التوزيع : محـــــــدود
E/ESCWA/NR/1993/WG.1/11(Part I)
٢٧ تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٩٣
ARABIC
الأصل : بالعربيـــــة

صحـــة
منظمـــة الصحـــة العالميـة
المكتب الاقليمي لشرق البحرالمتوسط
مركز أنشطـة صحـة البيئة

اسكـــوا
اللجنـة الاقتصادية والاجتماعية
لغربـي آسيـــا

الندوة الاقليمية حول استعمالات المياه والحفاظ عليها
٢٨ تشرين الثاني/نوفمبر - ٢ كانون الأول/ديسمبر ١٩٩٣
عمـــــان

UN ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR WESTERN ASIA
DEC 2 8 1993
LIBRARY + DOCUMENT SECTION

الورقة القطرية لدولة البحرين

حول استخدامات الموارد المائية وخطط المحافظة عليها

" الجزء الأول "

اعداد
مبارك أمان النعيمي

الآراء الواردة في هذه الوثيقة هي آراء المؤلف ولا تمثّل بالضرورة رأي اللجنة الاقتصاديـــة والاجتماعية لغربي آسيا.

صدرت هذه الوثيقة دون تحرير رسمي.

93-0863

الندوة الاقليمية حول استعمالات المياه والحفاظ عليها
٢٨ تشرين الثاني/نوفمبر - ٢ كانون الأول/ديسمبر ١٩٩٣
عمـــــان

تنظمـها
اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (اسكوا)

و

منظمة الصحة العالمية/المكتب الاقليمي لشرق البحر المتوسط/
مركز أنشطة صحة البيئة

بالتعاون مع

حكومة المملكة الأردنية الهاشمية (وزارة المياه والري ووزارة الصحة)

و

برنامج الأمم المتحدة للبيئة (يونيب)

الفصل الأول
الظروف الطبيعية

١-١ الموقع والسكان

تقع دولة البحرين في المنطقة من الخليج العربي المسماه بخليج سلوى بين خطي عرض ٢٥ ٣٢ و ٢٠ ٢٦ شمالاً وخطي طول ٢٠ ٥٠ و ٥٠ ٥٠ شرقاً ، (الشكل١-١) . وهي تبعد عن الساحل الشرقي من المملكة العربية السعودية بحوالي ٢٥ كليومتر، وأكثر من ذلك قليلاً عن الساحل الغربي لشبه جزيرة قطر . والبحرين عبارة عن أرخبيل من الجزر يصل مجموعها إلى ٣٣ جزيرة بمساحة إجمالية قدرها ٦٩٣,٣٩ كيلو متر مربع . وتتفاوت هذه الجزر في المساحة والأهمية فأكبرها وأهمها جزر المحرق وسترة والنبيه صالح . أما جزر أم النعسان ومجموعة جزر حوار وجده فهي قليلة الأهمية وتكاد تخلو من السمات الحضرية .

وحسب الإحصاءات الرسمية للسكان للعام ١٩٩١ ، بلغ عدد سكان البحرين ٥٠٨٠٣٧ ألف نسمة ، يتركز معظمهم في المناطق الحضرية (حوالي ٨٨,٤٤٪) . وخصوصاً في جزيرة المحرق وجزيرة البحرين التي تضم العاصمة (المنامة) وترتبط مع المملكة العربية السعودية برياً من خلال جسر الملك فهد . وتتميز البحرين بكثافة سكانية عالية (حوالي ٧٣٢ نسمة في الكيلومتر المربع) .

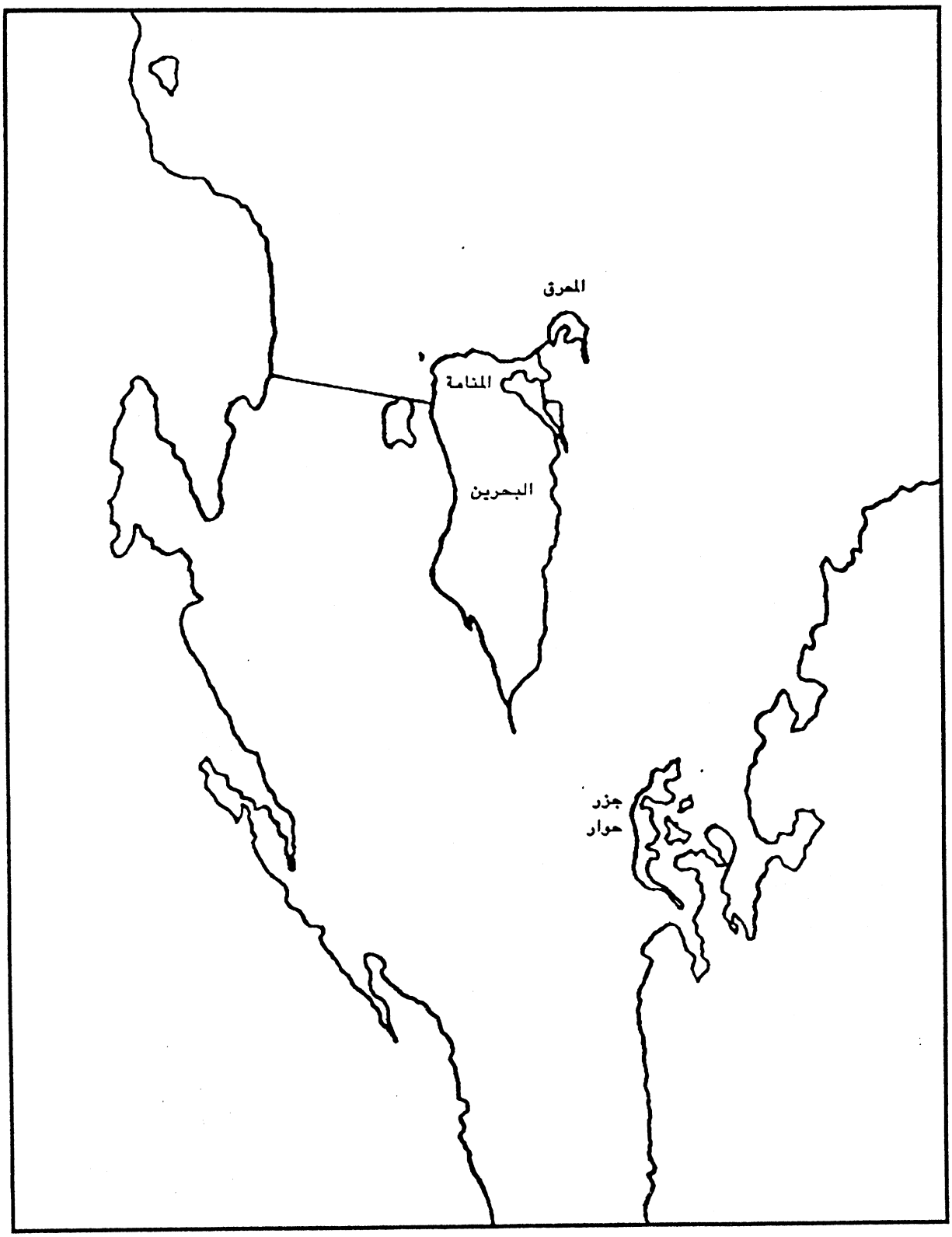
١- ٢ الطبوغرافيا والتضاريس :

تتميز جزر البحرين بظواهر تضاريسية منخفضة ، حيث لايتجاوز أقصى ارتفاع لها ١٢٢ متراً على متوسط سطح البحرين ، في المنطقة المعروفة بجبل الدخان في الجزء الأوسط من الجزيرة الرئيسية . ويقدر الارتفاع الوسطي للسطح بحوالي ٢٠ متراً . وغالبية مناطق البحرين عبارة عن أراضي صخرية جيرية تتخللها بعض الكثبان المتفرقة والأراضي الملحية . وبالقرب من السواحل تسود المسطحات الرملية وتحدد مظاهر السطح بخمس وحدات فيزيوغرافية رئيسية (الشكل ١-٢) نوجزها كالتالي :

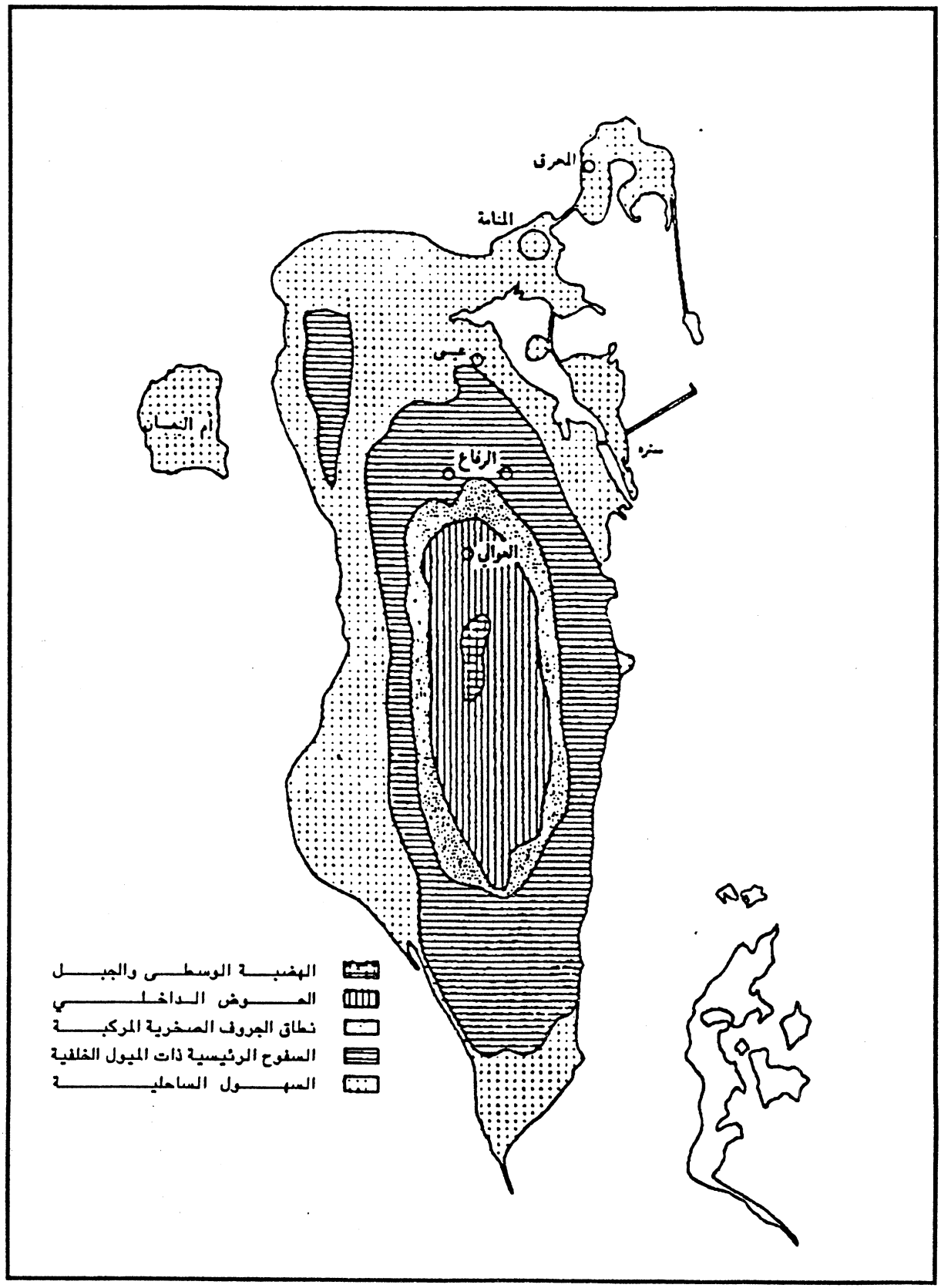
- الهضبة الوسطى وجبل الدخان :

تشغل الهضبة الوسطى الأجزاء الوسطية من جزر البحرين وتتخللها تلال متفرقة ذات قمم مسطحة وجوانب منحدرة يتراوح متوسط ارتفاعها فيما بين ٢٠-٦٠ متر . ويصل أقصى ارتفاع لها ١٢٢ متر عند جبل الدخان . ويتميز

شكل ١ - ١ موقع جزر البحرين



شكل ١ - ٢ الوحدات الفيزيوغرافية الرئيسية
(برونسدن ، ١٩٨٠)



القسم الشمالي من الهضبة بكونه أكثر إرتفاعاً من قسمها الجنوبي الذي يتخلله منخفضات وأراضي منبسطة أشهرها منخفضات الغينة والشبك .

