيطان الريفي اليهودي الذي انتشر ليغطي مساحة كبيرة من الدولة الجديدة . مع اكتمال مشروع الناقل الوطني للمياه في أواخر الستينيات ، استُخدمت مياه نهر الأردن لإعادة تغذية شبكات طبقة المياه الجوفية المستنفدة والمُفرطة الاستخدام . ونتيجة لهذه السياسة، نمت مساحة الأراضي المروية بسرعة ، ومعها ازداد الطلب على المياه .

ارتفعت المياه المستخدمة في الزراعة من أقل من 300 مليون متر مكعب سنويًا في عام 1949 إلى حوالي 1400 مليون متر مكعب بنهاية الثمانينيات (الشكل 12.4). ومنذ ذلك الحين ، بدأت في الانخفاض ، حيث تم تحويل المياه بعيدًا عن الزراعة إلى قطاعات أخرى من الاقتصاد . وحتى في التسعينيات ، من المثير للاهتمام ملاحظة أن إسرائيل تواصل فرض "الحقائق على الأرض" من خلال سياستها المستمرة في تشجيع إنشاء مستوطنات ، يعتمد الكثير منها على الزراعة المروية ، في الأجزاء المحتلة من الضفة الغربية .

Figure 12.4 Water use in Israel.



الري غير المستدام

السحب المفرط لمياه الأنهار واستخراج المياه الجوفية ، أدت وتيرة التغير التكنولوجي في القرن العشرين إلى أن المجتمعات البشرية تمتلك الآن القدرة على استخدام موارد المياه للري وأغراض أخرى بمعدل يتجاوز التجديد الطبيعي لإمدادات المياه . ولعل أبرز مثال على استنزاف موارد المياه السطحية هو حوض بحر الآرال في آسيا الوسطى (ليفينتانس 1992؛ بريكودا 1991). وهو حوض تصريف داخلي تحيط به جبال شاهقة من الجنوب والجنوب الغربي . وفي جبال نهري تيان شان وبامير ، تقع منابع النهرين الرئيسيين - نهري آمو داريا وسير داريا . يتراوح معدل هطول الأمطار هنا بين 800 و1600 ملم سنوياً ، ولكن في اتجاه مجرى النهر على السهول المحيطة ببحر آرال ، ينخفض معدل هطول الأمطار إلى أقل من 100 ملم سنوياً .

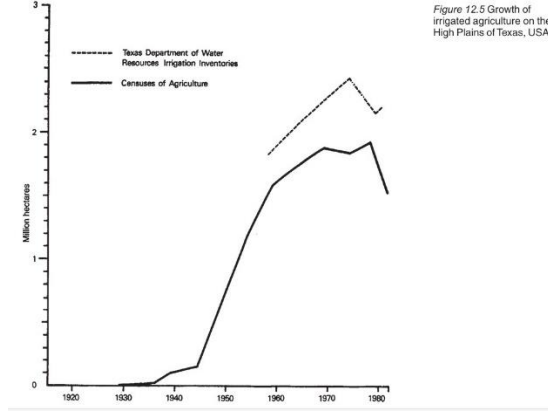
في الفترة التي تلت الحرب العالمية الثانية ، وخاصة منذ ستينيات القرن الماضي ، شهدت هذه السهول تنمية هائلة للري باستخدام مياه نهري آمو داريا و سير داريا . بلغ التوسع في زراعة القطن والأرز المرويين حدًا كبيرًا ، لدرجة أن تحويل مياه النهرين قد حدث تقريبًا . تُفقد معظم المياه المستخدمة في الري بالتبخر . ولأن بحر آرال حوض تصريف داخلي ، فقد كان حساسًا بشكل خاص لنضوب إمداداته المائية . انخفض منسوب البحيرة بشكل كبير ، وأصبحت مساحة المياه حاليًا أقل من نصف ما كانت عليه في عام ١٩٦٠ . ومع انخفاض منسوب البحيرة وزيادة ملوحة المياه ، انكشفت مساحات شاسعة من قاع البحيرة السابق .

تحتوي هذه الرواسب البحرية على مستويات عالية من الملوحة ، وعندما تتآكل بفعل الرياح ، ترسبت على الأراضي المروية المجاورة ، مما تسبب في تلوث ملحي شديد . كما تسببت مشاريع الري نفسها في مشاكل بيئية . فقد زُوِّدت العديد من المشاريع بأنظمة تصريف غير كافية ، مما أدى إلى انتشار ملوحة التربة على نطاق واسع . استُخدمت مجموعة واسعة من المواد الكيميائية والأسمدة في إنتاج القطن والأرز ، وقد لوثت هذه المواد الآن موارد المياه السطحية والجوفية . والنتيجة الإجمالية هي أن النظام البيئي الطبيعي قد تغير بشكل كبير لدرجة أنه ليس من المبالغة وصفه بالكارثة البيئية (ميكلين 1988). وقد وُضعت خطط مختلفة للحصول على إمدادات مياه إضافية للحوض ، بما في ذلك تحويل المياه من الأنهار الكبيرة التي تتدفق إلى المحيط المتجمد الشمالي . ومع ذلك ، فإن التكلفة الباهظة لهذه المشاريع تجعل من غير المرجح أن تؤدي ثمارها على الإطلاق . وبالمثل، يبدو من غير الواقعي تقليل كميات مياه الري بشكل كبير ، حيث يعتمد أكثر من 40 مليون شخص اليوم على الإنتاج الزراعي للحوض (كيرماني ولو موين 1997) .

