



الأمم المتحدة

المجلس الاقتصادي والاجتماعي

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

اجتماع خبراء مخصص بشأن الامن المائي
في منطقة الاسكوا

١٣ - ١٦ تشرين الثاني / نوفمبر ١٩٨٩

دمشق

ورقة عمل

تمورات حول أزمة المياه وقضايا الامن المائي
في دولة البحرين

UN ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION
FOR WESTERN ASIA

14 JAN 1996

LIBRARY + DOCUMENT SECTION

أعد هذه الورقة السيد مبارك أمان مبارك ، ادارة مصادر المياه في وزارة التجارة والزراعة /
دولة البحرين • والآراء الواردة تمثل رأي الكاتب ، ولا تعكس بالضرورة رأي لجنة الامم المتحدة الاقتصادية
والاجتماعية لغربي آسيا •

ESCWA Documents converted to CDs.

• طبعت هذه الدراسة دون تحرير

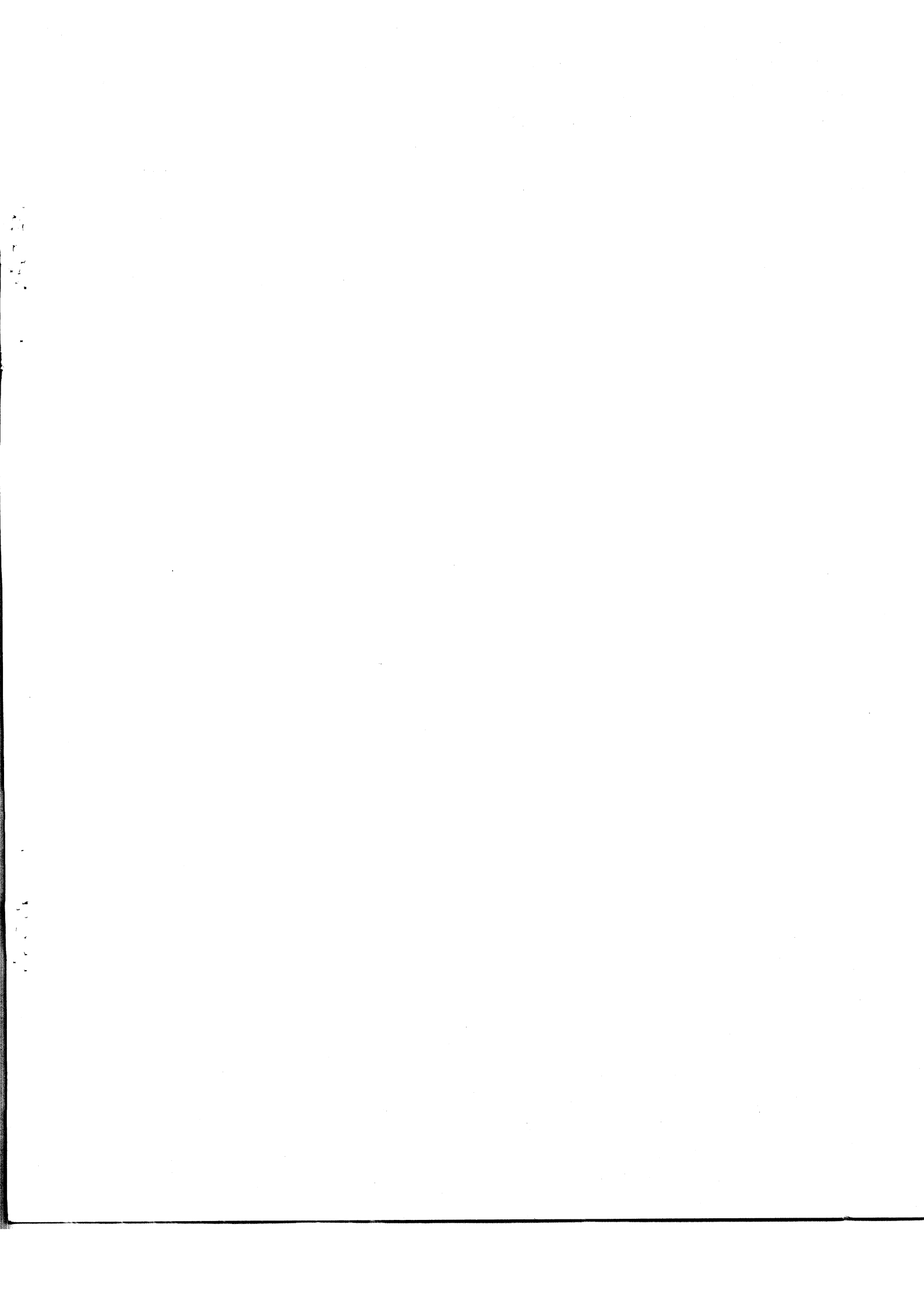
CD # 5

Directory Name:

CD5\NR\89_WG3WP.3

89-1438

Done by: ProgressSoft Corp., P.O.Box: 802 Amman 11941, Jordan



وزارة التجارة والزراعة
ادارة مصادر المياه

تصورات حول ازمة المياه وقضايا الامن
المائى فى دوله البحرى

أعداد

مبارك أمان مبارك

ورقة مقدمة الى لقاء فريق الخبراء

حول الامن المائى ، دمشق ١٣ - ١٦ نوفمبر (تشرين الثانى) ١٩٨٩

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربى آسيا

سبتمبر (ايلول) ١٩٨٩



فهرس المحتويات

المفحة

vi	شكر وعرفان	
١	مقدمة	
٣	الموقع الجغرافى والمناخ	١-١
٦	الوضع الجيولوجى	١-٢
١٠	المياه الجوفية	١-٣
١٠	١-١-٣ المميزات الهيدروجيولوجية للخزانات الجوفية	
١٤	٢-١-٣ المستويات البيزومترية	
١٩	٣-١-٣ نوعية المياه	
٢٥	المياه غير التقليدية	١-٤
٢٥	١-١-٤ مياه التحلية	
٢٨	٢-١-٤ مياه الصرف الصحى المعالجة	
٣٥	تطور استخدامات المياه	١-٥
٣٩	اسقاطات الطلب على الماء	١-٦
٤٠	١-١-٦ الطلب على مياه الشرب	
٤٠	٢-١-٦ الطلب على مياه الرى	
٤٢	٣-١-٦ الطلب على الماء للصناعة	
٤٥	السياسات المائية	١-٧
٤٥	١-١-٧ التشريع المائى	
٤٦	٢-١-٧ تطوير قاعدة المعلومات المائية	
٤٦	٣-١-٧ ضبط وتقنين استهلاكات المياه	
٤٨	٤-١-٧ ادخال المياه غير التقليدية	
٤٨	٥-١-٧ تكثيف برامج ترشيد استخدامات المياه	
٥١	طبيعة الاوضاع المؤسساتية	١-٨

فهرس الجدول

<u>المفحة</u>		<u>رقم الجدول</u>
٥	ملخص بالمعطيات المناخية فى البحرين حتى ديسمبر ١٩٨٨	١
٩	التتابع الاستراتيجى لصفور الازمنة الجيولوجية الثلاثية والرباعية .	٢
٣١	ملخص بنتائج التحليل الكيمائية والبيكترولوجية لمياه الصرف الصحى بعد المعالجة الثلاثية - ١٩٨٨ .	٣
٣٢	ملخص بنتائج التحليل الكيمائية والبيكترولوجية لمياه الصرف الصحى الخام - ١٩٨٨ .	٤
٣٦	ملخص تاريخى لمعدلات استخراج المياه الجوفية لمختلف القطاعات (١٩٢٤ - ١٩٨٨)	٥

فهرس الاشكال

<u>الصفحة</u>		<u>رقم الشكل</u>
٤	موقع جزر البحرين	١
٨	جيولوجية البحرين	٢
١٣	حركة المياه الجوفية ونوعيتها في النظام الاقليمي لحاملة مياه الدمام - أم الرضمة .	٣
١٥	المناسيب البيزومترية لطبقة الخبر - ١٩٥٣ .	٤
١٦	المناسيب البيزومترية لطبقة الخبر - ١٩٨٨ .	٥
١٧	المناسيب البيزومترية لطبقة العلات - ١٩٨٨ .	٦
٢٠	المناسيب البيزومترية لحاملة مياه الرس - الجزء العلوى من أم الرضمة - ١٩٧٩ .	٧
٢٣	تركيز الاملاح المذابة فى طبقة الخبر	٨
٢٧	تركيز الاملاح المذابة فى المياه المخلوطة التى يتم ضخها عبر شبكات التوزيع للمناطق الريفية والحضرية .	٩
٢٩	اسقاطات تدفق كميات مياه المجارى حتى عام ٢٠١٠	١٠
٣٣	اسقاطات الملوحة لمياه الصرف الصحى المعالجة حتى عام ٢٠٠٠	١١
٣٧	معدلات السحب من حاملة مياه الدمام وطبقة النيوجين - ١٩٨٨ .	١٢

تابع فهرس الاشكال

<u>الصفحة</u>		<u>رقم الشكل</u>
٤١	توقعات الطلب على مياه الشرب والاستخدامات البلدية حتى عام ٢٠٠٠	١٣
٤٣	توقعات الطلب على مياه الاغراض الزراعية حتى عام ٢٠٠٠	١٤
٤٤	توقعات الطلب على المياه لقطاع الصناعة حتى عام ٢٠٠٠	١٥
٤٧	مواقع آبار الرصد المائى ومحطات الارصاد الجوية	١٦
٤٩	مناطق الاستهلاك	١٧
٥٢	المؤسسات القائمة على المياه ومهامها	١٨

شكر وعرفان

يود معد التقرير أن يعبر عن شكره وامتنانه للزميل الهيدرولوجى على حميد الشعبانى على مناقشاته القيمة اثناء اعداد بيانات الاستهلاك. شكر عميق وتقدير خالص للسيد مارشال موجيكا الهيدرولوجى أول بـإدارة مصادر المياه على مساهمته فى اعداد الخرائط الكنتورية ، وإبـداء آراءه القيمة فى الجزء الخاص بالتغيرات فى مستويات ونوعية المياه الجوفية . شكر وامتنان عميقين للسيدة فوزيه رضى على الجهود الخيرة التى بذلتها فى طباعة هذا التقرير .

بصورة خاصة ، يعرب كاتب التقرير عن جزيل شكره وعظيم امتنانه وتقديره للجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربى آسيا (الايسكوا) على تفضلها بدعوته لحضور هذا اللقاء . ففى ظنه ، لولا هذه الدعوة الكريمة لما استطاعت هذه الورقة أن ترى طريقها الى النور .

الى كل هؤلاء مودتى خالصة .

كغيرها من بلدان المنطقة الجافة من العالم ، تعتمد دولــة البحرين على موارد المياه الجوفية فى تلبية الجزء الاعظم من احتياجاتها المائيه . وحتى قبيل منتصف السبعينات ظلت المياه الجوفية تشكل المصدر الوحيد لايفاء كافة قطاعات التنمية بمتطلباتها من المياه . وليس من شك فى أن التطورات بعيدة المدى التى شهدها المجتمع البحريني خلال العقدين الاخيرين وشملت المجالات الاقتصادية والاجتماعية ، والسكانية والحضرية ، ومارافقها من ازدياد مضطرد فى معدلات الطلب على الماء ، قد أدت الى نشوء مشكلات مائيه معقدة ، أبرزها التلوث وانحسار الخصائص النوعية للمياه الجوفية ، وتضاؤل دورها فى مقابلة احتياجات التنمية بمختلف قطاعاتها .