- الحوض الداخلي :

وهو عبارة عن حلقة متماثلة من الأراضي المنخفضة تحيط بالهضبة الوسطى ، ويتراوح اتساعها من ٢ كيلومتر في الغرب إلى ٨ كيلومتر في الجنوب . أما ارتفاعات سطح الحوض فتقل بدرجة ملحوظة إلى الخارج ، فهي حوالي ٧٠ متر بالقرب عن المركز وأقل من ٢٠ متر عند الحواف . وتتميز مورفولوجية سطح الحوض بكونها متباينة ، ففي حين تسود صخور الأديم المواجهة للريح بالقرب من الهضبة الوسطى ، تنتشر في الأجزاء الأخرى الأحواض الرسوبية الهامشية والبلايات . وتتخلل الحوض خطوط تصاريف ومجاري أودية جافة ضحلة وقليلة الاتساع وذات مظهر شعاعي في الغالب . وتنتقل مواد هذه الأودية من الرمال الدقيقة والغرين لتترسب في الأحواض المغلقة التي تعتبر مستويات الأساس لمياه الحوض الداخلي ذات الصبغة السليسية .

- نطاق الجروف الصخرية المركبة :

وهذه عبارة عن حزام من منحدرات ذات أوجه داخلية مشكلة حلقة بيضاوية شبه متكاملة تحيط بالحوض الداخلي . وتعرف هذه المنحدرات جيولوجياً بصخور الحواف . وتتباين أنواع هذه المنحدرات من جروف منفرده بسيطة إلى أخرى مركبة معقدة . ولا تنتظم الجروف الصخرية المركبة في هيئتها حول الحوض الداخلي ، ذلك أن أشكالها تتباين تبعاً للتغيرات الجانبية للتركيب الصخري للمنحدر وشدة عمليات التعرية . وتتفاوت ارتفاعات هذه المنحدرات إلى حد بعيد فهي تزيد قليلاً عن ٤٠ متراً في الشمال والغرب ، وقد تصل إلى ٦٧ متراً في الجنوب والجنوب الغربي . أما في الشرق وأجزاء متفرقة من المناطق الغربية فتتراجع ارتفعاتها بدرجة كبيرة لتبلغ فيما بين ٢٠ - ٢٥ متراً .

- السفوح الرئيسية ذات الميول الخلفية :

وهي تشمل أسطح طبوغرافية خفيفة الانحدار تميل بلطف متقاطعة مع مستويات التطبق الرئيسية لصخور العصر الأيوسيني الأوسط ، بحيث تظهر التتابعات الطبقية الأحدث باتجاه الساحل . وتتميز السفوح الخلفية بكونها

متسعة وذات ميل لطيف في أجزاءها الشمالية والجنوبية في حين تبدو ضيقة وأكثر انحداراً في الأجزاء الشرقية والغربية . وتتبدل نمطية هذه السفوح في الشمال الغربي بالقرب من معسكر الهملة حيث ساهمت عمليات التعرية في تكوين منحدرات تميل باتجاه الشرق . وتوجد أسفل السفوح الخلفية (منطقة عالي على وجه التحديد) منخفضات لأودية ضحلة كونتها مجاري التصريف التي تنشط خلال العواصف المطرية . وفيما عدا هذه الظواهر التضاريسية المحدودة فإن مظاهر السطح في السفوح الخلفية تتسم بنمطية ورتابة واضحتين .

- السهول الساحلية :

وهي عبارة عن شريط من الرواسب الرملية والغرينية المتفككة التي تحيط بصخور الحواف ، ويصل هذا الشريط إلى أقصى اتساع له في الجزء الغربي الممتد من قرية الزلاق حتى رأس المطلة . ويشمل هذا السهل في أجزاءه الشمالية رواسب كثبان رملية متفرقة ومواد شاطئية بإرتفاعات لا تزيد عن ١٠ أمتار . وفيما عدا بعض المنكشفات الصخرية الجيرية ، لا تشكل رواسب السهل الساحلي في الأجزاء الشمالية ظواهر تضاريسية مميزة ، إذ نجد أن معظمها قد سوي مع الأرض للإستخدام في النشاط الزراعي . وتمتد من الشمال الغربي لهذا السهل كثبان رملية طولية تتخللها أراضي منخفضة جبسية تنتشر باتجاه الشرق عند خور مقطع توبلي وتمتد إلى المنطقة الواقعة بين قريتي سار والشاخورة . وعلى العموم ، فإن مواد السهل الساحلي في الشمال والشمال الغربي تشكل أهمية كبيرة من الناحية الزراعية من حيث أنها توفر الترب الصالحة للزراعة والتي تتميز بقلة ملوحتها وجودة صرفها . أما في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية عند جزيرتي سترة والمحرق فإن رواسب السهل الساحلي تتكون من الكثبان الرملية المتباينة الارتفاعات وبعض الرمال الجبسية التي تتدرج إلى حواف صخرية شاطئية جيرية غنية بالأصداف البحرية ، ويتسع السهل الساحلي في الجنوب الغربي مكوناً أراضي ملحية منخفضة (سبخات) ، تشغل مساحات شائعة وتتخللها بعض الكثبان الرملية الجبسية .

١-٣ المناخ :

يكتسب مناخ دولة البحرين سمات وخصائص مناخات المناطق الجافة من

الكرة الأرضية ، ولعل أبرز هذه السمات هي زيادة معدلات البخر بدرجة كبيرة عن معدلات الهواطل السنوية ، هذا بالإضافة إلى الإرتفاع الشديد في درجات الحرارة ومتوسطات السطوع الشمسي . ويصل المتوسط اليومي لدرجات الحرارة العظمى في أشهر الشتاء إلى ٢٠,٩ درجة مئوية ، بينما يصل المتوسط اليومي لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى في شهر يناير ١٤,٥ و ١٩,٩ درجة مئوية على التوالي (عيسى ١٩٨٩) . وترتفع معدلات الحرارة بشكل حاد في مواسم الصيف نظراً لإستقبال البحرين كميات كبيرة من الاشعاع الشمسي ، إذ يصل المتوسط الشهري لدرجات الحرارة العظمى ٣٦,٨ درجة مئوية ، في حين يبلغ المعدل اليومي لدرجات الحرارة الصغرى في شهر أغسطس ٢٦ درجة مئوية .

وتسقط على البحرين في الفترة من أكتوبر إلى مايو أمطار قليلة يبلغ معدلها السنوي ٧٤,٣ مليمتر ، وتتميز بكونها غير منتظمة ومتباينة حسب المكان والزمان وتكون في العادة مصحوبة بعواصف رعدية . وتزداد معدلات البخر بالذات خلال فترات الصيف لتصل إلى حوالي ٣٣ ملليمتر/ اليوم . أما متوسط البخر اليومي فهو في حدود ٩ ملليمتر . وعلى العكس من ذلك تكون الرطوبة النسبية التي ترتفع في فصل الشتاء وبالذات حينما تكون الرياح جنوبية شرقية لتصل إلى أكثر من ٩٥٪ وتنخفض إلى أقل من ٢٠٪ عندما تسود الرياح الجنوبية الغربية خلال فصل الصيف . ويصل المتوسط اليومي للرطوبة النسبية العظمى إلى ٨٤٪ . أما متوسطها اليومي الأدنى فهو يتراوح من ٤٨-٥٩٪ (عيسى ، ١٩٨٩) .

وبوجه عام تسود أجواء البحرين الرياح الشمالية الغربية التي تصل نسبتها إلى ٦٠٪ من إجمالي الرياح التي تهب على البلاد ، تليها الرياح الجنوبية الشرقية بنسبة ١٨٪ والنسبة الباقية تمثل أنواع الرياح الأخرى مجتمعه . ويبلغ متوسط سرعة الرياح في أشهر الشتاء نحو ١٠,٤ عقدة وهي في الغالب شمالية غربية جافة وباردة تعرف محلياً بإسم (الشمال) وتتراوح سرعتها فيما بين ١٥-٢٥ عقدة وهي أحياناً جنوبية شرقية رطبة ودافئة تتراوح سرعتها بين ١٠-٢٠ عقدة . أما الرياح الصيفية فيبلغ متوسط سرعتها ٩,٣ عقدة ، وهي أما غربية محملة بكميات ضخمة من الغبار والرمال الناعمة بسرعات فيما بين ١٥-٢٠ عقدة وتعرف محلياً بإسم (البارح) أو هي جنوبية شرقية رطبة تعرف بإسم (الكوس) تتراوح سرعتها فيما بين ١٥-١٠ عقدة (عيسى ، ١٩٨٩) . أما المتوسط السنوي لسطوع الشمس فيبلغ حوالي ٩ ساعات ويصل إلى أدناه خلال شهري ديسمبر ويناير بمعدل حوالي ٧ ساعات . (الجدول ١-١) يعطي ملخصاً لبعض المعطيات المناخية الرئيسية في البحرين حتى ديسمبر ١٩٩٠ م .

جدول ١ - ١ ملخص بالمعطيات المناخية المتوسطة ١٩٦١ - ١٩٩٠

(إدارة الأرصاد الجوية ١٩٩٠)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
معدل درجة الحرارة	٢ر١٧	٠ر١٨	٢ر٢١	٣ر٢٥	٠ر٣٠	٦ر٣٢	١ر٣٤	٢ر٣٤	٥ر٣٢	٣ر٢٩	٥ر٢٤	٣ر١٩
المتوسط اليومي لدرجات الحرارة العظمى	٠ر٢٠	٢ر٢١	٧ر٢٤	٢ر٢٩	١ر٣٤	٤ر٣٦	٩ر٢٧	٠ر٣٨	٥ر٣٦	١ر٣٣	٨ر٢٧	٣ر٢٢
المتوسط اليومي لدرجات الحرارة الصغرى	١ر١٤	٩ر١٤	٨ر١٧	٥ر٢١	٠ر٢٦	٨ر٢٨	٤ر٣٠	٥ر٣٠	٦ر٢٨	٥ر٢٥	٢ر٢١	٢ر١٦
المتوسط اليومي لدرجات الحرارة العظمى(الترمومتر الرطب)	٩ر١٥	٦ر١٦	٦ر١٨	٧ر٢١	٢ر٢٥	٤ر٢٧	١ر٢٩	٩ر٢٩	٨ر٢٨	١ر٢٦	٩ر٢١	٨ر١٧
المتوسط اليومي للرطوبة النسبية العظمى (٪)	٨٨	٨٨	٨٥	٨٢	٧٩	٧٨	٨٠	٨٣	٨٦	٨٨	٨٥	٨٧
المتوسط اليومي للرطوبة النسبية الصغرى . ٪)	٥٩	٥٥	٥٠	٤٤	٣٩	٤٠	٤١	٤٤	٤٥	٤٦	٥٢	٥٧
المعدل اليومي للضغط الجوي (أعلي مستوى سطح البحر)	٧ر١٠١٨	٢ر١٠١٧	٠ر١٠١٤	٩ر١٠١٠	٩ر١٠٠٦	٩ر١٠٠٠	٦ر٩٩٧	٢ر٩٩٩	٩ر١٠٠٤	٠ر١٠١٢	٥ر١٠١٦	٥ر١٠١٨
المعدل اليومي لضغط البخار	٨ر١٤	٢ر١٥	٩ر١٦	١ر٢٠	٠ر٢٥	٩٠ر٢٧	٨ر٣١	٤ر٣٥	١ر٣٢	٣ر٢٧	٦ر٢١	٩ر١٦
المعدل اليومي لعدد اسعات السطوع الشمسي	٣ر٧	٩ر٧	٧ر٧	٥ر٨	٩ر٩	٣ر١١	٧ر١٠	٧ر١٠	٤ر١٠	٨ر٩	٧ر٨	٣ر٧
المتوسط الإجمالي للهواطل	٦ر١٤	٠ر١٦	٩ر١٣	٠ر١٠	١ر١	صفر	صفر	صفر	صفر	٥ر٠	٨ر٣	٧ر١٣
متوسط عدد الأيام المطيرة (أكثر من ١ ملم)	٠ر٢	١ر٩	١ر٩	٤ر١	٢ر٠	صفر	صفر	صفر	صفر	١ر٠	٧ر٠	١ر٧
متوسط عدد الأيام في الشهر في الحالات التالية :-												
الضباب (مدى الرؤية - كيلو متر أو أقل)	٧ر١	٢ر١	٤ر٠	*	٢ر٠	١ر٠	١ر٠	*	٣ر٠	٧ر٠	٩ر٠	٠ر١
الغبار (مدى الرؤية - كيلو متر أو أقل)	٢ر٠	٣ر٠	٥ر٠	٦ر٠	٢ر٠	٨ر٠	١ر١	٣ر٠	١ر٠	١ر٠	١ر٠	٢ر٠
العواصف المطرية	١ر١	٩ر٠	١ر٧	٩ر١	٦ر٠	صفر	صفر	صفر	صفر	٢ر٠	٦ر٠	٨ر٠

ملاحظات : متوسطات الحرارة معطاة بالدرجات المئوية . متوسطات الضغوط معطاة بوحدة الهكتاباسكال ، أما الهواطل فهي مقاسة بالمليمتر .