في السنوات الأخيرة ، منذ ظهور الآبار المضخوخة ، تم تطوير العديد من أنظمة طبقات المياه الجوفية الكبيرة في جميع أنحاء العالم بشكل مفرط أو تم استخراجها لإنتاج مناطق مروية مزدهرة . من الأمثلة اللافتة للنظر طبقة المياه الجوفية أوغالالا الواقعة تحت سهول تكساس المرتفعة (جرين 1973). كانت وتيرة تطوير الري في المنطقة ملحوظة للغاية ، فمن عام 1945 إلى عام 1970 ، نمت المساحة المروية من أقل من 0.2 مليون هكتار إلى ما يقرب من مليوني هكتار (الشكل 12.5) (بومونت 1985). بعد عدة سنوات من ارتفاع مستويات الاستخراج ، بدأ منسوب المياه الجوفية في الانخفاض ، في بعض المناطق بأكثر من متر سنوياً ، ونتيجة لذلك ، ارتفعت تكاليف الحصول على المياه . وتفاقم الوضع بسبب الارتفاع السريع في أسعار الطاقة منذ أواخر الستينيات فصاعدًا .

ونتيجة لذلك ، انخفضت ربحية الزراعة المروية ، وبحلول عام 1978 ، بلغت المساحة المروية ذروتها . وبعد ذلك ، بدأت في الانخفاض . كان رد فعل المزارعين على انخفاض منسوب المياه الجوفية هو محاولة إقناع الولاية بتوفير مياه إضافية عن طريق استيرادها من خارجها . طُرحت هذه الفكرة لأول مرة

في خطة مياه تكساس لعام ١٩٦٨، ولكن في ذلك الوقت وفي مناسبات لاحقة ، صوّت ناخبو الولاية ضد اقتراح توفير الأموال اللازمة لبنائها . ونتيجةً لذلك ، اضطر مزارعو السهول المرتفعة إلى اللجوء إلى استراتيجيات جديدة للتعامل مع انخفاض كميات المياه من آبارهم وزيادة تكاليف الضخ .



ومن هذه الاستراتيجيات اختيار محاصيل أكثر ملاءمةً لظروف الجفاف في السهول المرتفعة . كما تمثلت استراتيجية أخرى في إدخال تقنيات الحفاظ على الرطوبة لتعظيم هطول الأمطار الطبيعي في المنطقة . وكانت النتيجة الإجمالية زيادة كبيرة في استخدام هطول الأمطار الطبيعي ، مع استخدام الري بشكل إضافي فقط . وعلى الرغم من كل التغييرات التي طرأت، استمرت المساحة المروية في السهول المرتفعة في الانكماش بشكل ملحوظ . تكمن المشكلة الأساسية في أن استخراج المياه الجوفية من طبقة المياه الجوفية أوغالا لا ليس نشاطاً مستداماً يمكن أن يستمر إلى أجل غير مسمى . وقد اختار المزارعون استغلال المياه كمورد قصير الأجل ، بالطريقة نفسها التي يُستخرج بها النفط من الأرض . **يقرّ الجميع الآن بأن المياه مورد محدود ، وبمجرد ضخها ، لن يتم تعويضها على المدى القصير.** ومع ذلك ، تجدر الإشارة إلى أن مياه أوغالا لا قد ساهمت في إنشاء نظام زراعي مزدهر في السهول المرتفعة ، استمر بالفعل خمسين عاماً ، ومع الإدارة الدقيقة للموارد المتبقية ، قد يستمر لعدة عقود.

الأنهار العابرة للحدود والري

تنشأ، أو يبدو أنها ستنشأ ، نزاعات بشأن استخدام المياه للري على الأنهار العابرة للحدود مثل نهر كولورادو، ونهر الأردن ، ونهر النيل ، ونهر دجلة والفرات (كيرماني ورائجلي 1994؛ كليوت 1994). تكمن مشكلة العديد من هذه الأنهار في أن الطلب على مياهها لأغراض الري قد ازداد بشكل هائل في السنوات الأخيرة مع ازدياد أعداد السكان وارتفاع مستويات المعيشة ، على الأقل في المناطق الحضرية . أما بالنسبة لنهر كولورادو، فقد أدت التطورات التي حدثت منذ ثلاثينيات القرن الماضي إلى تخصيص جميع المياه بشكل فعال لاستخدامات مفيدة (فرادين 1984). والنتيجة هي أن تصريف النهر عبر الحدود المكسيكية اليوم لا يتجاوز كونه هزياً .