هذه الظروف قد وضعت الادارة المائيه أمام مسؤوليات وتحديات كبيرة وفرضت عليها ضرورة التفكير الجدى فى مستقبل المياه . فقد كان على هذه الادارة ، أولا ، أن تجسد تحليل دقيق لطبيعة الازمة وتأثير تداعياتها وأبعادها على مسيرة البناء التنموى . وكان عليها ، ثانيا ، أن تؤسس خطط وبرامج قصيرة وطويلة المدى تتضمن تصوراتها لمواجهة الازمة المائيه ، أو - فى التقدير الاقل - تحجيم انعكاساتها السلبية . ثم ان هذه الادارة كانت مطالبة - ثالثا - ببحث سبل تنمية الموارد المائيه المتاحة وتكثيف الجهود لايجاد مصادر مائيه بديلة - غير تقليدية فى الغالب الاعم - لتخفيف العبء على استخدامات المياه التقليدية ، وتقليل مساحه الفجوة بين كمية المعروض من هذه المياه والطلب عليها .

وطوال فترة السبعينات وعلى امتداد سنوات العقد الحالى ، أجريت عدة دراسات لحصر وتقييم مصادر الشروة المائيه فى البحرين ، وبحث امكانات تنميتها وتطوير وسائل استغلالها . وكان المبتغى فى كل الاحوال هو تعميق المعرفة بسلوك الخزانات الجوفية وتلمس الطريق للوصول الى ادارة رشيدة لموارد المياه . ولعل أبرز هذه الدراسات هى تلك التى أجرتها الشركة الاستشارية الدولية لتنمية المياه الجوفية (جى . دى . سى) فى العام ١٩٧٩ وتضمنت تقييم شامل

لموارد المياه ، وتنبؤات تفصيلية للتغيرات التي ستطرأ على المخزون الجوفى تحت تأثير أنماط استهلاك مختلفة . كما تناولت هذه الدراسة بالتفصيل الخصائص النوعية للمياه ومحددات استعمالها مقرونتا باحتمالات المستقبل وواجبات الحاضر لدرء أخطار التدهور النوعى .

وفى الوقت نفسه شهد عقد الثمانينات توسعات كبيرة فى استخدام المياه غير التقليدية (مياه محلاة ومياه صرف صحى معالجة) . اذ تبلغ طاقة محطات التحلية حاليا ، ٣٨ مليون جالون فى اليوم ، من المقدر أن تصل الى ٦٨ مليون جالون فى العام ١٩٩٥ . أما بالنسبة لمياه الصرف الصحى المعالجة فيوفر منها حاليا حوالى ٦٥٠٠٠ متر مكعب فى اليوم ، يتوقع أن تصل الى ١٢٠٠٠ متر مكعب فى العام ٢٠٠٠ .

وبالتوازي مع ذلك برز الاهتمام بتعزيز فعالية الاجهزة المؤسساتية القائمة على تطوير وتشغيل والمحافظة على موارد المياه . وطلفت على السطح توجهات لخلق أطر تنسيقية وتكاملية بين هذه المؤسسات . وانسجاما مع الحقيقة البيئية القائلة بأن فهم أى مشكلة وسبل أغوارها ووضعها فى اطارها الصحيح هى الخطوة الاولى على طريق الحل ، فقد انصب الاهتمام على تطوير الحالة المعرفية بطبيعة مشاكل المياه وسبل التصدى لها ، فضلا عن السعى لترسيخ علاقة جديدة بين الماء والفرد المستهلك له ، قوامها ان الموارد المائيه شأنها شأن الموارد الطبيعية الاخرى ، قابلة للنضوب والتدهور النوعى اذا ما أسرف الانسان فى استثمارها ، وبالتالي فان قضية الترشيد فى التعامل مع الماء تعتبر هامة على الاطلاق .

وتحاول هذه الورقة - على نحو لا يخلو من الاجاز - رصد واقع المياه فى البحرين وتتبع تطور أنماط الاستهلاك وماتبعه من آثار بيئية واقتصادية . بعد ذلك سنجتهد - فى حدود ما نستطيع - فى ربط هذه الانماط بالخطط التنموية المرحلية والمستقبلية المستهدفة الوصول الى مرحلة متقدمة من الاكتفاء الذاتى من الغذاء وتحقيق الامن المائى وتحديد علاقتهما المتبادلة بوصفهما رديفين استراتيجيين . وغنى عن القول بأن توقعات الطلب المستقبلى على الماء وارتباطة بالسياسات المائيه القائمة والمخطط لها مستقبلا ، فضلا عن طبيعة المؤسسات القائمة على المياه وعلاقتها مع بعضها البعض ستأخذ حيزا غير قليل من مساحة هذه المناقشة .