(*) تساوي أقل من ٥٠ر٠ وأكثر من صفر .

١-٤ الجيولوجيا :

تتمثل الملامح التركيبية الرئيسية في قبلة البحرين التي هي عبارة عن تقوس محدب غير متماثل يأخذ محوره إتجاه شمال-جنوب . وتتكون هذه القبة من الرواسب الكربوناتية التي تعود إلى العصر الأيوسيني ، تعلوها في الأجزاء الهامشية الرواسب السطحية العائدة إلى العصور الرباعية والتي لم تتأثر بعمليات الطي . (الشكل ١-٣) يوضح الجيولوجيا السطحية للبحرين .

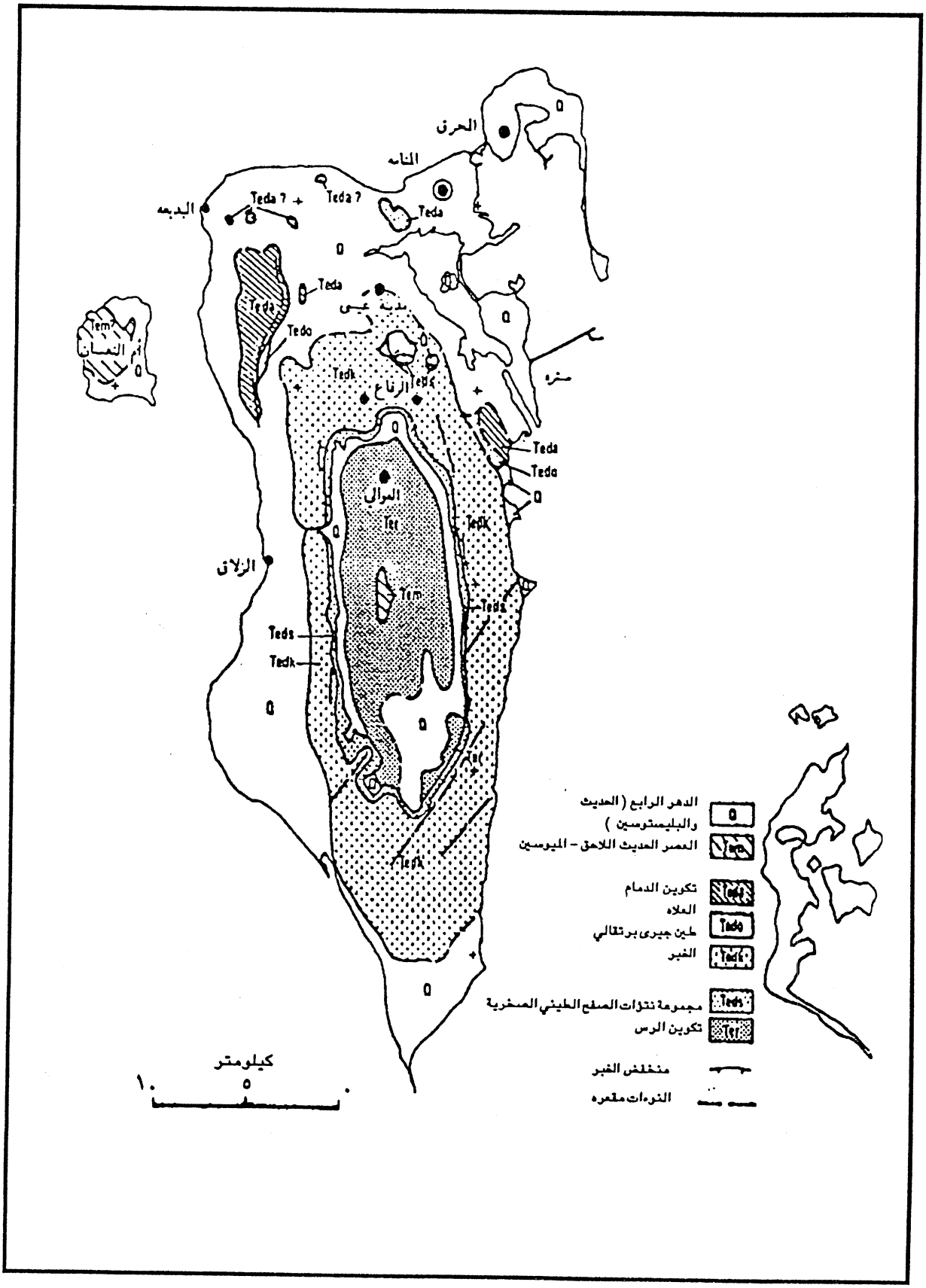
ولقد تعرضت قمة هذه القبة في الأجزاء الوسطى لعمليات التعرية مما أعطى جزيرة البحرين هيئتها البيضاوية المميزة . وبإستمرار تعرية صخور الأيوسين الأوسط (تكوين الدمام) وربما الصخور الأحدث منها ، تكوّن حوض داخلي تشكلت أرضيته من صخور الأيوسين الأسفل (تكوين الروس) . وتحيط بهذا الحوض منحدرات صخرية من بقايا صخور الأيوسين الأوسط (تكوين الدمام) مشكلة الظاهرة الجيولوجية السائدة والمسمى بصخور الحواف . وهناك ظواهر تركيبية ثانوية (الشكل ١-٣) تتمثل في خمس طيات مقعرة ذات امتداد شمال - شرق - جنوب - غرب وتميل على محور الطيه الرئيسية . وأوضح هذه الطيات هي تلك الموجودة على الجانب الشرقي من منحدرات الدمام وهي معقرات الحسى ورأس حيان والدور . وفي الشمال الغربي من جزيرة البحرين بالقرب من معسكر الهملة تبرز شواهد إلتواء ممثلاً في طيه محدبة تمتد جنوباً من قرية المرخ وحتى قرية كرزكان . وتنتشر مجموعات من الفواصل على إمتداد منحدرات صخور الدمام بإتجاه شمال - شمال - غرب ، جنوب - جنوب - شرق ، تتفاوت في العمق وفي أهميتها كممرات تصريف .

ومن الناحية الليثولوجية تسود الرواسب الكلسية البحرية الضحلة المختلطة مع تكوينات من المارل والطفل والصلصال . وهناك دلائل على سيادة ظروف الجفاف في فترات من العمر الجيولوجي تخللتها رواسب متقطعة من المتبخرات ممثلة بطبقات الجبس والأنهايدرايت ضمن رواسب الأيوسين الأسفل . ويمكن وصف التعاقب الطبقي للتكوينات الجيولوجية في البحرين مرتبة من الأحدث إلى الأسفل . (الجدول ١-٢) فيما يلي :

- تكوينات العصر الرباعي :

وهي تظهر على هيئة رمال سطحية غير متصلبة ورسوبيات كلس رملية وجيرية فتاتية وجيرية صدفية ممثلة لصخور الحواف الشاطئية . وتشمل في تركيباتها أيضاً رواسب السبخات ومراوح الاطماء والكثبان الرملية المتفرقة

شكل ١ - ٣ جيولوجية البحرين



جدول ١ - ٢ التتابع الاستراتجرافي لصخور الأزمنة الجيولوجية الثلاثية والرباعية

العصر الجيولوجي Geolgical Period	العهد الجيولوجي Geological Epoch	التكاوين Formations	الأعضاء Members	الخصائص اللبثولوجية العامة Lithologic Characteristic	السمك (م) Thickness
العصر الرباعي Quaternary Period	الهولوسين Holocene			رمال غير متصلبة ورواسب كثبان رملية ومواد شاطئية جيرية صدفية في الغالب	
	البلستوسين Pliestocene	تكوين رأس العكر Ras AlAkur Formation		صخور جيرية وأحجار رملية كلسية ورواسب سبخات ومراوح أطماء	٤
العصر الثلاثي Tertiary Period	ميوسين - بليوسين Miocene - Pliocene	تكوين جبل الكاب Jabal Capp Formation		حجر جيري مرجاني وصخور جيرية دلوميتية فتاتية	٢٣
		تكوين النيوجين Neogene Formation		أحجار صلصال وصخور جيرية كوارتزية ورملية جيرية وجيرية دلوميتية ومارل جيري	١٠-٦٠
		xxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxx	
			عضو العلات Alat Member	حجر جيري متبلور وحجر جيري دولوميتي وحجر جيري دلوميتي طباشيري	١٥-٢٥
	الأيوسين الأوسط Middle Eocene	تكوين الدمام Dammam Formation	عضو المارل البرتقالي Orange Marl Member	مارل دلوميتي وحجر جيري دلوميتي ومارل جيري	٩-١٥
			عضو الخبر Khobar Member	حجر جيري كارستي متبلور ودلومايت وحجر جيري دلوميتي وأحجار كلس رملية دلوميتية حبيبية غنية بأحافير الفورامنيفرا ومارل مع توضعات سلبية من الشيرت والفلنت	٢٠-٤٥
			عضو الطفل ذو أسنان القرش STS Member	طفل بايريتي وطفل دلوميتي ودلومايت طفلي	٨-٢٠
	الأيوسين الأسفل Lower Eocene	تكوين الروس Rus Formation		حجر جيري طباشيري وصلصال وطفل جبسي وحجر جيري دلوميتي ورواسب متبخرات وتوضعات من الكوارتز العقدي	٦٠- ١٤٠
	الباليوسين Paloecene	تكوين أم الرضمة Umm Er Radhmma Fm.		حجر جيري دلوميتي ودولومايت وصخور كلس رملية وصخور جيرية طينية	٣٥٠

التي تنتشر بالأخص في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية . وتغطي هذه الرواسب الأجزاء الهامشية من جزيرة البحرين حيث تشكل الجزء الأعظم من منطقة السهل الساحلي . وتنسحب رواسب العصر الرباعي إلى الداخل لتكونّ أجزاء من قرى الساحل الشرقي وبعض أجزاء متفرقة من القرى الشمالية ، والمتيقن أنها تشكل الجزء الأعظم من المواد الصخرية المكونة للجزر الهامشية كما هي الحال في جزيرة جده . تمثل رواسب العصر الرباعي في البحرين ، نموذجياً ، بتكوين رأس العكر .

- تكوينات العصر الميوسيني والبليوسيني :

وهذه تنقسم إلى قسمين الأول منهما مكون من أحجار جيرية دلوميتية فتاتية تتخللها رواسب من الأحجار الجيرية الطحلبية والمرجانية . وتظهر رواسبه كأوضح ما تكون في الجزء العلوي من منطقة جبل دخان في وسط الجزيرة الرئيسية وتسمى بتكوين جبل الكاب . وتنتشر بعض التراكيب الصخرية الميوسينية في مناطق متعددة من الجزر الرئيسية مثل أم النعسان ومجموعة جزر حوار . وتتمثل رواسب القسم الثاني بطبقات من الصلصال مع تداخلات جيرية رملية وجيرية كوارتزية دلوميتية . وترتكز هذه الرواسب ، التي يطلق عليها معقد النيوجين ، بسطح عدم توافق على ما يسفلها من مواد صخرية راجعة إلى العصر الأيوسيني . وتظهر رواسب النيوجين بشكل محدود في أجزاء متفرقة من القرى الشمالية الشرقية وبالتحديد عند الشاخورة ومقابة ، ويعتقد بأنها مكافئة في العمر الجيولوجي لتكوين الحدروخ والدام بالجزء الشرقي من المملكة العربية السعودية .