ومع ذلك ، فقد تم الاتفاق على تقسيم مياه نهر كولورادو بين الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك من خلال المفاوضات ، بينما تُنظم اتفاقيات قانونية معقدة بين الولايات المعنية استخدام مياه النهر داخل الولايات المتحدة الأمريكية . في أماكن أخرى ، ليس هذا هو الحال ، ويبدو أن النزاعات على المياه ستزداد . يزعم البعض أن صراعاً مسلحاً على المياه قد يحدث في المستقبل ، بينما يشكك آخرون في هذا التوقع .

(بومونت 1994؛ ستار 1991). على نهر الفرات ، الأزمة فورية . يقع حوض الفرات في ثلاث دول - تركيا وسوريا والعراق . حتى أواخر سبعينيات القرن الماضي ، كان العراق فقط مستخدماً مهماً لمياه النهر. يعود تاريخ استخدام العراق لمياه النهر إلى ما لا يقل عن 5500 عام ، أي إلى الوقت الذي تأسست فيه أولى حضارات الري العظيمة (بومونت 1978) . كان الري الذي مورس قائماً على حول الافادة من موجة فيضان ذوبان الثلوج التي هطلت في النهر خلال شهري أبريل ومايو .

ومع ذلك ، لم يُسحب سوى جزء صغير من المياه ، وتدفق معظمها دون استخدام في الخليج العربي . ومن الجوانب المثيرة للاهتمام في نهر الفرات أن ما لا يقل عن 88% ، وربما أكثر من 95% ، من تدفق النهر ناتج عن هطول الأمطار على تركيا . أما التدفق المتبقي فيأتي من داخل سوريا ، بينما لا يوفر العراق أي تدفق على الإطلاق . ونتيجة لذلك ، يتزايد الصراع بين دول المنبع والمصب حول استخدامات المياه . فموقف تركيا هو أنه بما أن معظم مياه نهر الفرات ناتجة عن حدودها ، فإن لها الحق في الافادة من مياه النهر كما تشاء . من ناحية أخرى ، موقف العراق هو أنه بما أنه يستخدم مياه النهر منذ أكثر من 5000 عام ، فله الحق في الاستمرار في استخدامها دون عوائق . مع بناء وافتتاح سد أتاتورك في أوائل تسعينيات القرن الماضي ، أصبحت تركيا مستخدماً رئيسياً لمياه نهر الفرات لأغراض الري . وأعلنت تركيا أنها ستضمن تدفقاً لا يقل عن 500 متر مكعب في الثانية من مياه المصب . إلا أن هذا لم يمثل سوى حوالي نصف التدفق الطبيعي للنهر سنوياً ، ولذلك ردت كل من سوريا والعراق ، الواقعتين أسفل النهر، بقوة على هذا الإعلان . لم تكن تركيا مستعدة لتغيير موقفها ، ومضت قدماً في مشاريع الري في سهل حران والمناطق المجاورة (الشكل 12.7) .

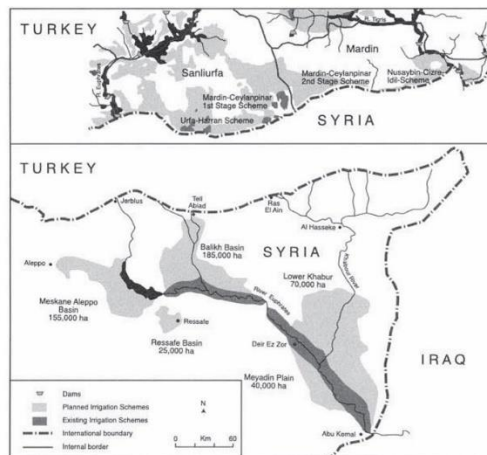


Figure 12.7 New irrigated areas in the Euphrates basin of Turkey.

من المشاكل المحتملة لمشاريع الري المخطط لها أن مياه الري العائدة قد تحتوي على نسبة ملوحة عالية، مما قد يُقلل من جودة مياه المجرى الرئيسي نفسه (بومونت، ١٩٩٦). لا شك أن تطوير مشاريع ري جديدة في تركيا وسوريا سيكون له تأثير كبير على الري في العراق . بمجرد تشغيل المشاريع التركية والسورية بالكامل في السنوات الأولى من القرن الحادي والعشرين ، قد لا يتجاوز حجم المياه المتاحة للعراق في نهر الفرات ٥٠٠٠ مليون متر مكعب سنوياً ، مقارنةً برقم بلغ حوالي ٣٠ ألف مليون متر مكعب في أوائل الستينيات ، قبل بدء إنشاء المشاريع على طول النهر. نتيجة لذلك ، سيتعين على العراق التخلي عن مساحات شاسعة من الأراضي التي كان قادراً على ريهما سابقاً . من المؤكد أن هذا سيسبب مشاكل اجتماعية حادة ، حيث لن يتمكن العديد من القرويين على طول نهر الفرات من كسب عيشهم من خلال الزراعة المروية.