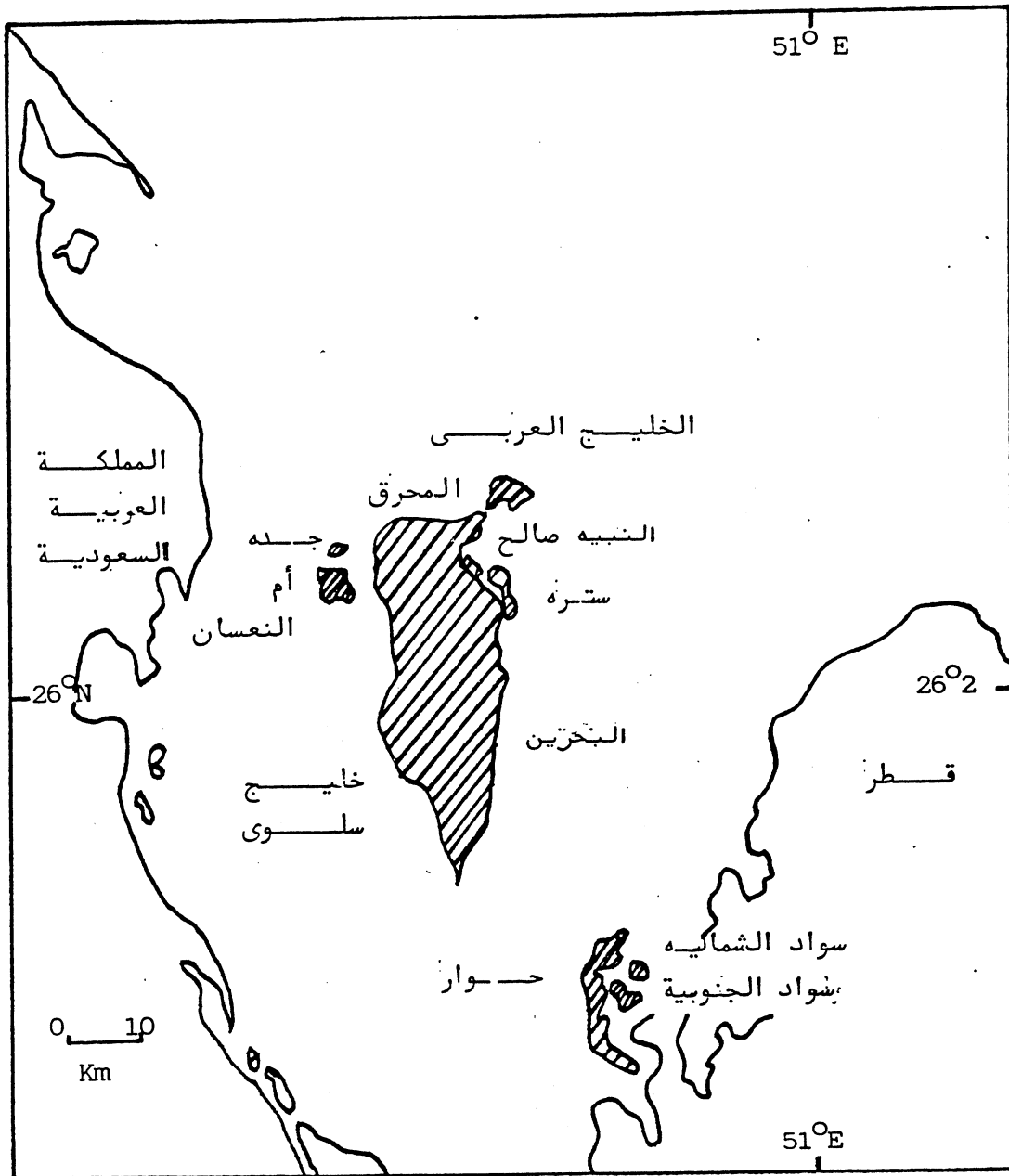
والله من وراء القصد

تقع دولة البحرين في المنطقة من الخليج العربي المسماة بخليج سلوى بين خطى عرض ٢٥'٣٢ و ٢٦'٢٠ شمالا وخطى طول ٥٠'٢٠ و ٥٠'٥٠ شرقا ، حيث تبعد عن الساحل الشرقي من المملكة العربية السعودية بحوالي ٢٢ كيلو مترا ، وأكثر قليلا عن الساحل الغربي لشبه جزيرة قطر (الشكل - ١) .

والبحرين عبارة عن أرخبيل من الجزر يصل مجموعها الى ٣٣ جزيرة ، بمساحة اجمالية قدرها ٦٩٢٣٩ كيلو متر مربع . وأكبرها هي جزيرة البحرين التي تشغل حوالى ٨٥ ٪ من اجمالى المساحة الكلية للجزر (المجموعة الاحصائية ، ١٩٨٧) . وهناك ست جزر أخرى تتفاوت فى المساحة والاهمية هي المحرق وسترة وأم النعسان والنبه صالح وحوار وجده (الشكل - ١) . وحسب احصاءات عام ١٩٨١ ، بلغ عدد سكان البحرين ٣٥٠٧٩٨ الف نسمة ، بينما تقدر الاسقاطات السكانية المتوسطة اجمالى السكان الحالى (١٩٨٩) بنحو ٤٨٨٠٠٠ الف نسمة (المجموعة الاحصائية ، ١٩٨٧) .

ومن الناحية الطبوغرافية تتميز جزر البحرين بكونها اراضى منخفضة ، اذ لايتعدى أعلى ارتفاع لها ألك ١٢٢ متر أعلى مستوى سطح البحر ، فى الجزء الاوسط من الجزيرة الرئيسية . ويكتسب مناخ البحرين سمات ومميزات المناطق الجافة من العالم والتي تزيد فيها معدلات البخر بدرجة كبيرة عن كمية الهواطل . وعلى هذا الاساس فان الطقس فى هذه الرقعة الصغيرة من العالم ، يتسم بصيف حار ومشبع بنسبة رطوبة عالية . وشتاء دافىء يأتى بزخات قليلة من الامطار لايتجاوز معدلها ألك ٧٢ ملم فى السنة . ويبلغ المتوسط اليومى لدرجات الحرارة العظمى ٣٥ درجة مئوية فى شهرى يوليو وأغسطس بينما يصل المتوسط اليومى لدرجات الحرارة الصغرى فى شهرى ديسمبر ويناير الى ١٧ درجة مئوية .

ولعل الصفة المميزة لمناخ البحرين هي ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية حيث يبلغ متوسط حدها الاقصى اليومى ٨٥ ٪ ، فى حين يصل حدها اليومى الأدنى الى ٤٥ ٪ . أما بالنسبة للرياح فهى فى الغالب أما شمالية غربية جافة تعرف محليا بأسم الشمال " Shama1 " أو جنوبية شرقية رطبة تعرف بأسم الكوس Kous . وتزداد معدلات البخر بصورة كبيرة فى أشهر الصيف حيث تصل الى حوالى ٣٣ ملم /اليوم . أما معدل البخر اليومى فيبلغ ٩ ملم /اليوم . الجدول رقم ١ يعطى ملخصا للمعطيات المناخية فى البحرين حتى ديسمبر ١٩٨٨ .