- تكوينات العصر الأيوسيني :

تتضمن رواسب الأيوسين ، صخور تكوين الدمام (أيوسين أوسط) وصخور تكوين الروس (أيوسين سفلي) . وتركيبات الأيوسين الأوسط معظمها بحرية الأصل ومدلته في الغالب تتألف من تربات كلسية وجيرية دلوميتية وصخور دلومايت متبادلة مع بعض الرسوبيات الطينية . ولقد قسمت المواد الصخرية التابعة لتكوين الدمام إلى أربعة أعضاء هي ، من الأعلى إلى الأسفل ، حجر جير العلات وطبقة المارل البرتقالية وتركيبات الخبر الجيرية والدلوميتية ثم أخيراً السحنات الطفلية المحتوية على أحافير سمك القرش . ويتشكل عضو العلات من صخور جيرية وجيرية دلوميتية تتدرج في الأسفل إلى رواسب

جيرية طباشيرية . وصخور العلات ذات أهمية محدودة من الناحية الهيدروجيولوجية ويعرف هذا العضو محلياً بالخزان الجوفي (أ) . أما طبقة المارل البرتقالية فتسود تركيباتها صخور المارل والمارل الدلوميتي المتبادل مع طبقات رقيقة من أحجار الجير الدلوميتية . وتمثل هذه السحنات في مجموعها طبقة غير منفذة تفصل بين الطبقتين المائيتين (أ) ، (ب) . أما العضو الثالث من صخور تكوين الدمام والمسمى بالخبر ، فيشمل في تركيباته أحجار جيرية ودلومايت مختلطة مع رواسب جيرية دلوميتية ، مع وجود توضعات سليسية ممثلة بصخور الشيرت والفلنت . وتتبدل صخور الخبر في أجزاءها الوسطى إلى ترسبات كلس رملية ورملية دلوميتية غنية بأحافير الفورامينفرا . أما في أجزاءه السفلية فتسود رواسب المارل . ويعرف الخبر هيدرولوجيا بالخزان (ب) حيث تسود أجزاءه العلوية الخصائص الكارستية التي تسمح بمرور كميات كبيرة من المياه . وتتشكل رواسب العضو الرابع من صخور الطفل البيريتي المختلطة مع رسوبيات من الطفل الدلوميتي والدلومايت . وتغطي منكشفات تكوين الدمام مناطق كبيرة من السطح في البحرين (الشكل ١-٣) وتشكل حلقة شبه متكاملة من الرواسب التي تحيط بمنطقة الحوض الداخلي ، وتميل هذه الرواسب وتنحدر بإتجاه الأجزاء الساحلية حيث تغطي بالروسوبيات الرباعية والميوسينية . وتعتبر الوحدات الصخرية العائدة لفترة الأيوسين الأسفل (تكوين الروس) من أقدم الطبقات الجيولوجية التي تنكشف على السطح في البحرين وتشغل منطقة الحوض الداخلي بأكملها تقريباً ، فيما عدا الأجزاء منها المغطى برواسب هولوسينية وهي في السائد ذات طبيعة جيرية طباشيرية وجيرية دلوميتية متبادلة مع رسوبيات الصلصال الجبسي والطفلة ، مع وجود توضعات من الكوارتز العقدي ، ويشمل قطاع الروس تداخلات تبخيرية متفاوتة السمك من الجبس والأنهايدرايت ذات الأهمية خاصة من وجهة النظر الهيدروجيولوجية .

- تكوينات العصر الباليوسيني :

لم يتم التعرف على منكشفات سطحية باليوسينية في البحرين ، وتتكون الصخور التحتسطحية العائدة لهذا الزمن بنسبة عالية من أحجار الجير والجير الدلوميتي السميكة والمخلوطة مع صخور كلس رملية ، وتتخللها كذلك تكوينات محدودة من الدلومايت السليسي . ويغلب على الأجزاء الوسطى لرواسب الباليوسين التحتسطحية ، السحن الدلوميتية الرملية ، في حين

تتدرج في أجزاءها السفلي إلى سحنات طينية وطفلية ربما تمثل المواد الصخرية الإنتقالية المتماسة مع تكوينات الطفل المكونة للجزء العلوي من تكوين العرمة (الكريتاسي العلوي) .

الفصل الثاني
الموارد المائية

٢-١ المياه الجوفية :

تتحدد موارد المياه الجوفية في البحرين بثلاثة خزانات رئيسية حاملة للمياه تتواجد في الصخور الكربوناتية العائدة إلى تكوينات العصر الثلاثي (أيوسين - باليوسين) . ويطلق على هذه الخزانات محلياً (مرتبة من الأحدث إلى الاقدم) بالطبقات (أ) ، (ب) ، (جـ) . ومن جانب آخر ، فإن هذه الأحواض المائية تقسم إلى نظامين هيدروجيولوجيين ، هما نظام حاملة مياه الدمام ونظام حاملة مياه الروس أم الرضمة ، يمثلان في امتدادهما الجانبي جزء من النظام الهيدروجيولوجي الاقليمي لشبه الجزيرة العربية . وتنكشف رواسب الكربونات التابعة لفترتي الايوسين والباليوسين باتجاه الغرب من البحرين في شرقي الأراضي السعودية لتحصل على تغذية من مياه الأمطار . أما في الجانب الشرقي فتتكشف الأجزاء العلوية من صخور الدمام في المنطقة البحرية التي تفصل البحرين عن شبه جزيرة قطر ، ولهذا الأمر دلالة عميقة في الجانب الهيدروجيولوجي .

وتدلل المعطيات البيزومترية والهيدروكيميائية على أن النظامين المائيين للدمام والروس - أم الرضمة في البحرين يشكلان منطقة التصريف الرئيسية للنظام الهيدروجيولوجي الإقليمي . (الشكل ٢-١) يعطي صورة واضحة لطبيعة العلاقات الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية في النظام الإقليمي لحاملة مياه الدمام - أم الرضمة . بينما يتضمن (الشكل ٢-٢) مخطط لأنظمة حاملات المياه في جزيرة البحرين .