الوضع على نهر النيل ليس حرجًا بعد كما هو الحال في نهري دجلة والفرات ، على الرغم من أنه قد يزداد سوءًا . المستخدم الرئيسي لمياه النهر في الوقت الحاضر هو مصر، التي تستخدم ما يقرب من 55,000 مليون متر مكعب سنويًا من إجمالي حوالي 84,000 مليون متر مكعب (هاول ومان 1990). يمثل هذا ما يقرب من ثلثي تدفق النهر. ومع ذلك ، لا يتم توليد أي جزء من تدفق النهر فعليًا داخل مصر. في السنوات الأخيرة ، بدأت دول المنبع ، مثل إثيوبيا ، التي تهطل فيها غالبية الأمطار التي تغذي النهر، في التخطيط لمشاريع ري رئيسية خاصة بها . إذا نجحت هذه المشاريع ، فستكون مصر وزراعتها المروية هي المتضرر الرئيسي . نظرًا للعدد الكبير من سكان مصر ونموها السريع ، فمن المؤكد أن هذا سيسبب العديد من المشاكل.

مستقبل الري

من القضايا الرئيسية التي يجب مراعاتها ما إذا كانت الزراعة المروية نشاطًا مستدامًا أم أنها مجرد

استغلال للموارد (فان شيلفغارد، ١٩٩٠). تشير الأدلة إلى أنه في ظل ظروف بيئية مثالية ، يمكن ممارسة الري لفترات طويلة مع ظهور مشاكل قليلة . ومن الأمثلة التي يُستشهد بها كثيرًا وادي النيل ، حيث يبدو أن الزراعة المستمرة في النقطة نفسها قد استمرت لمئات السنين على الأقل ، إن لم يكن آلاف السنين . ومع ذلك ، فإن سهول نهر النيل الفيضية تتمتع بظروف تصريف مثالية على شكل طبقات من الحصى ، مما قلل من تراكم التربة المالحة . ومع ذلك ، توجد أدلة في أماكن أخرى على أن الري طويل الأمد ، في ظل ظروف بيئية معينة ، يمكن أن يؤدي إلى انخفاض غلة المحاصيل ، حيث يرتفع منسوب المياه الجوفية إلى حد يجعل إنتاج المحاصيل المجدية اقتصاديًا غير ممكن .

ربما كان هذا هو الحال في وادي دجلة والفرات (آدامز، ١٩٧٨؛ جاكوبسن وآدامز، ١٩٥٨). من الصعب جدًا تحديد طبيعة مشاريع الري الحديثة بدقة ، إذ إن القليل منها قائم منذ أكثر من 100 عام . ومع ذلك ، يبدو أن العديد من هذه المشاريع تبدأ بنجاح ، لكنها تواجه صعوبات متزايدة بعد سنوات عدة مع تدهور حالة التربة (غارندر ويونغ 1988؛ تانجي 1990) . قد تظهر هذه الانخفاضات في الإنتاجية بعد بضع سنوات في بعض المشاريع ، ولكنها قد تستغرق عقودًا عديدة في مشاريع أخرى. بشكل عام ، من الصعب تحديد كيفية النظر إلى الري بشكل قاطع . فحتى الزراعة الجافة التقليدية قادرة على إحداث تدهور بيئي كبير عند ممارستها لفترات طويلة ، كما يتضح من منطقة البحر الأبيض المتوسط . ولعله في كثير من الأحيان في الماضي ، كان يُفترض أن الزراعة المروية لا تترتب عليها تكاليف بيئية كبيرة ، لأنها تبدو بيئة مُتحكم بها ومُصطنعة. في المستقبل ، قد يكون من المناسب التفكير في الري كآلية للتسبب في ضغوط بيئية خطيرة محتملة عند ممارسته دون دراسة متأنية لجميع العواقب المحتملة (أومالي، ١٩٩٣). ومع اقتراب القرن الحادي والعشرين ، ثمة سؤال أساسي آخر يجب طرحه وهو: هل يمكن الاستمرار في استخدام كميات كبيرة من المياه لإنتاج أغذية وألياف مروية منخفضة القيمة في ظل تزايد الطلب على المياه لاستخدامات أكثر قيمة اقتصاديًا بسرعة (بومونت، ١٩٩٤؛ ١٩٩٧) ؟ وبالتالي ، فإن المسألة تتعلق بكيفية استغلال المياه لتحقيق

أقصى منفعة للمجتمع . وتعتمد الإجابة المحتملة على هذا السؤال على مستوى تنمية المجتمع المعني . فعلى سبيل المثال ، في المجتمعات التقليدية ، مثل الفلسطينيين في الضفة الغربية المحتلة ، يبدو أن استخدام المياه في الزراعة المروية يُعد إحدى الطرق القليلة التي يمكن من خلالها توليد الثروة للمجتمع بأكمله .