الشكل رقم (1) موقع جزر البحرين

SUMMARY OF LONG TERM CLIMATOLOGICAL MEANS; AND EXTREMES FOR BAHRAIN INTERNATIONAL AIRPORT REVISED JANUARY 1989

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	YEAR
MEAN TEMP °C	17.3	18.1	21.0	25.2	29.8	32.4	33.9	34.1	32.4	29.0	24.5	19.3	51
MEAN DAILY MAX. TEMP. °C	19.9	21.0	24.5	29.1	33.6	36.0	37.5	37.7	36.2	32.6	27.5	22.1	43
MEAN DAILY MIN. TEMP. °C	14.5	15.1	17.9	21.6	26.1	28.9	30.4	30.7	28.8	25.6	21.4	16.5	43
HIGHEST MAX. RECORDED °C	31.7	34.7	38.0	41.7	46.7	45.7	45.6	45.0	42.8	41.4	35.0	29.4	43
LOWEST MIN. RECORDED °C	2.8	7.2	7.8	13.5	18.7	22.7	25.3	26.0	24.4	18.8	13.5	6.4	43
MEAN DAILY MAX. WET BULB °C	15.9	16.6	18.6	21.7	25.2	27.4	29.1	29.9	28.8	26.1	21.9	17.8	27
HIGHEST WET BULB RECORDED °C	21.5	22.2	23.9	28.0	30.6	33.7	33.6	34.0	32.3	31.0	28.5	23.9	27
MEAN DAILY MAX. RELATIVE HUMIDITY %	88	88	85	82	79	78	80	83	86	88	85	87	30
MEAN DAILY MIN. RELATIVE HUMIDITY %	59	55	50	44	39	40	41	44	45	46	52	57	30
MEAN DAILY M.S.L. PRESSURE (hPa)	1018.7	1017.2	1014.0	1010.9	1006.9	1000.9	997.6	999.2	1004.9	1012.0	1016.5	1018.5	58
MEAN DAILY VAPOUR PRESSURE (hPa)	14.8	15.2	16.9	20.1	25.0	27.9	31.8	34.4	32.1	27.3	21.6	16.9	58
MEAN DAILY HOURS OF SUNSHINE	7.3	7.9	7.7	8.5	9.9	11.3	10.7	10.7	10.4	9.8	8.7	7.3	21
RAINFALL (MM)	17.2	15.6	13.1	7.8	1.5	*	*	NIL	*	0.3	3.8	13.7	43
MEAN NUMBER OF RAIN DAYS (1MM+)	2.2	2.0	2.2	1.1	0.4	NIL	NIL	NIL	NIL	0.1	0.8	1.9	43
HIGHEST RAINFALL IN ONE DAY (MM)	54.8	40.9	26.8	64.0	9.2	TR	TR	NIL	TR	8.9	33.0	42.7	43
HIGHEST RAINFALL IN ONE MONTH (MM)	135.9	106.8	71.9	69.9	11.9	TR	TR	NIL	TR	8.9	58.8	96.2	43
MEAN NUMBER OF DAYS PER MONTH WITH:-													
FOG (VIS. 1000M OR LESS)	1.5	1.1	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	*	0.3	0.6	0.8	1.0	43
THICK HAZE (VIS. 1000M OR LESS)	0.1	0.3	0.4	0.5	0.4	1.2	1.3	0.3	0.3	*	0.1	0.1	43
THUNDER	1.3	1.0	2.0	1.8	0.9	NIL	NIL	NIL	NIL	0.2	0.7	0.7	43

NOTE : * = LESS THAN 0.05 BUT MORE THAN ZERO.