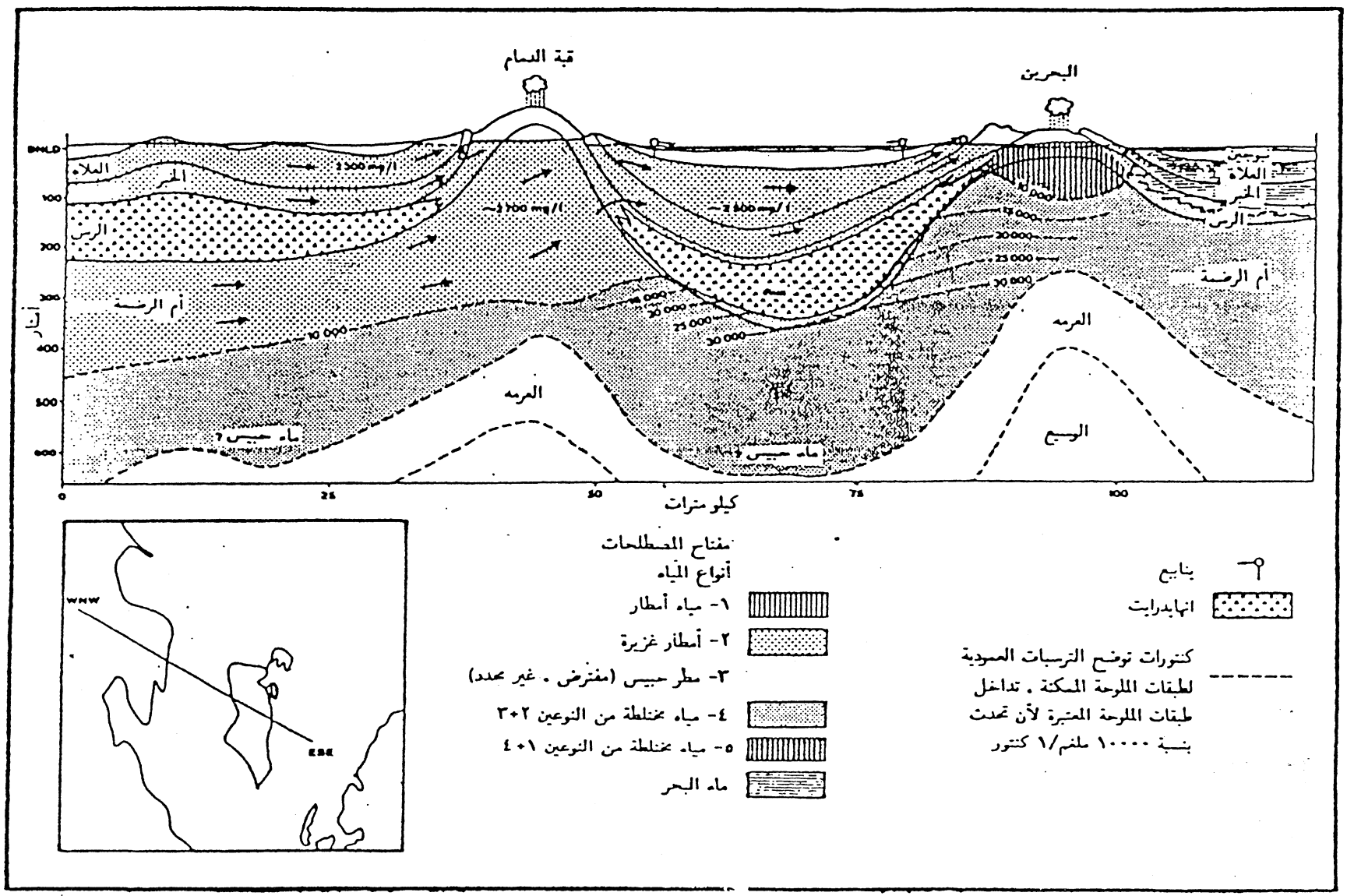
١-١-١ خصائص الخزانات الجوفية

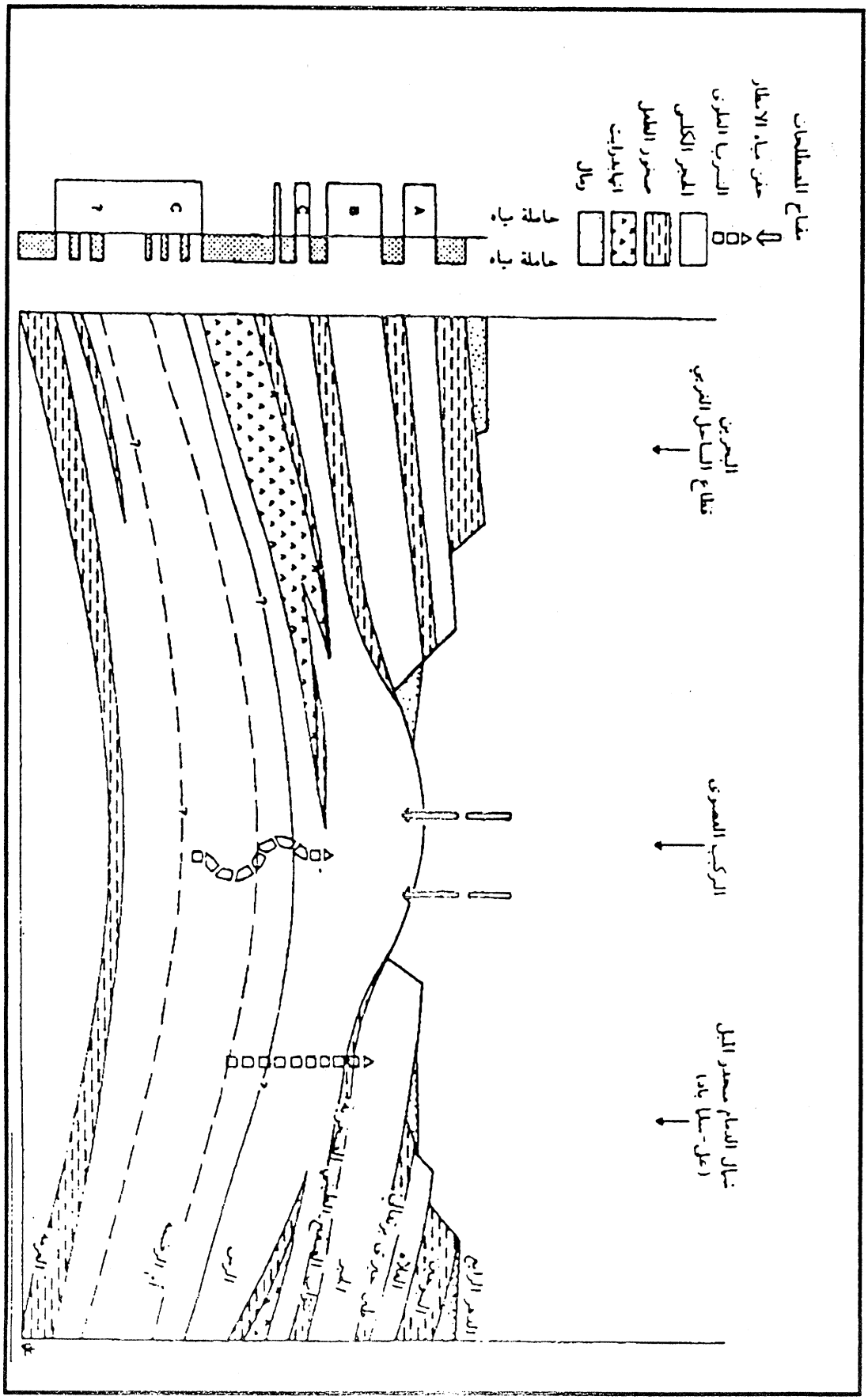
- نظام حاملة مياه الدمام

يتكون هذا النظام ليثولوجيا من الطبقات الكربوناتية الراجعة لعصر الإيوسين الأوسط . ويتشكل هذا النظام من خزانين مائيين يعرفان بالخزان (أ) (ب) وشبه ومفصولين عن بعضهما بطبقة طينية غير منفذة . وبصورة تفصيلية يغلب على التركيب الليثولوجي لهذين الخزانين ، السحن الكربوناتية والكربوناتية المدلتة وصخور الدلومايت والرواسب المارلية وصخور الكالكارينيت والدولارينيت ويتباين سمك هذه الرواسب وفقاً لموقعها في التركيب الجيولوجي ، ففي الوقت الذي تختفي فيه تماماً عند قمة

شكل ٢ - ١ العلاقات الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية في النظام الاقليمي لحاملة مياه الدمام - أم الرضمة

(جي . دي . سي . ١٩٧٩)





شكل ٢-٢ مخطط يبين أنظمة حاملات المياه في جزيرة البحرين
(جي . دبي . سي ، ١٩٧٩)

الطبقة الرئيسية في منطقة الحوض الداخلي ، نجدها تزداد سمكاً كلما إتجهنا بعيداً عن محور الطية ، إلى الشرق والغرب (راجع الشكل ٢-١) ، وتصل أسماكها إلى أقصاها في المناطق الحوضية .

وتقدر نفاذية الخزان (أ) والذي يعرف بحجر جير العلات بـ ١٤ متر/ اليوم ، أما معامل تخزينة فيتراوح بين ١,٣ x ١٠$^{-٤}$ إلى ٥,٣ x ١٠$^{-٤}$ (بدون وحدات) . في حين يبلغ متوسط ناقليتة ٣٥٠ متر^{٢} /اليوم . وتتشكل العلات أساساً من صخور جيرية وجيرية دلوميتية متبلورة ، بيضاء إلى رمادية تتدرج سفلياً إلى رواسب جيرية دلوميتية طباشيرية .

أما نفاذية الخزان (ب) والذي يعرف بطبقة الخبر ، فتتراوح فيما بين ١٦ - ٩٠٠ متر/ اليوم ، وهي في الغالب نفاذية ثانوية تطورت خلال التكسرات والفواصل الكارستية في صخور الدلومايت وأحجار الجير الصلبة . وأعطت هذه الخصائص الكارستية أهمية كبيرة لخزان الخبر إذ إنه يعتبر الخزان المائي الرئيسي إذ يستعمل منه أكثر من ٧٠٪ من جملة الموارد المائية الجوفية . غير أن التركيب الليثولوجي للخبر يتبدل في الأجزاء الوسطى والسفلية إلى سحن غريزية حبيبية وصخور كالكارينيت ومارل ، مما يقلل نفاذيته بصورة واضحة كلما إتجهنا إلى الأسفل . ويبلغ معامل التخزين لطبقة الخبر ٥ x ١٠$^{-٥}$ (بدون وحدات) ، أما ناقليتها تتروح بين ١,٠٠٠ - ٤١,٠٠٠ متر^{٢}/اليوم . (الجدول ٢-١) يوضح الخصائص الهيدروليكية لطبقات نظام حاملة مياه الدمام .

جدول ٢-١ قيم المعاملات الهيدروليكية لطبقات حاملة مياه الدمام

(بتصرف عن جي . دي . سي ، ١٩٧٩)

الطبقة الحاملة للمـــــاء	النفاذية (متر/اليوم)	معامل الناقلية (متر٢/اليوم)	معامل التخزين (بدون وحدات)
طبقة العلات	١٤ *	٣٥٠ *	١,٣ x ١٠$^{-٤}$ إلى ٥,٣ x ١٠$^{-٤}$
طبقة الخبر	١٦ - ٩٠٠	١,٠٠٠ - ٤١,٠٠٠	٥ x ١٠$^{-٥}$

* قيم متوسطة

- نظام حاملة مياه الروس - أم الرضمة

ويتشكل هذا النظام من طبقتين حاملتين للمياه هما طبقة الروس وطبقة أم الرضمة . وتتألف الأولى من الأحجار الكلسية الطباشيرية والكلسية الدلوميتية وصخور الصلصال الجبسي والطين الصفحي العائدة إلى فترة

الإيوسين الأسفل . وتشمل هذه التراكيب أيضاً توضعات سليسية من الكوارتز العقدي وتداخلات تبخيرية من الجبس والأنهايدرايت .

أما طبقة أم الرضمة (باليوسين) فتشمل في تركيباتها صخور جيرية وجيرية دلوميتية تتدرج سفلياً إلى أحجار دلوميتية وكلسية رملية وجيرية دلوميتية بيوتيمينية ، ثم سحنات ذات طبيعة طفلية تشغل الأجزاء السفلية القصوى من قطاع التكوين .

وفيما يختص بالمعاملات الهيدروليكية لحاملة مياه الروس - أم الرضمة ، فقد وجد إن متوسط نفاذيتها يصل إلى ٢٥ متر/ اليوم ، ويتراوح معامل ناقليتها من ١٢١٠ - ٤٨,٠٠٠ متر٢/اليوم . أما قيم معاملات تخزينها فهي تتباين بمقدار تباين وضع الخزان الهيدرولوجي من حيث كونه محصور أو غير محصوره ، فهي تبلغ في المتوسط ٢,٢٦ x ١٠$^{-٤}$ (بدون وحدات) تحت ظروف الخزان المحصور ، وتتراوح بين ٢,٥ x ١٠$^{-١}$ (بدون وحدات) تحت ظروف الخزان غير المحصور . (الجدول ٢-٢) بين قيم المعاملات الهيدروليكية لحاملة مياه الروس - أم الرضمة .

جدول ٢-٢ قيم المعاملات الهيدروليكية لحاملة مياه الروس - أم الرضمة

(بتصرف عن جي . دي . سي ، ١٩٧٩)

النفاذية (متر/اليوم)	معامل الناقلية (متر٢/اليوم)	معامل التخزين (بدون وحدات)
٢٥ *	١٢١٠ - ٤٨,٠٠٠	٢,٢٦ x ١٠$^{-٤}$ (محصور)
		٢,٥ x ١٠$^{-١}$ - ٣ x ١٠$^{-١}$ (غير محصور)

* قيم متوسطة

٢-٢ المياه المحلاة

شرع في تنفيذ مشاريع تحلية المياه لتأمين مياه الشرب في منتصف السبعينيات بطاقة أولية وقدرها ٥ مليون جالون في اليوم ضمن مشروع محطة سترة لإنتاج الكهرباء والماء ، ومع إطلالة العام ١٩٨٥ وصل إنتاج هذه المحطة إلى ٢٥ مليون جالون في اليوم .

ومع نهاية العام ١٩٨٤ بدأ في تشغيل محطة أخرى بطاقة ١٠ مليون جالون في اليوم هي محطة رأس أبو جرجور لتحلية المياه . ومؤخراً ، في العام ١٩٩١ ، بدأ التشغيل التجريبي لمحطة الدور لتحلية المياه التي تنتج هي الأخرى ١٠ مليون

جالون في اليوم ، ليصل إجمالي الإنتاج اليومي المخطط من المياه المحلاة ٤٥ مليون جالون (٧٤,٧ مليون متر مكعب في السنة) . هذا بالنسبة للطاقة المخططة ، أما الطاقة الفعلية عند جاهزية إنتاجية حوالي ٨٥٪ فهي في حدود ٣٨ مليون جالون في اليوم (٦٣ مليون متر مكعب سنوياً) . ونظراً لقلة المتاخ من المياه المحلاة قياساً بحجم الطلب عليها فإن هذه المياه تخلط بنسب معينة مع المياه الجوفية ، في محطات خاصة للخلط والضخ ، قبل أن توصل للمستهلكين خلال شبكات التوزيع . وتصل ملوحة مياه الشرب في المتوسط إلى ١١٠٠ ملليجرام/ اللتر .

وهناك خطط لبناء محطتين جديدتين لتحلية المياه بطاقة إنتاجية إجمالية ٣٠ مليون جالون يومياً ، مما سيرفع الطاقة الإنتاجية اليومية من المياه المحلاة إلى ٧٥ مليون جالون (١٢٤,٤٣ مليون متر مكعب سنوياً) ، محسوبة على أساسها الطاقة الإنتاجية المخططة لمحطات التحلية . ويأتي ذلك لمواجهة الطلب المتزايد على مياه الشرب من جهة ، ولتخفيف العبء على إستخدامات المياه الجوفية من جهة أخرى . (الجدول ٢-٣) يوضح محطات التحلية القائمة والمقترحة وأساليب التحلية المتبعة بكل محطة وحجم إنتاجها السنوي .

جدول ٢-٣ محطات التحلية القائمة والمقترحة

المحطة	طريقة التحلية	حجم الانتاج السنوي (مليون متر ٣)
محطات قائمة :		
سترة لانتاج الكهرباء والماء	التبخير الوميضي متعدد المراحل	٤١,٤٧
رأس أبوجرجور لتحلية المياه .	التناضح العكسى	١٦,٦
الدور لتحلية المياه	التناضح العكسي	١٦,٦
محطات مقترحة :		
شمال غرب المحرق لتحلية المياه	التناضح العكسى	٢٤,٨٨
شمال المنامة لتحلية المياه	التناصح العكسى	٢٤,٨٨
اجمالي الانتاج السنوي (١٩٩٨)		١٢٤,٤٣

ملاحظة : حجم الانتاج السنوي معطى وفقاً للطاقة المخططة لكل محطة .

٢-٣ مياه الصرف الصحي المعالجة

أنجز المخطط الرئيسي لمشروع مجاري البحرين في العام ١٩٧٥ ، وحدد هذا المخطط الإحتياجات الحالية انذاك ، وكذلك الإحتياجات المستقبلية لخطوط المجاري

ومراكز المعالجة . وخلال الفترة من ١٩٧٧ و ١٩٧٩ تم إنجاز خطوط المجاري الرئيسية ومحطات الضخ ، أما مشاريع الخطوط الفرعية وتوصيلات المنازل فقد شرع العمل فيها منذ العام ١٩٧٩ وينتظر إنجازها في العام ٢٠١٠ (شارلسوت والعرادي ، ١٩٩٢) . ولقد إنتهى العمل في مشروع المعالجة بمرحلتيه الأولى والثانية في العام ١٩٨٩ وإشتمل على محطات ضخ فرعية ومحطة معالجة مركزية في توبلي وخطوط نقل وتوزيع رئيسية ومواقع للتخزين .

صممت محطة المعالجة المركزية في توبلي بمرحلتيها الأولى والثانية لخدمة ٤٠٠,٠٠٠ نسمة ، وفي إطار المرحلة الثالثة من المشروع قدر أن تستوعب خدمات المحطة ٦٠٠,٠٠٠ نسمة ، في الوقت الحالي وقبل إنجاز المرحلة الثالثة الذي ينتظر أن يكون خلال العام ٢٠٠١ تزايد عدد السكان بنسب أكبر من تقديرات (إيس ، ١٩٨٤) . ويجري حالياً إعادة تقييم للتصاميم الأولية لكي تكون المحطة قادرة على إستيعاب الزيادة غير المتوقعة خلال الفترة التي تسبق إتمام المرحلة الثالثة من المشروع .