على النقيض من ذلك ، في دولة إسرائيل المجاورة ، التي تتمتع الآن بمجتمع حضري / صناعي أكثر نضجًا ، يبدو استمرار استخدام المياه في الري إهدارًا كبيرًا للموارد المتاحة . بالنسبة لإسرائيل ، التي تعاني

بالفعل من نقص حاد في المياه ، لا يمكن تخفيف مشكلة المياه في المستقبل إلا من خلال إعادة تخصيص المياه من إنتاج المحاصيل المروية إلى استخدامات حضرية / صناعية أكثر قيمة . في الولايات المتحدة ، لطالما كانت العلاقات بين الزراعة المروية والاستخدامات الحضرية / الصناعية للمياه معقدة . ومن المثير للدهشة أن التنافس بين هذين الاستخدامين للمياه بدأ في وقت مبكر يعود إلى السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر، عندما كانت طفرة الري في الولايات المتحدة قد بدأت للتو.

ومن أفضل الأمثلة على ذلك ما يتعلق بإمدادات المياه في لوس أنجلوس (هوفمان 1981؛ والتون 1992). ما حدث هنا هو أن آباء المدينة أدركوا في نهاية القرن التاسع عشر أن موارد المياه المحلية كانت محدودة للغاية ، وأنه لا بد من اتخاذ إجراء لضمان توفر موارد المياه المستقبلية للمدينة . وكان حلهم للمشكلة هو شراء حقوق المياه الزراعية في وادي أوينز في فترة تزيد قليلاً عن عقد من الزمان . ويبدو أن الوسائل المستخدمة كانت في بعض الأحيان شبه غير قانونية ، لكن النتيجة النهائية كانت حصول مدينة لوس أنجلوس على كمية كبيرة من المياه لتلبية احتياجاتها المستقبلية . أما بالنسبة لوادي أوينز، فقد تحول ما كان في السابق أرضاً خصبة وخضراء تعتمد على الري إلى منطقة من الأراضي القاحلة البنية شبه القاحلة .

من المظاهر الأحدث للظاهرة نفسها تطور أسواق المياه منذ ستينيات القرن الماضي . ورغم أن إمكانات نقل موارد المياه من الري إلى الاستخدام الحضري في الولايات المتحدة تبدو كبيرة ، إلا أنه لم يتحقق الكثير حتى الآن (براجر وآخرون، 1989؛ كولبي، 1990؛ هاو وآخرون، 1986؛ ويلي، 1992). ومع ذلك ، بدأ الوضع يتغير، وفي مقال نُشر مؤخراً ، رُغم أن "عمليات نقل المياه القائمة على السوق في معظم الولايات الغربية [في الولايات المتحدة] أصبحت محمية صراحةً كونها استخداماً مفيداً معترفاً به للمياه" (جراف ويارداس، 1998: ص 167) . وكانت بعض الصعوبات التي أعاقَت عمليات نقل المياه ذات طبيعة قانونية مرتبطة بمبدأ "التخصيص المسبق" لاستخدام المياه في غرب الولايات المتحدة . هذا يعني أن أول مستخدم للمياه في الوقت المناسب له الحق في الاستمرار في سحب مياه معينة ، شريطة أن تُستخدم لأغراض مفيدة ، بغض النظر عن احتياجات المياه للأفراد أو المنظمات الأخرى . في الواقع ، أدى هذا إلى مفهوم "استخدامها أو إفقدها" . ونتيجة لذلك ، استمر العديد من المزارعين في استخدام كميات مفرطة من المياه مقارنة باحتياجاتهم الفعلية في محاولة لحماية حقوقهم القانونية .

تُقدم منطقة مياه العاصمة (MWD) في جنوب كاليفورنيا مثالاً على إعادة تخصيص المياه من الري إلى الاستخدام الحضري / الصناعي ، حيث تُزود حوالي 15 مليون شخص بالمياه . في عام 1989 ، تم التوصل إلى اتفاقية بين MWD و IID ، أكبر منطقة ري في كاليفورنيا . نتيجة لذلك ، منح معهد المهندسين المدنيين (IID) هيئة المياه والصرف الصحي (MWD) حقاً طويل الأجل ، وإن لم يكن دائماً ، لاستخدام 100,000 فدان قدم من المياه سنوياً ، مقابل استثمار يزيد عن 100 مليون دولار أمريكي في أعمال الحفاظ على المياه والأعمال ذات الصلة في وادي إمبريال (المرجع نفسه) . كما تفاوضت هيئة المياه والصرف الصحي على ما يمكن تسميته بسياسة طوارئ مائية مع منطقة ري بالو فيردي . وبناءً على ذلك، عندما تواجه إدارة المياه والصرف الصحي نقصاً في المياه في أوقات الجفاف ، تم الاتفاق على أن تسحب منطقة الري الأراضي من الري مؤقتاً حتى يمكن نقل المياه للاستخدام الحضري / الصناعي .