الجدول - 1 ملخص بالمعطيات المناخية في البحرين حتى ديسمبر 1988

المصدر: ادارة الطيران المدني

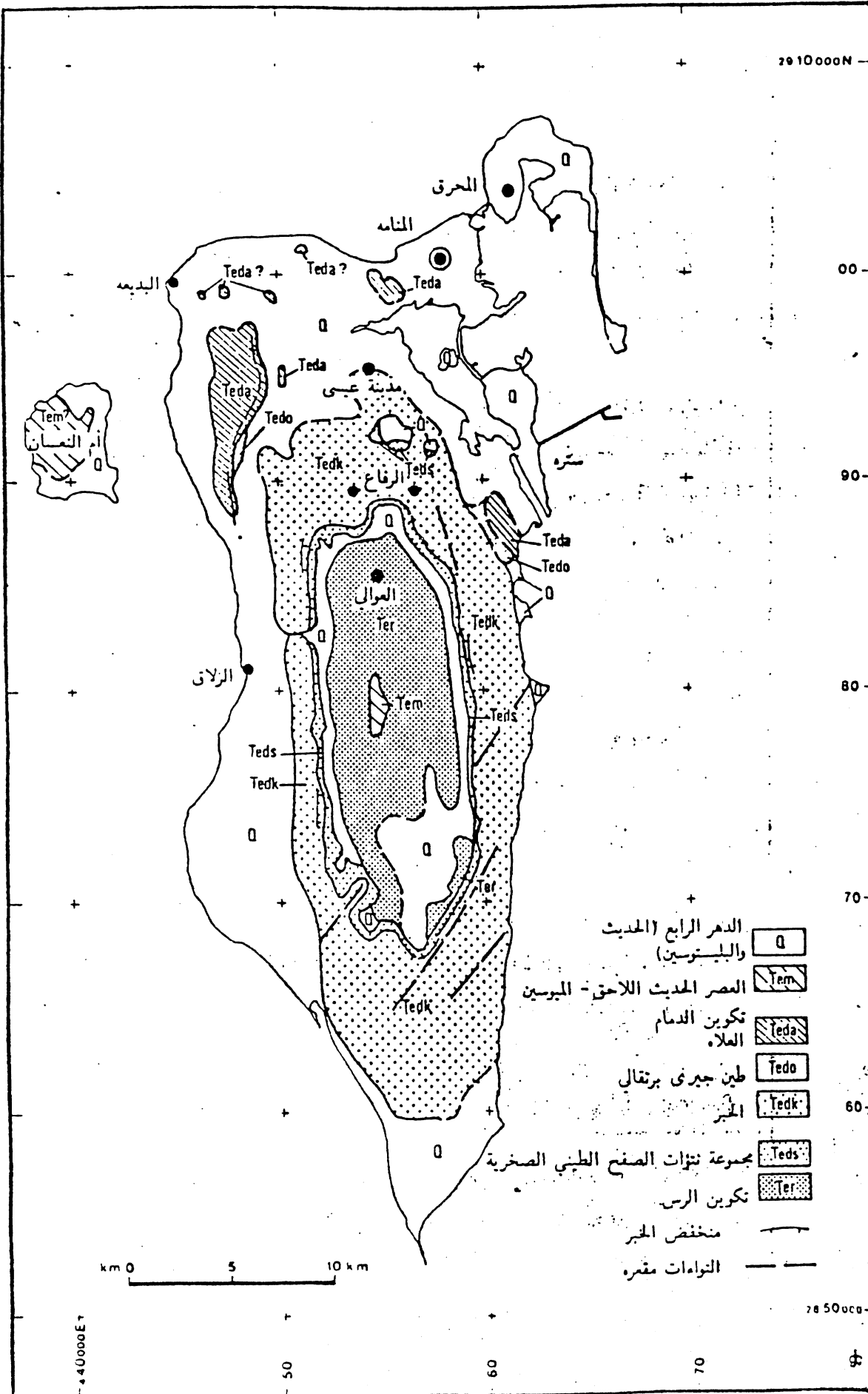
البحرين عبارة عن تقوس طولى محذب Anticlinal structure غير متمائل ، اذ تميل الطبقات المطوية بدرجة أكثر انحدارا جهة الغرب. ويتشكل هذا التقوس الذى يعرف بقبة الدمام من الصخور الكربوناتية والطفلية والطباشيرية التابعة للعصر الثلاثى (أيوسين سفلى وأوسط) وتصل قبة الدمام الى أقصى ارتفاع لها وهو ١٢٢ متر أعلى مستوى سطح البحر ، عند منطقة جبل الدخان فى الجزء الاوسط من جزيرة البحرين .

ولقد أدت تعرية صخور الأيوسين الاوسط حول قمة هذا التقوس الى تكوين حوض داخلى تشكلت أرضيته من صخور تكوين الرس (أيوسين أسفل) الكربوناتية الطباشيرية والمحتوية على توضعات متفرقة من الكوارتز العقدى . وتعتبر هذه الرسوبيات أقدم الصخور التى تتكشف على السطح فى البحرين . ويحيط بهذا الحوض منحدرات ذات أوجه داخلية وميول خارجية من صخور تكوين الدمام (أيوسين أوسط) ، مكونة الظاهرة الطبوغرافية الأكثر تميزا فى الجيولوجيا السطحية للبحرين والمعروفة بصخور الحواف Rim rocks. وتميل هذه المنحدرات باتجاه الاجزاء الساحلية الى الشرق والغرب حيث تغطى بالقرب من السواحل برسوبيات كلس رملية وصخور شاطئية ورمال جيرية تابعة للزمن الجيولوجى الرابع (بلستوسين) ، تتخللها رواسب حديثية من الرمال غير المتملمبة والسبخات ومراوح الاطماء وبعض الكشبان الرملية الصغيرة وبالذات فى الاجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية . اما فى الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية فان صخور تكوين الدمام تغطى برسوبيات سميكة من الصلصال الكلسى وصخور الجير الدولوميتية مع توضعات من الرمل الكوارتزى والرمل الجيرى الذى يتبادل التطبيق احيانا مع صخور جيرية مارلية ويطلق على هذه الرواسب فى مجموعها بمعقد النيوجين Neogene Complex (ميوسين - بليوسين) . ومن جانب آخر ، تسود الرواسب الميوسينية والبلستوسينية المكونة من سحن من الرمل الجيرى واحجار الجير الدولوميتية والصخور الكلس رملية ، فى المناطق الهامشية الواقعة شمال - غرب وجنوب - شرق الجزيرة الرئيسية (جزر أم النعسان وجده وحوار) .

وتتميز جزيرة البحرين بوجود منخفضات كبيرة نسبيا ، يعتقد بأنها تعبير سطحى Collapse structure لذوبان طبقة الانهيدرايت من قطاع تكوين الرس Anhydrite dissolution وتكتسب هذه الظواهر أهمية خاصة فيما يتعلق بالخصائص الهيدرولوجية والهيدروكيميائية للخزانات الجوفية وعلاقتها الهيدروليكية الانتقالية Inter-aquifers transfer .

وتشير بعض الدراسات (برونسدون وآخرون ، ١٩٨٠) ، (لارسن ، ١٩٨٠) الى وجود بعض الدلائل السطحية لتراكيب جيولوجية على الاجزاء الخارجية Off-dome synclinal structure من التقوس الرئيسي وفي اجزاء متفرقة من منطقة الحوض الداخلى . وفيما عدا هذه الظواهر يمكن القول بأن الجيولوجيا السطحية للبحرين خالية من التعقيد الى حد بعيد . (الشكل -٢) يوضح جيولوجية البحرين ، بينما يعطى الجدول رقم ٢ ملخصا للتتابع الاستراتيجى لصخور العصور الثلاثية والرباعية وخصائصها الليثولوجية .