وتتم المعالجة في محطة توبلي المركزية بأسلوب الحمأة المنشطة المعدلة بالتهوية الممتدة بالنسبة للمعالجة الثنائية ، والمرشحات الثنائية وإبادة الكائنات الضارة بالأوزون والكلور بالنسبة للمعالجة الثلاثية .

مياه النفايات للمناطق المستفيدة من شبكة الصرف الصحي ، تصل جميعها إلى محطة توبلي المركزية ، وطبقاً لقياسات التدفق للعام ١٩٩٢ ، وصل إلى محطة توبلي ما متوسطة ١٣٠,٠٠٠ متر مكعب في اليوم . وبشكل ذلك زيادة عن الأرقام المعطاة لإسقاطات التدفق بنسبة حوالي ٦٪ . (الجدول ٢-٤) يوضح إسقاطات تدفق مياه النفايات للفترة ١٩٩٠ - ٢٠٠٥ .

جدول ٢-٤ إسقاطات التدفق المعدلة لمياه النفايات ١٩٩٠ - ٢٠٠٥

(إيس ، ١٩٨٩)

السنة	معدل التدفق (متر ٣ / اليوم)
١٩٩٠	١١٠,٠٠٠
١٩٩٢	١٢٣,٠٠٠
١٩٩٥	١٣٢,٠٠٠
٢٠٠٠	١٤٥,٠٠٠
٢٠٠٥	١٦٠,٠٠٠

إستكملت حالياً ، المرحلة الأولى من مشروع إعادة الإستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة . وعلى الرغم من إن طاقة المعالجة في مجمع الأوزون هي ١٢٠,٠٠٠

متر مكعب في اليوم وإن متوسط التدفق الحالي (١٩٩٢) لمياه النفايات هو في حدود ١٣٠,٠٠٠ متر مكعب في اليوم ، إلا أن المتاح من مياه النفايات المعالجة يحدد بالطاقة القصوى لمحطة الضخ في إطار المرحلة الأولى وهي ٦٢,٢٠٨ متر مكعب في اليوم .

وتتصف مياه الصرف الصحي المعالجة في محطة توبلي المركزية بصفات كيميائية وبيولوجية جيدة ، ترشحها لتكون مصدر مائي هام وإستراتيجي لتلبية أغراض الري وربما تغذية الخزانات الجوفية . (الجدول ٢-٥) يوضح النتائج المتوسطة للتحاليل الكيميائية والبيولوجية لمياه النفايات المعالجة ثلاثياً . وبالنظر إلى أن غالبية مياه الصرف الصحي هي عبارة عن نفايات منزلية فإن تحسن نوعيتها سيرتبط بصورة أساسية بمدى التوسع في إمدادات المياه المحلاة .

٢-٤ مياه الصرف الزراعي

أحد أبرز المشاكل التي تعانيها الزراعة في البحرين هي إرتفاع منسوب الماء الأرضي ووجود طبقة تحت سطحية كتيمة على عمق ١,٥ - ٢ متر تمنع تسرب مياه الري إلى الأسفل وبالتالي تراكمها في المنطقة الجذرية للنبات . وإذا ما أضفنا إلى ذلك إرتفاع ملوحة مياه الري بصورة عامة ، فإن هذه الحقيقة تدفع على الدوام إلى إستخدام تطبيقات ري تزيد عن الإحتياجات الفعلية للنباتات وذلك لضمان غسل التربة من الأملاح الزائدة . وعلى هذا ، فإن الحفاظ على إنتاجية معقولة للمحاصيل الزراعية يرتبط بدرجة أساسية بكفاءة أنظمة الصرف الزراعي في التخلص من المياه الزائدة عن حاجة النبات ، إلى البحر وتقليل الآثار السلبية لمشكلة تملح التربة .

ويوجد حالياً (١٩٩٢) ما مجموعة ٧٦٥٠٠ متر من المصارف الرئيسية و ٦٦٧٠٠ متر من المصارف الجانبية و ٨٧٠٠ متر من المصارف الحقلية . وتتركز مواقع هذه المصارف في الساحلين الشمالي والغربي والمناطق الشمالية الشرقية منسجماً ذلك مع مواقع التكثيف الزراعي وأنماط توزيع الأراضي الزراعية .

وتشير المعطيات إلى أن إجمالي التصاريف التقريبية المتوسطة للمصارف الرئيسية قد بلغ حسب قياسيات ١٩٩٠ ، ٦٧٩٣٩ متر مكعب في اليوم (٢٨,١ مليون متر مكعب في العام) . ولقد شكلت هذا الكمية ما نسبته ٢٢,٦٪ من إجمالي المياه الجوفية المستغلة لأغراض الري حسب احصاء إستهلاك المياه للعام ١٩٩٠ .

وتتراوح ملوحة مياه الصرف الزراعي بين ٣١٠٠ - ٢٣٠٠٠ جزئي في المليون وبقيمة متوسطة حوالي ٨٨٧٠ جزئي في المليون . وتعكس الملوحة الزائدة لمياه

جدول ٢ - ٥ المتوسطات الشهرية للتحاليل الكيميائية والبيولوجية لمياه النفايات المعالجة ثلاثياً ١٩٩١
(محطة توبلي المركزية لمعالجة مياه المجاري ، ١٩٩١)

الشهر	الحرارة (درجةمئوية)	الرقم الهيدروجيني	العكارة (NTU)	التوصيل (ميكروموز/ السنتم)	مجموع الأملاح المعلقة	الأملاح المعلقة المتطايرة	الحاجة الكيميائية للأوكسجين	الحاجة الحيوية للأوكسجين	النيتروجين	البروميد
يناير	٢٣ر٠	٧ر٣	٢ر٠	٥٠٥٣	٢	١	٦١	٩ر٠	٠ر٠٧	١٠ر٦
فبراير	٢٢ر٤	٧ر٦	١ر٠	٤٢٠٦	٢	١	٥٢	٥ر٠	٠ر٠٣	١١ر٤
مارس	٢٣	٧ر٤	٢ر٠	٤٤٨٥	٢	١	٥٦	٩ر٠	٠ر٠٢	١١ر٧
أبريل	٢٥	٧ر٣	٢ر٠	٣٤٧٣	١	١ >	٢٩	٢ر١	٠ر٠٢	٨ر٣
مايو	٢٥	٧ر٤	٢ر٠	٣٩٧١	١	١ >	٤٣	١ر٨	٠ر٠٥	١٠ر٢
يونيو	٢٦	٧ر٧	٢ر٠	٤١٨٨	١	١ >	٤٣	١ر٤	٠ر٠٥	١١ر٤
يوليو	٢٧	٧ر٦	٢ر٠	٣٩٦٨	١	١ >	٣٥	١ر٤	٠ر٠٧	١٠ر٤
أغسطس	٢٨	٧ر٥	٢ر٠	٤٠٧١	١	١ >	٢٨	١ر٥	٠ر١٨	١٠ر٢
سبتمبر	٢٩	٧ر٦	٢ر٠	٤٠٤٣	١	١	٣٠	١ر٢	٠ر١٣	١٠ر٧
أكتوبر	٢٩	٧ر٥	٢ر٠	٤٥٠٧	١	١	٣٧	١ر٦	٠ر١٧	١٢ر٠
نوفمبر	٢٧ر٥	٧ر٦	٢ر٠	٥٠١٠	١	١	٣٦	١ر٢	٠ر١٦	١٢ر٤
ديسمبر	٢٥ر٨	٧ر٦	٢ر٠	٥٨٣٧	٢	١	٥٣	١ر٢	٠ر١٥	١٥ر٥
المتوسط السنوي	٢٥ر٩	٧ر٥	٢ر٠	٤٤٠١	١	١	٤٢	١ر٣	٠ر١	١١ر٢

جميع القيم معطاة بالمليغرام/اللتر فيما عدا تلك المبينة وحداتها

المصارف الزراعية ، إرتفاع ملوحة المياه الجوفية بوجه عام . (الجدول ٢-٦) يبين متوسطات التصاريف التقريبية والملوحة في المصارف الرئيسية .

ومن جهة تشير المصادر الرسمية إلى أن هناك بعض المصارف الزراعية الخاصة غير مشمولة ضمن التقديرات المعطاة في الجدول السابق . وتشكل مصاريف هذه المصارف حوالي ٨٪ من جملة التصاريف المتوسطة ، أي إن التصاريف الوسطية الفعلية للمصارف الزراعية هي في حدود ٣٠,٣٥ مليون متر مكعب .

جدول ٢ - ٦ متوسطات الملوحة والتصاريف التقريبية في المصارف الزراعية الرئيسية (١٩٩٠-١٩٩١)
(بتصرف من إدارة المشاريع بوزارة التجارة والزراعة)

المصرف	الموقع	متوسط الملوحة(جزئي في المليون)	التصريف التقريبي(متر ٣ / اليوم)
M52	سنابس	١٥٠٤٠	١٧٢٨
M1	جنوسان	٤٤٨٣	٨ر ١٩٠٠
M2	باربار	٣٥٩٧	٤٣٢
M4	باربار	٣٩٧٩	٣٠٢٤
M5	باربار	٤٨٥٥	٨ر ٣١٩٦
M6	باربار	٣٩٤٤	١٢٩٦
M7	الدراز	٥٧٠٦	١٧٢٨
M8	البديع	٤٣٦١	٨ر ٦٠٤
M9	القرية	٤٨٨٥	٨٦٤
M10	القرية	٥٥٣٩	٢ر ٦٩١
M11	الجنبية	٥٥١٥	٢ر ١٥٥٥
M12	الجنبية	٤٢٤٩	٤ر ١٣٨٢
M13	الجسرة	٤٤٠١	٢١٦٠
M13(A)	الجسرة	٣١٠٩	٦ر ١٢٠٩
M13(B)	الجسرة	٥٦٤٨	١٢٩٦
M14	الجسرة	٥٦٦٥	٤ر ١٣٨٢
M15	الهملة	٧٥٠٩	٢ر ١٩٨٧
M16	الهملة	٦٦٥٠	١٢٩٦
M16(B)	الهملة	٧٧٤٨	٢ر ١٣٨٢
M17	الهملة	٧٤٥٧	٨ر ١٠٣٦
M18	الهملة	٧٦٨٢	٦ر ١٢٠٩
M19	كرزكان	٧٣٩٢	٨ر ١٩٠٠
M20	كرزكان	٩٣٦٠	١٢٩٦
M20(A)	كرزكان	١٠٣٢٢	١٧٢٨
M21	كرزكان	١١٣٦٤	٨ر ١٤٦٨
M22	كرزكان	١١٨٨٩	٨ر ١٠٣٦
M24	المالكية	١٠٣٥٠	٢ر ٦٩١
M25	المالكية	١٢٠٩٨	٤ر ٥١٨
M26	صدد	٨٣٢١	٢١٦٠
M27	شهركان	٧٥٧٣	٤ر ١٨١٤
M28	شهركان	٨٢٩٠	١٢٩٦
M29	شهركان	١١٣٣٧	٤ر ١٨١٤
M30	شهركان	٩٣٥٠	٤ر ٧٨٦٢ *
M31	الزلاق	٨٤٨٧	٢ر ٣٠٦٧ *
M32	الزلاق	٨٥٠٠	١٢٩٦
M33	الوسمية	١٠٨٠٠	٨٦٤
ZQ2	الوسمية	١١٥٠٠	١٢٩٦
ZQ3	الوسمية	١٠٦٠٠	٨ر ١٠٣٦
ZQ4	الوسمية	١٢٠٠٠	٤ر ١٣٨٢
MAR	مذاري	١٠٨٨٠	٢٥٩٢
MTC	توبلي	٣٣٠٤٠	١٢٩٦
MT1	توبلي	١٥٦٨٠	٨ر ١٠٣٦
MT 2	الكوره	٥٦٨٠	٢ر ٦٩١
JB1	جرداب	٩٢٨٠	٤ر ٥١٨
JB2	جرداب	١١٨٤٠	٨ر ١٠٣٦
MUM1	أم نخيلة	١٣٦٦٣	١٢٩٦
MUM2	أم نخيلة	١١٢٥٤	٢ر ١٥٥٥
G11	قلالي	١٩٩٥٠	٢١٦٠
B11	بن هندي	١٢٥٠٠	٨٦٤
المتوسط الحسابي للملوحة		٨٨٦٧ر٣٤	
إجمالي التصريف التقريبي			٧٦٩٣٩

* قيم متوسطة

الفصل الثالث
إستخدامات الموارد المائية

من إستعراض الموارد المائية المتاحة ، نستخلص إن دولة البحرين تعتمد في تلبية احتياجاتها المائية على موردين هي موارد المياه الطبيعية ممثلة بالمياه الجوفية وموارد المياه غير التقليدية ممثلة بالمياه المحلاة ومياه الصرف الصحي المعالجة ، وبصورة محدودة جداً مياه الصرف الزراعي .