ما هو إذن مستقبل الزراعة المروية في الأراضي الجافة (روز غرانت وبينسونجر 1994؛ زوارتيفين 1997) ؟ في العديد من المناطق ، يبدو الوضع قاتماً ، حيث يبدو أن المنافسة على المياه من المجمعات الصناعية الحضرية على وشك الازدياد مع تزايد عدد السكان وارتفاع مستويات المعيشة ، مما يتطلب المزيد من المياه . تكمن المشكلة الأساسية في أن الري يُدرّ عوائد ضئيلة نسبياً لكل متر مكعب من المياه المُستهلكة

. أما مع الري عالي التقنية ، باستخدام أنظمة التقييط لزراعة محاصيل عالية القيمة كالزهور ، فيمكن أن تكون عوائد المزارع كبيرة . ومع ذلك ، فإن سوق هذه المنتجات محدود ، ويضطر معظم المزارعين الآخرين إلى إنتاج محاصيل منخفضة القيمة نسبيًا . في المقابل ، يُمكن أن يُحقق متر مكعب واحد من المياه المُستخدم في الإنتاج الصناعي ، خاصةً إذا كانت هذه الصناعة من النوع الحديث عالي التقنية ، عوائد مرتفعة للغاية .

في العديد من المناطق الجافة ، جميع موارد المياه المُتاحة مُخصصة بالفعل ، وأي تطوير مُستقبلي سيتطلب إيجاد مصادر جديدة . مع ذلك ، في بعض البلدان ، لا تتوفر احتياطات إضافية من المياه ، باستثناء حل تحلية المياه المُكلف . هذا يعني أن أي تطوير مُستقبلي للاقتصاد لا يُمكن أن يحدث إلا إذا أُعيد توزيع موارد المياه الحالية . هذا لا يُسبب بالضرورة مشاكل كثيرة كما يُقال . في معظم بلدان الأراضي الجافة ، يُستخدم ما يقارب 70 إلى 80% من إجمالي المياه لأغراض الري . معدلات استخدام الري مرتفعة ، وغالبًا ما تتجاوز 10,000 متر مكعب للهكتار . يعني هذا أنه إذا سُحبت مساحة صغيرة نسبيًا من الأراضي المروية من الزراعة ، يُمكن تخصيص كمية كبيرة من المياه لاستخدامات أخرى . على سبيل المثال ، تُلبى مياه الري لمساحة 100 هكتار الاحتياجات الحضرية / الصناعية لـ 10,000 شخص سنويًا (بومونت، 1997).

ومع ذلك ، من الواضح تمامًا أن جميع القرارات المتعلقة باستخدام المياه لا تُتخذ من منظور موضوعي . فمن المؤكد أنه خلال القرن العشرين ، بدا أن جميع البلدان التي تُمارس الري قد دعمت أنظمة الري الخاصة بها . وقد تحقق ذلك بطرق عديدة ومختلفة ، بما في ذلك انخفاض أسعار الفائدة على رأس المال لتطوير البنية التحتية ، ودعم أسعار الطاقة لأغراض ضخ المياه . وقد أدى ذلك إلى صعوبة بالغة في تقييم الجدوى الاقتصادية . جدوى المشاريع القائمة ، ويشير ذلك إلى أن الحكومات والمنظمات الأخرى في المستقبل لن تتخذ بالضرورة قرارات غير متحيزة بشأن مشاريع الري .

في الاقتصادات الغربية الأكثر تقدمًا ، وفي البلدان ذات الأراضي الجافة حيث يكون الضغط على قاعدة موارد المياه مرتفعًا بالفعل ، يبدو من المرجح أن تكون المساحات المروية قد وصلت بالفعل إلى ذروتها ، بل وربما تكون في انخفاض . في إسرائيل ، يتجه الانخفاض بالفعل نحو الانخفاض ، بينما في الولايات المتحدة الأمريكية ، يبدو أنه تجاوز أعلى نقطة ، ولكن لم يُسجل أي انخفاض كبير حتى الآن . في أماكن أخرى ، لا تُعدّ الإحصاءات موثوقة بما يكفي للتأكد مما يحدث بالضبط . من ناحية أخرى ، يبدو من المرجح أن تستمر المساحة المروية في العديد من البلدان النامية في التوسع لعقد آخر أو نحو ذلك ، قبل أن يُنهي الضغط المستمر للنمو السكاني والطلب المصاحب له على المياه هذه الزيادة.