الشكل (٢) جيولوجيه البحرين بشكل عام



جدول رقم (٢)

التتابع الاستراتيجي لمخور الأزمنة
الجيولوجية الثلاثية والرباعية

العمر الجيولوجي Geological Age	العهد الجيولوجي Geological Epoch	التكوينات Formations	الاعضاء Members	الخصائص الليثولوجية العامة General Lithologic Description	السُمْك (متر) Thick-ness		
العصر الرباعي Quaternary	الهولوسين Holocene			رمال غير متململة وأحجار جيرية فتاتية			
	البليستوسين Pleistocene	تكوين رأس العكر Ras AL-Agur Formation		رواسب سيخات ومراوح اطماء ورمال جيرية وصخور جيرية رملية	٤		
العصر الثلاثي Tertiary	ميسين - بليوسين Miocene - Pliocene	تكوين جبل الكاب Jabal Cap Fm.		حجر جيرى مرجاني وجيرى دلوميتي فتاتي	٣٣	Ten	
		تكوين النيوجين Neogene Fm.		حجر طلمال وحجر جيرى كوارتزي وجيرى دلوميتي وصخور جير مارلية	٦٠-١٠		
	الايوسين الاوسط Middle Eocene	تكوين الدام Danam Formation	عضو العلات Alat Member		حجر جيرى وحجر جيرى دلوميتي وحجر جيرى دلوميتي طباشيري	٢٥-١٥	Tia
			عضو المارل البرتقالي Orange Marl Member		مارل دلوميتي وحجر جيرى دلوميتي ومارل جيرى	١٥-٩	Tio
			عضو الخبير Khubar Member		حجر جيرى كارستي متبلور ودلومايت ودلومايت سليسي وأحجار غرينية دلوميتيه ومارل	٤٥-٢٠	Tedk
			عضو الطفيل ذو أسنان القرش Shark Tooth Shale Member		طفل بايريتي وطفيل دلوميتي ودلومايت جيرى	٢٠-٨	Tis
	الايوسين الاسفل Lower Eocene	تكوين الرس Rus Form- ation		حجر جيرى طباشيري وطفل جيسي وحجر جيرى دلوميتي ورواسب متبخرات وتوضعات من الكوارتز العقدي	١٤٠-٦٠	Ter	
	بالويسين Paloeocene	تكوين أم الرضمة Umm Er Radhuma Fm		حجر جيرى دلوميتي وأحجار كلسية رملية وصخور جيرية طينية	٣٥٠	٢٢	

لقد حظيت موارد المياه في دولة البحرين بقدر وافر من الدراسات التي تراوحت في اهميتها بقدر تفاوت دقة وعمق النتائج التي توصلت لها . وعلى وجه العموم ، فان هذه الدراسات قد استطاعت توفير كم هائل من المعطيات والمعلومات المتعلقة بالميزات الهيدروليكيكية للطبقات المائية وخصائصها الجيولوجية والهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية (أمان ، ١٩٨٩) .

وتعتمد دولة البحرين في تلبية حاجاتها من المياه الجوفية على ثلاثة خزانات جوفية رئيسية ، يطلق عليها تقليديا بالطبقات "أ" ، " ب " ، " ج " . وعلى الرغم من ان هذه التسمية تعكس التتابع الاستراتيجي لهذه التكاوين من الاحداث الى الاقدم (الجدول - ٢) ، الا أنها ليست ذات علاقة مطلقة بها من جهة النظر الهيدروجيولوجية (أمان ، ١٩٨٩) .

ولقد أدت الزيادة المضطردة في استهلاك المياه لمواجهة متطلبات الشرب والزراعة وبالذات خلال العقود الثلاثة الماضية ، الى حدوث هبوط كبير في مناسيب المياه الجوفية نجم عنه تدهور ملحوظ في ملوحتها . ويظهر ذلك بصورة ساطعة في الجزء الشمالي الاوسط (قرينى على وسلماباد) والجزء الشرقية والجنوبية الشرقية (جزيرة سترة وقرينى عسكر وجو) . وسنتناول هذه الظواهر بشيء من التفصيل عند الحديث عن المستويات البيزومترية ونوعية المياه . وأحسب ان الذى يهمننا فى هذا الجزء من التقرير هو اعطاء لمحة موجزة عن طبيعة الخزانات الجوفية الثلاثة وخصائصها الليثولوجية والهيدروليكية والهيدروكيميائية .

٣ - ١ - ١ المميزات الهيدروجيولوجية للخزانات الجوفية

كما سبقت الاشارة ، تستغل البحرين مياهها الجوفية من ثلاث طبقات سميت بالنطاقات " أ " ، " ب " ، " ج " . ويمثل النطاق "أ" الجزء السفلى من تكوين النيوجين بالاضافة الى - وهو الجزء الاهم فى هذا النطاق - العضو العلوى من تكوين الدمام والذى يعرف بحجر جيسر العلات . وهذا الاخير عبارة عن من ١٥ - ٢٥ متر من الاحجار الجيرية والجيرية الدولوميتية يغلب عليها اللون الابيض والرمادى ، تتدرج سفليا الى احجار جيرية دولوميتية فتاتية الى طباشيرية . وتتميز هذه الطبقة بخصائص هيدروليكية محدودة ، اذ تبلغ نفاذيتها فى المتوسط ١٤ متر / اليوم ، اما عامل تخزينها فهو فى حدود ٧٥ x ١٠^{-٤} .

وفيما يتعلق بخصائصها الهيدروكيميائية تحتوى طبقة العلات على مياه ذات نوعية تتراوح بين ٢٠٥ - ٢٠٤ جرام / اللتر من الاملاح المذابة . بيد ان هذا الاتجاه العام للملوحة يتسم بشذوذ واضح فى بعض المناطق وبالذات حينما تكون هذه الطبقة غير محصورة او منكشفة على سطح البحر .