والواقع إنه حتى منتصف السبعينات كانت المياه الجوفية هي المورد الوحيد التي يمد جميع القطاعات الطالبة للماء بمتطلباتها المائية .

وخلال عقدي السبعينيات والثمانينيات ، أدى النمو الكبير في عدد السكان وتسارع عجلة التطور التنموي بمختلف صورها ، إلى زيادة الطلب على الماء وحدوث عجز في إمدادات المياه الجوفية فضلاً عن تدهورها نوعياً . وتطلبت هذه الظروف اللجوء إلى المياه غير التقليدية لضمان مقابلة الإحتياجات المائية المتزايدة وتخفيف صرة العجز في الموازنة المائية .

وفي مرحلة الثمانينات أدخلت توسعات كبيرة في إمدادات المياه المحلاة للوفاء بمتطلبات الشرب ، وأستخدمت مياه الصرف الصحي المعالجة لإمداد المناطق الزراعية بالمياه الصالحة للري لتخفيف العبء على إستغلال موارد المياه الجوفية . أما الإستخدامات الحالية لمياه الصرف الزراعي فتقتصر وبصورة محدودة جداً على ري بعض المحاصيل المقاومة للملوحة وذلك في حيازات زراعية متفرقة .

وحسب إحصاءات الإستهلاك للعام ١٩٩٢ ، بلغ مجموع الموارد المائية المستغلة لجميع الأغراض حوالي ٢٧٩,١٧ مليون متر مكعب ، منها ٢٣١,٠٩ مليون متر مكعب مياه جوفية و ٤٠,١ مليون متر مكعب مياه محلاة من البحر ، أما إجمالي مياه الصرف الصحي المعالجة التي استغلت في نفس الفترة فقد بلغت حوالي ٨ مليون متر مكعب . (الجدول ٣-١) يبين إجمالي الموارد المائية المستثمرة خلال العام ١٩٩٢ وتوزيعها النسبي حسب نوع المورد .

جدول ٣-١ الموارد المائية المستغلة حسب نوع المورد وتوزيعها النسبي

(مليون متر مكعب) ١٩٩٢

نوع المورد	مياه جوفية	مياه محلاة من البحر	مياه صرف صحي معالجة
اجمالي المستغل من المورد المائي	٢٣١,٠٩	٤٠,١	٨
الاجمالي الكلي	٢٧٩,١٧		
التوزيع النسبي لكل مورد (٪)	٨٢,٧٧	١٤,٣٦	٢,٨٧

ملاحظة : لم يشار إلى كميات مياه الصرف الزراعي المستغلة لعدم وجود أرقام محددة بهذا الشأن .

الواضح من الجدول إن المياه الجوفية لازالت هي المورد الرئيسي لإمداد القطاعات الطالبة للماء ، إذ جاءت حصتها ضمن إجمالي الموارد المائية المستغلة ٨٢,٧٧٪ . الجزء الأعظم من الموارد المائية الجوفية يذهب لإيفاء حاجات الزراعة والشرب ، فحسب أرقام ١٩٩٢ كان نصيب تلك القطاعات ٦١,٥٢٪ و ٣٤,٥٤٪ على التوالي . في حين ذهبت الحصة الباقية وهي ٣,٩٤٪ لتلبية حاجات الصناعة . (الجدول ٣-٢) يبين التوزيعات القطاعية والنسبة لإستهلاك المياه الجوفية .

جدول ٣-٢ التوزيع القطاعي لإستهلاك المياه الجوفية

وتوزيعها النسبي ١٩٩٢

	قطاع الشرب	قطاع الري	قطاع الصناعة
اجمالي الإستغلال (مليون متر مكعب)	٧٩,٨١	١٤٢,١٥	٩,٠٩
التوزيع النسبي (٪)	٣٤,٥٤	٦١,٥٢	٣,٩٤

وكما سبقت الإشارة فإن الطاقة المتاحة من المياه المحلاة تصل إلى حوالي ٣٨ مليون جالون في اليوم (٦٣ مليون متر مكعب في السنة) (شاملة المياه المحلاة من البحر والمياه المحلاة من الخزان الجوفي للروس - أم الرضمة في محطة رأس أبوجرجور) . هذه المياه تستغل بعد خلطها بنسب معينة من المياه الجوفية للوفاء بأغراض الشرب بنسبة تصل إلى حوالي ٨٢٪ . والأغراض غير المنزلية (تجارية وصناعية وسياحية) بنسبة ١٢٪ ، أما النسبة الباقية من هذه المياه وهي حوالي ٦٪ فتذهب لتلبية متطلبات الري .

جملة المستغل من مياه الصرف الصحي المعالجة هو ٨ مليون متر مكعب تذهب جميعها لري المشاريع الزراعية الحكومية والخاصة بالإضافة إلى تلبية حاجات الزراعة التجميلية وذلك في إطار المرحلة الأولى من مشروع الإستفادة من المياه المعالجة . ويمكن أن نستخلص من ذلك إن نسبة المستثمر من هذه المياه

لايتجاوز ١٧٪ من حجم الكميات المتاحة منها . وتذهب التوجهات الحالية على توفير إمكانات الإستفادة القصوى من هذه المياه بوصفها مصدر مائي غير قابل للنضوب ويتزايد بإستمرار ، خصوصاً وإن هذه المياه تتمتع بخصائص نوعية جيدة تقل بدرجات كبيرة عن القيم الدليلة المطلوب عدم تجاوزها في المعايير الدولية لإستخدامات مياه النفايات المعالجة لأغراض الري .

الملوحة العالية لمياه الصرف الزراعي تضع محددات كبيرة لإمكانات إستغلالها ، هذا فضلاً عن بعض الصعوبات الفنية المتعلقة بإقتراحات نقل هذه المياه إلى مناطق لا تتوفر فيها مياه صالحة للري . وكما أوضحنا آنفاً يستغل فقط جزء بسيط جداً من هذه المياه في حيازات معزولة ومتفرقة لري بعض المحاصيل المقاومة ، على إنه لا تتوفر لدينا أرقام رسمية محددة حول الكميات المستقلة من هذه المياه ، كما إنه يصعب عمل تقديرات بهذا الخصوص .

الفصل الرابع
توجهات المحافظة على الموارد المائية

خلال الفترة الواقعة بين ١٩٥٣ و ١٩٩٢ إزدادت معدلات إستهلاك المياه الجوفية بنسبة تصل إلى ٢٥٥٪ ، ونشأ عن ذلك تأشيرات بيئية عميقة . تمثلت في هبوط مناسيب هذه المياه وإرتفاع ملوحتها بمستويات كبيرة . ومما زاد من حدة المشكلة هو عدم قدرة المتاح من الموارد المائية التقليدية على مواجهة الطلب المتزايد على المياه . وإستلزم ذلك أن تسير توجهات توفير مصادر مائية رديفة للموارد الجوفية مع جهود وبرامج أخرى تهدف إلى ترشيد إستخدامات المياه والمحافظة عليها . وفيما يلي سنقدم عرض موجز لمختلف الجهود والخطط والبرامج التي تبنتها الإدارة المائية خلال الإثنتى عشرة سنة الماضية لتحقيق هذه الأهداف .

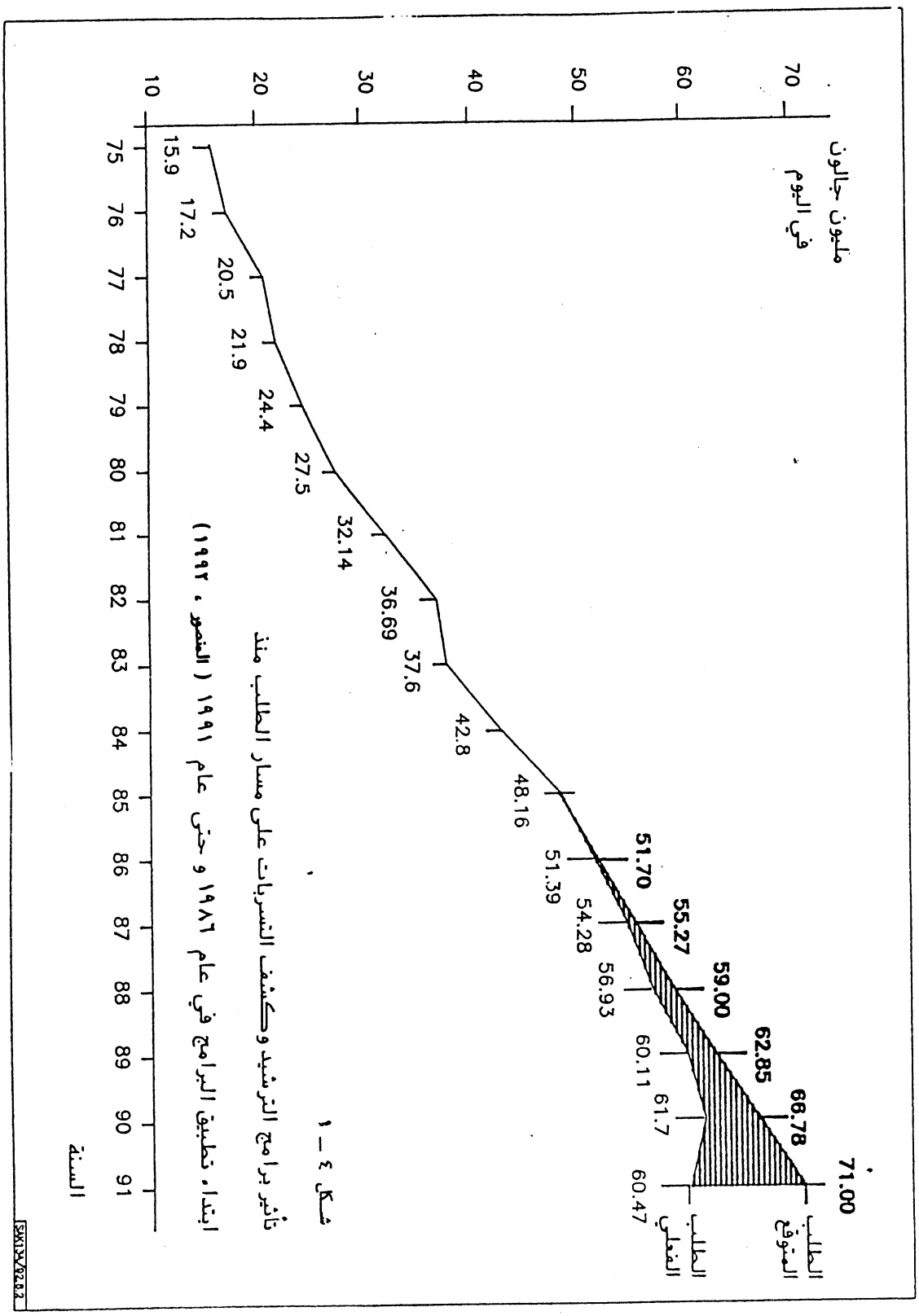
٤ -١ برامج المحافظة على مياه الشرب

- تقنين إمدادات المياه

لقد شكل التقنين Rationing أولى الخيارات المستهدفة ترشيد إستهلاك مياه الشرب ، حيث طبق مع بداية الثمانينات . ويتلخص هذا الخيار في تقليل إمدادات المياه في أوقات معينة وفي مناطق محددة في إطار برنامج محدد . ولقد ساهم برنامج التقنين بصورة واضحة ليس فقط في خفض إستهلاك المياه وإنما أيضاً في تقليل معدل التسربات في شبكات التوزيع كنتيجة لتقليل ضغط مياه هذه الشبكات . ولايزال هذا البرنامج يطبق خصوصاً في فترات الذروة والمحددة بأشهر الصيف التي يزداد فيها الطلب على مياه الشرب والإستخدامات البلدية .