الملحق 12.1

مكتب الاستصلاح والغرب الأمريكي

في عام ١٩٠٢ ، أنشئت دائرة الاستصلاح ، التي عُرفت لاحقًا باسم مكتب الاستصلاح ، بموجب قانون الاستصلاح . تمثلت المساهمة الرئيسية لمكتب الاستصلاح في انفتاح الغرب الأمريكي في ضخه مبالغ رأسمالية طائلة ، وإدخاله تقنيات هندسية حديثة ، وامتلاكه جهازًا بيروقراطيًا قادرًا على بناء مشاريع ري واسعة النطاق ، والدعوة إلى بناء مشاريع أخرى . وبصفته منظمة ، كان المكتب كبيرًا وقويًا بما يكفي للتغلب على أي اعتراضات قد تُطرح في طريقه . بين قانون الاستصلاح عام ١٩٠٢ وعام ١٩٢٠ ، طُورت ٠,٨٩ مليون هكتار إلى أراضٍ مروية ، وبحلول نهاية الحرب العالمية الثانية ، ارتفع هذا الرقم إلى ١,٦٨ مليون هكتار . ومع ذلك ، فقد حدثت الزيادة السريعة في أنشطة المكتب بين عامي 1945 و1965 ، عندما تم تكليف

1.62 مليون هكتار من الأراضي المروية ، مما أدى إلى إنتاج ما مجموعه 3.24 مليون هكتار (اللجنة الوطنية للمياه 1973).

بعد ذلك ، تباطأت وتيرة التطوير، وبحلول عام 1981 لم تصل إلا إلى 4.09 مليون هكتار. حاول قانون إصلاح الاستصلاح لعام 1982 معالجة العديد من المشاكل التي نشأت على مر السنين مع ازدياد نطاق عمليات الري . ومع ذلك ، قبل سن قانون إصلاح الاستصلاح بوقت طويل ، كانت الأوقات تتغير بالنسبة للري في الغرب الأمريكي . وقد صدر آخر تصريح رئيسي لتمويل أعمال البناء الكبرى من قبل مكتب الاستصلاح في أواخر الستينيات ، في وقت كانت فيه حركة بيئية متنامية في الولايات المتحدة الأمريكية تُعرب عن معارضتها لمشاريع تطوير المياه . منذ ذلك الحين ، لم يعد مكتب استصلاح الأراضي منظمة إنشاءات رئيسية ، بل أصبح أكثر اهتمامًا بتشغيل وصيانة المرافق القائمة . وكُتب المكتب: "لقد تم استصلاح الأراضي الغربية القاحلة بشكل أساسي . وتم تسخير الأنهار الرئيسية ، وتم وضع المرافق أو استكمالها لتلبية أكثر احتياجات المياه إلحاحًا في الوقت الحالي وفي المستقبل القريب" .

وقد تم الاعتراف بهذه التغييرات بين عامي 1988 و1994 من خلال إعادة تنظيم وتقليص كبيرين لمكتب استصلاح الأراضي في وقت كانت فيه آخر المشاريع الكبرى ، التي تم اعتمادها في ستينيات القرن الماضي ، على وشك الانتهاء . وعلى الرغم من أن مكتب استصلاح الأراضي أصبح الآن منظمة أصغر بكثير مما كان عليه في السابق ، إلا أنه ما يزال يدير حوالي 180 مشروعًا في الولايات الغربية السبع عشرة للولايات المتحدة الأمريكية ، وهو ما يمثل استثمارًا إجماليًا يبلغ حوالي 11 مليار دولار أمريكي .

تواصل مشاريع مكتب استصلاح الأراضي ريّ 3.68 مليون هكتار (1992)، أي ما يعادل حوالي 20% من إجمالي المساحة المروية في المنطقة . كان التأثير الإجمالي لمكتب استصلاح الأراضي على تطوير الري في الغرب الأمريكي هائلًا . مشاريعه بحد ذاتها مثيرة للإعجاب، ولكن من المهم أن نتذكر أن مجرد وجود المكتب كان له تأثير تحفيزي مهم على تطوير الري بشكل عام في جميع أنحاء الجنوب الغربي من قبل الأفراد أيضًا . في الواقع ، كان مكتب استصلاح الأراضي رائدًا في مجال الري ، ذا سمعة واسعة الانتشار في جميع أنحاء العالم.