- برنامج كشف التسربات

قدرت الدراسات الأولية التي أجريت في منتصف الثمانينات ، معدل التسربات في شبكات التوزيع بنحو ٢٥٪ (المنصور ١٩٩٢) . وأوضحت إن الجزء الأعظم من هذه التسربات تحدث خلال الشبكات الفرعية والتوصيلات المنزلية . وفي ضوء هذه النتائج الأولية تم تطبيق برنامج متكامل لكشف التسربات والعمل على تخفيض مستوياتها . واستطاع هذا البرنامج تحقيق خفض في إستهلاك مياه الشرب بنسبة متوسطة وصلت إلى ١٩٪ خلال الفترة بين ١٩٨٩ - ١٩٩١ (المنصور ، ١٩٩٢) . (الشكل ٤-١) يوضح تأثير برامج



شكل ٤ – ١

تأثير برامج الترشيد وكشف التسربات على مسار الطلب منذ ابتداء تطبيق البرامج في عام ١٩٨٦ و حتى عام ١٩٩١ (المنصور ، ١٩٩٢)

الترشيد وكشف التسربات على مسار الطلب خلال الفترة الواقعة بين ١٩٨٦-١٩٩١ . أما (الشكل ٤-٢) فيوضح التوقعات المستقبلية لتأثير برنامج كشف التسربات والترشيد على مسار الطلب حتى العام ٢٠٠٠ .

- برامج ترشيد إستهلاك المياه

ويجري تطبيق هذا البرنامج على ثلاثة مستويات ، الأول منها يختص بفرض تعرفات تصاعدية على إستخدامات المياه ، بدلاً من التعرفة الثابتة التي كانت مطبقة قبل العام ١٩٨٦ . وحسب المصادر الرسمية فإن هذا البرنامج إستطاع أن يقلل من إستهلاك المياه الحكومية بنسب معقولة تراوحت بين ٨ - ١١٪ (المنصور ، ١٩٩٢) . أما المستوى الثاني من برنامج الترشيد فيشمل تركيب أجهزة لخفض إستهلاك المياه مثل منظمات التدفق والهوائيات بالنسبة للإستخدامات المنزلية الداخلية ومنقطات الري والرشاشات بالنسبة للإستخدامات المنزلية الخارجية . وأظهرت التطبيقات الأولية لهذه البرامج ، والتي نفذت بصورة تجريدية على عينة من المنازل وبعض منشآت الخدمة العامة مثل المساجد والمدارس ، نتائج خفض في إستهلاك المياه البلدية بنسب ٢٥٪ ، ٢٧٪ و ٣٨٪ بالنسبة للمنازل والمساجد والمدارس على التوالي (المنصور ، ١٩٩٢) . أما فيما يتعلق بالإستخدامات الخارجية فتشير النتائج إلى أن مستويات الخفض في إستهلاك مياه الري للحدائق المنزلية كنتيجة لإستخدام المنقطات والرشاشات ، قد بلغت نسب تصل إلى نحو ٥٠٪ .

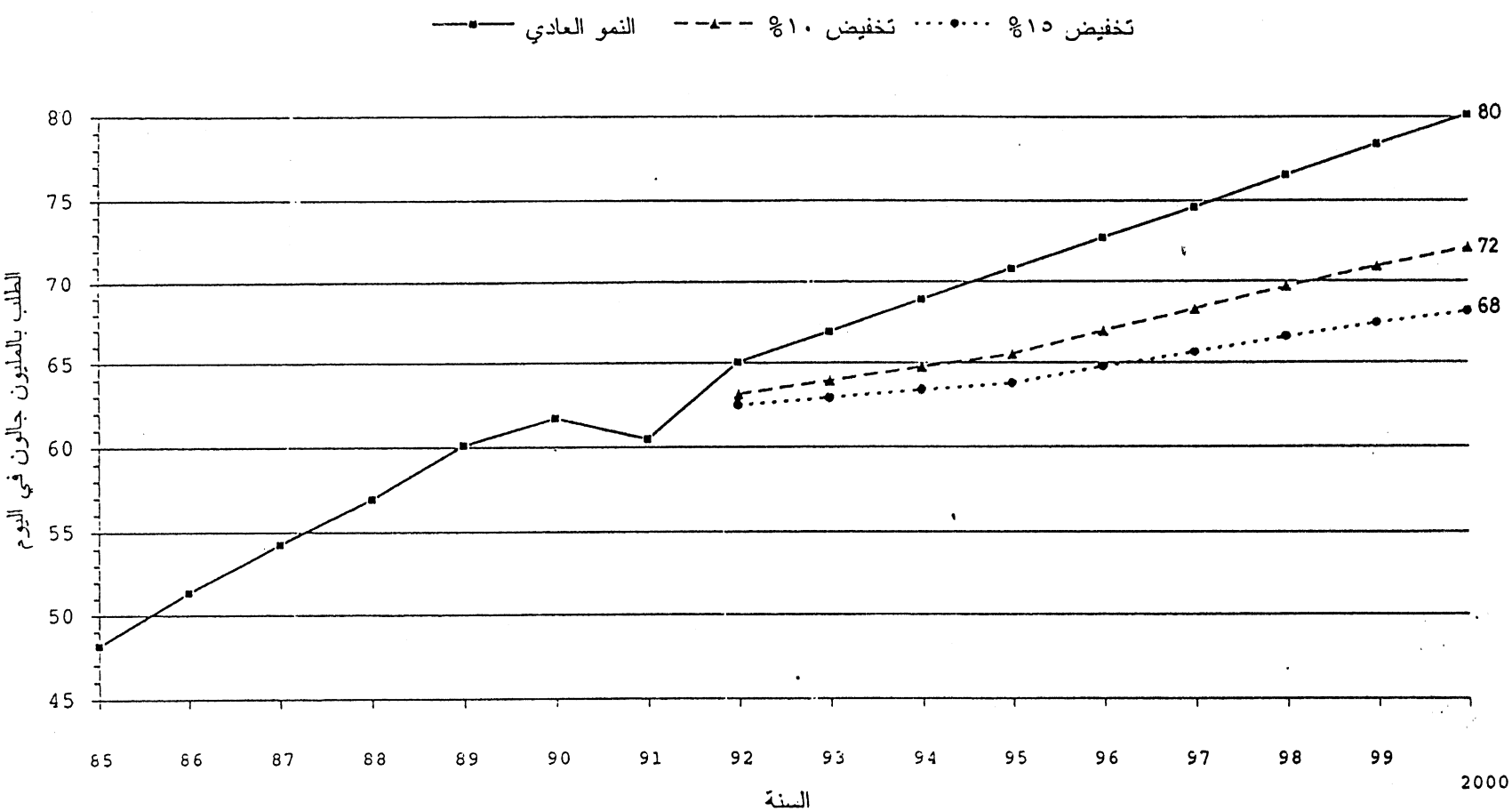
وعلى المستوى الثالث من برنامج الترشيد يجري تنظيم حملات إعلامية لإرشاد وتوعية المجهود بكافة مستوياته بأهمية الثروة المائية وضرورة المحافظة عليها . وتستفيد هذه الحملات من المتاح من الوسائل الاعلامية بالإضافة إلى إستخدام أساليب النوعية في المواقع .

- رفع طاقة إمدادات المياه المحلاة

في سبيل إنتاج إدراتي العرض والطلب بشكل متوازى، يجري العمل على رفع إمدادات المياه المحلاة حسب الإمكانات المتاحة . وكما سبقت الإشارة ، فبعد أن كان حجم الإنتاج اليومي من المياه المحلاة ٥ مليون جالون في منتصف السبعينات ، وصل إلى حوالي ٣٨ مليون جالون في اليوم في العام ١٩٩١ . وتشير البيانات إلى أن زيادة طاقة المياه المحلاة قد خفضت من إستهلاك المياه الجوفية بمستويات وصلت إلى نحو ٣٣,٧٪ خلال الفترة الواقعة من عام ١٩٨٢ إلى ١٩٨٦ .

شكل ٤ ــ ٢ التوقعات المستقبلية لتأثير برنامج كشف التسربات والترشيد على مسار الطلب حتى عام ٢٠٠٠

(المنصـور ، ١٩٩٢)



٤ -٢ برامج المحافظة على مياه الري

- برنامج دعم أساليب الري الحديثة

قطاع الري هو المستغل الأكبر لموارد المياه الجوفية التي تعتبر المورد المائي الرئيسي للدولة (راجع الجدولين ٣-١ ، ٣-٢) ، ولعل أهم الأسباب وراء إستهلاك مياه الري بمعدلات عالية هو أساليب الري المتبعة والتي يغلب عليها الطابع التقليدي . وإلى ذلك ، فقد ثبتت الخطة الخمسية لتطوير القطاع الزراعي ١٩٨١ - ١٩٨٦ برامج طموحة لإحلال وسائل الري الحديثة محل الطرق التقليدية وكذلك تطوير الأساليب التقليدية حسب الإمكانات المتاحة . وتهدف هذه البرامج إلى تشجيع المزارعين بإستخدام هذه الطرق من خلال توفير المواد المطلوبة بدعم في حدود ٤٠٪ ، كما يتم توفير الخدمات الإرشادية اللازمة لتوضيح فوائد هذه الأساليب بدون مقابل . كما تبنت الخطة برامج لتشجيع الزراعة المحمية وتوفير المواد المطلوبة لها بأسعار تعادل ٢٠٪ فقط من التكلفة الحقيقية ، لكونها النموذج الأمثل بطبيعة أساليب الري الحديثة .

لقد إزدادت مساحة الأراضي المزروعة بالخضروات والمروية بأساليب الري الحديثة من ٥٥,٣٤ هكتار في العام ١٩٨٥ إلى ٣٨٤,٤٢ هكتار في العام ١٩٨٦ . (الجدول ٤-١) يبين المساحات الزراعية تحت الري بالغمر والري بالأساليب الحديثة لمحاصيل الخضروات والأعلاف الخضراء خلال الفترة من ١٩٨٥ - ١٩٩١ .

جدول ٤-١ المساحات تحت الري بالغمر والري بالأساليب الحديثة

لمحاصيل الخضر والأعلاف الخضراء ١٩٨٥ - ١٩٩١ (هكتار)

المحصول	الخضروات			الأعلاف الخضراء		
طريقة الري ١٩٨٥	١٩٨٨	١٩٩١	١٩٨٥	١٩٨٨	١٩٩١	
الري بالغمر	٥٢٠,٦٦	٥٢٥	٤٣٥,٤٨	٣٠٧	٣١٢,١	٣١٢,٨
الري بالأساليب الحديثة	٥٥,٣٤	٣١٠	٣٨٤,٤٢	صفر	١١٤,١	١١٨
الإجمالي	٥٧٦	٨٣٥	٨١٩,٩	٣٠٧	٤٢٦,٢	٤٣٠,٨

- برنامج التسليف الزراعي

في جزئها الخاص بتوفير قروض ميسرة بمساعدة المزارعين على تطبيق وسائل الري الحديثة ، تعتبر هذه البرامج مكملة لبرامج دعم الطرق الحديثة للري ، إذ ساعدت المزارعين بصورة كبيرة على تحمل نفقات إستبدال الطرق التقليدية بالوسائل الحديثة للري .

- الإستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة

أدخلت مياه الصرف الصحي المعالجة في العام ١٩٨٥ لإبقاء متطلبات الري وتخفيف العبء على استخدامات المياه الجوفية . وحتى إن كانت المساهمة الحالية لهذه المياه في تلبية حاجات الري لا ترتقي إلى مستوى الطموحات ، إلا أن خطط رفع إمكانات المعالجة وإستكمال شبكات النقل والتخزين في إطار المرحلة الثانية من المشروع إذا مانفذت يكون لها أبلغ الأثر في تحقيق إستفادة قصوى من هذا المصدر المائي .

بالإضافة إلى هذه الجهود والبرامج والتي تعاملت مع المورد حسب نوع الإستخدام ، تميزت سنوات الثمانينات ، بإصدار العديد من التشريعات والقوانين المائية والقرارات التنفيذية المكملة والتي استهدفت ترشيد إستخدامات المياه وتنظيم إستعمالاتها ، وتعاملت مع الموارد المائية في صورتها العامة وشكلت قاعدة قانونية أساسية لدعم جهود برامج الترشيد .