الملحق 12.2

استخراج المياه الجوفية والأمن الغذائي في المملكة العربية السعودية

تُمثل المملكة العربية السعودية مثالاً آخر على التطور السريع للمياه الجوفية لأغراض الري . ففي ثمانينيات القرن الماضي ، ونتيجةً لسياسة الحكومة الرامية إلى زيادة الاكتفاء الذاتي من الغذاء ، قُدمت إعانات كبيرة للمزارعين لإنتاج القمح . في ذلك الوقت ، كانت المملكة العربية السعودية تعتمد على واردات كبيرة من القمح سنويًا . ونظرًا للطبيعة القاحلة لمناخ المملكة العربية السعودية وقلة الجريان السطحي ، لم يكن من الممكن زراعة القمح إلا من خلال مياه الري المُستمدّة من الآبار العميقة . وقد جرى التطوير المضاربي لاحتياجات المياه الجوفية من خلال برنامج حفر الآبار، ونتيجةً لذلك ، ارتفعت مساحة القمح من ٦٠,٠٠٠ هكتار في أواخر سبعينيات القرن الماضي إلى ذروة تجاوزت ٩٠٠,٠٠٠ هكتار في عام ١٩٩٢ (الشكل 12.6). ارتفع الإنتاج الفعلي للقمح خلال الفترة نفسها من حوالي 90,000-150,000 طن إلى أكثر من 4 ملايين طن . وكان هذا الإنتاج هائلًا لدرجة أن المملكة العربية السعودية تمكنت في عام 1992 من تصدير كمية إجمالية مذهلة تجاوزت مليوني طن من القمح.

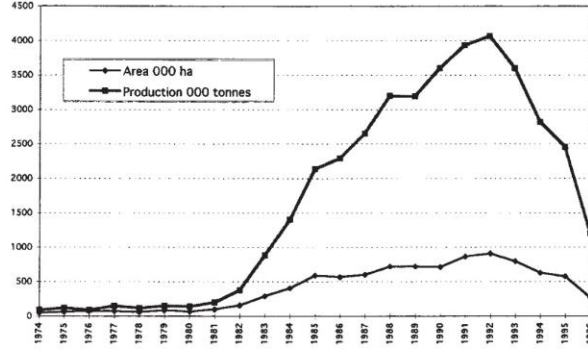


Figure 12.6 Area and production of irrigated wheat in Saudi Arabia.

في نهاية المطاف ، أدركت الحكومة السعودية أن الدعم ، الذي كان غالبًا ما يزيد عن أربعة أضعاف سعر القمح في السوق العالمية ، ليس له جدوى اقتصادية تُذكر، فتم تخفيضه تدريجيًا في السنوات الأخيرة . ونتيجةً لذلك ، انخفضت المساحة المزروعة بالقمح بحلول عام 1996 إلى 265,000 هكتار، ويبدو أن إنتاج القمح الآن سينخفض إلى حوالي 1.2 مليون طن . ومع ذلك ، تجدر الإشارة إلى أن هذه التجربة في إنتاج القمح المروي قد أدت إلى استنزاف حاد لطبقة المياه الجوفية تحت المملكة العربية السعودية ، وإهدار كميات من المياه كان من الممكن استخدامها لأغراض أكثر إنتاجية.

دليل لمزيد من القراءة

بومونت، ب. (1997) المياه والصراع المسلح في الشرق الأوسط - خيال أم حقيقة؟ في ن. ب. جليديتش (محرر) الصراع والبيئة، دوردرخت: دار نشر كلوير الأكاديمية، 355-374. يتناول الضغوط المتزايدة على موارد المياه في المنطقة وضرورة إعادة هيكلة استخدام المياه، مع إعادة تخصيص مياه الري لاستخدامات أكثر إنتاجية من الناحية الاقتصادية.

بومونت، ب. (1971) أنظمة القنوات في إيران. نشرة الرابطة الدولية لعلم المياه، 16، 39-50. دليل لطريقة تقليدية أو ريّ بالمياه الجوفية لعب دورًا رئيسيًا في التنمية الزراعية للأراضي الجافة في آسيا من الصين إلى البحر الأبيض المتوسط.

جراف، ت. ج. وبارداس، د. (1998) إصلاح سياسة المياه الغربية : الأسواق والتنظيم . الموارد الطبيعية والبيئة، 12(3)، 165-169. دراسات حول التأثير المتزايد لأسواق المياه في الولايات المتحدة الأمريكية، ونقل المياه من الري إلى الاستخدام الحضري/الصناعي.

هاول، ب. وآلان، ت. (محرران) (1990) نهر النيل - تقييم الموارد، إدارة الموارد، سياسات المياه والقضايا القانونية. لندن: كلية الدراسات الشرقية والأفريقية، جامعة لندن. تقييم مفصل لاستخدام مياه الري في حوض النيل.

لونيرغان، س. س. وبروكس، د. ب. (1994) مستجمعات المياه - دور المياه العذبة في الصراع الإسرائيلي الفلسطيني. أوتاوا: المركز الدولي لبحوث التنمية. يناقش الصراع على استخدام المياه للري في كل من إسرائيل والضفة الغربية الفلسطينية المحتلة.

ريدزوسكي، ج. ر. ووارد، س. ف. (محرران) (1989) الري: النظرية والتطبيق. لندن: مطبعة بينتيك. كتاب شامل في الري.