أما النطاق الثانى " ب " فيعتبر الخزان الجوفى الرئيسى الحامل للمياه ، اذ يستثمر منه حوالى ٧٣٪ من اجمالى المياه الجوفية المستغلة فى الدولة . ويعرف هذا النطاق جيولوجيا بطبقة الخبر التى تشمل فى تركيباتها صخور جيرية ودلوميتية متشققة الى كارستية واحجار جيرية دلوميتية تتدرج سفليا الى سحون كالكارينيتية Calcarenite ودلورانيتية Dolarenite وصخور دلوميتية سليسية وجيرية فورانغرية وشيرت ومارل . ويتراوح سمك طبقة الخبر من ٢٠ - ٤٥ متر ، غير ان القطاع المنتج الرئيسى فيها والمكون من احجار جيرية ودلوميتية متشققة لا يتجاوز سمكه فى احسن الاحوال الى ١٠ متر . ويبلغ متوسط نفاذية ومتوسط معامل سريان طبقة الخبر ٣٠٦ متر / اليوم و ١٠٠٠٠ متر^٢ / اليوم على التوالي . ولقد قيست معاملات سريان لهذه الطبقة وصلت الى ٤٧٠٠٠ متر^٢ / اليوم . وبحساب معامل التخزين بها وجد انه حوالى ١٠ x ٥^{-٥} . اما تركيز الاملاح المذابة فى مياهها فيتراوح بين ٢٠ - ٢٠٤ جرام / اللتر من الاملاح المذابة ، بيد ان اتجاهات الملوحة فى طبقة الخبر تزداد بشكل حاد فى الاجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية والشمالية الوسطى واجزاء متفرقة من مناطق الساحل الغربى بتأثير ظاهرى طغيان مياه البحر والتسرب العلوى من حاملة مياه الرس - أم الرضمة المالحة .

وتجدر الاشارة الى ان طبقتى العلات والخبر يشكلان فى مجموعهما جزءا من تكوين الدمام (ايبوسين أوسط) وهناك دلائل واضحة على وجود اتصال بين هاتين الطبقتين ، بل واتخاذهما سلوك هيدروليكي مشترك ، على النحو الذى سيبدو جليا عند مناقشة المستويات البيزومتريية ونوعية المياه .

ويصنف النطاق الثالث " ج " هيدروجيولوجيا بالرس - الجزء العلوى من أم الرضمة ، وعلى هذا الاساس فهو يتكون من صخور كربوناتية طباشيرية وجيرية دلوميتية متشققة فى الغالب ، واحجار

كلسرملية وصلصال وقواطع متفرقة من الجبس والدلومات الجيـرى . ويحتوى قطاع الرس على طبقات من الانهايدرايت يتفاوت سمكها من موقع الى آخر ، ويلعب ذلك فى الواقع دورا كبيرا فى تعقيد النظام الهيدروليكي الاقليمي للطبقات الحاملة للمياه . فعلى سبيل المثال نجد ان سمك طبقة الانهايدرايت يقل الى حد كبير أوروبما تغيب تماما فى الاجزاء الوسطى والشرقية من جزيرة البحرين ، الامر الذى يسمح بوجود اتصال هيدروليكي بين حاملة مياه الدمام وحاملة مياه الرس - أم الرضمة . اما فى المناطق الغربية والشمالية فيحتوى قطاع الرس على طبقة سميكة من الانهايدرايت تقلل من فرص الاتصال الهيدروليكي بين النظامين المذكورين . ولا يقتصر الامر على ذلك فحسب بل ان نسيب سمك طبقة الانهايدرايت او غيابها يغير من طبيعة تكوين الرس من كونه طبقة غير منفصلة ومنفصلة الى حد ما عن الجزء العلوى من طبقة ام الرضمة ، الى كونه طبقة مائية على اتصال هيدروليكي مع الجزء العلوى من طبقة أم الرضمة مكونة ما يعرف بحاملة مياه الرس - أم الرضمة . الشكل (٣) يعطى صورة واضحة عن العلاقات الهيدرولوجية وحركة الماء الجوفى فى النظام الاقليمي لحاملة مياه الدمام - أم الرضمة .

وعلى اية حال ، فان حاملة مياه الرس - ام الرضمة تتميز بخواص هيدروليكية جيدة وبالذات فى الاجزاء الوسطى من طبقة ام الرضمة حيث تسود النفاذية الثانوية فى صخور الجير الدولوميتية . ويقدر متوسط نفاذيتها بحوالى ٢٥ متر/ اليوم . وبقياس معامل الناقلية لهـذه الطبقة وجد انها تبلغ فى المتوسط ٣٠٠٠ متر^٢/ اليوم . اما معامل تخزينها فقد قدر بنحو من ١٤٧ x ١٠^{-٤} الى ٣٠٤ x ١٠^{-٤} .

ولسوء الحظ فان الخصائص الهيدروكيميائية لحاملة مياه الرس - أم الرضمة رديئة اذ تتراوح نوعية المياه بها من ٧ - ٣٠ جرام/ اللتر ، تصل الى اكثر من ٤٠ جرام/ اللتر مع ازدياد عمق الابار . هذا فضلا عن اختلاطها بنسب متفاوتة من غاز كبريتيد الهيدروجين بمعدل حوالى ٥٤ مليغرام/ اللتر . ولهذه الاسباب نجد ان استخدام مياه هذا النطاق قد اقتصر حتى وقت قريب على الاغراض الصناعية ، غير انها تستغل حاليا لاغراض الشرب والزراعة غير المنتجة (مسطحات وملاعب رياضية) بعد تخليصها من الاملاح الزائدة .

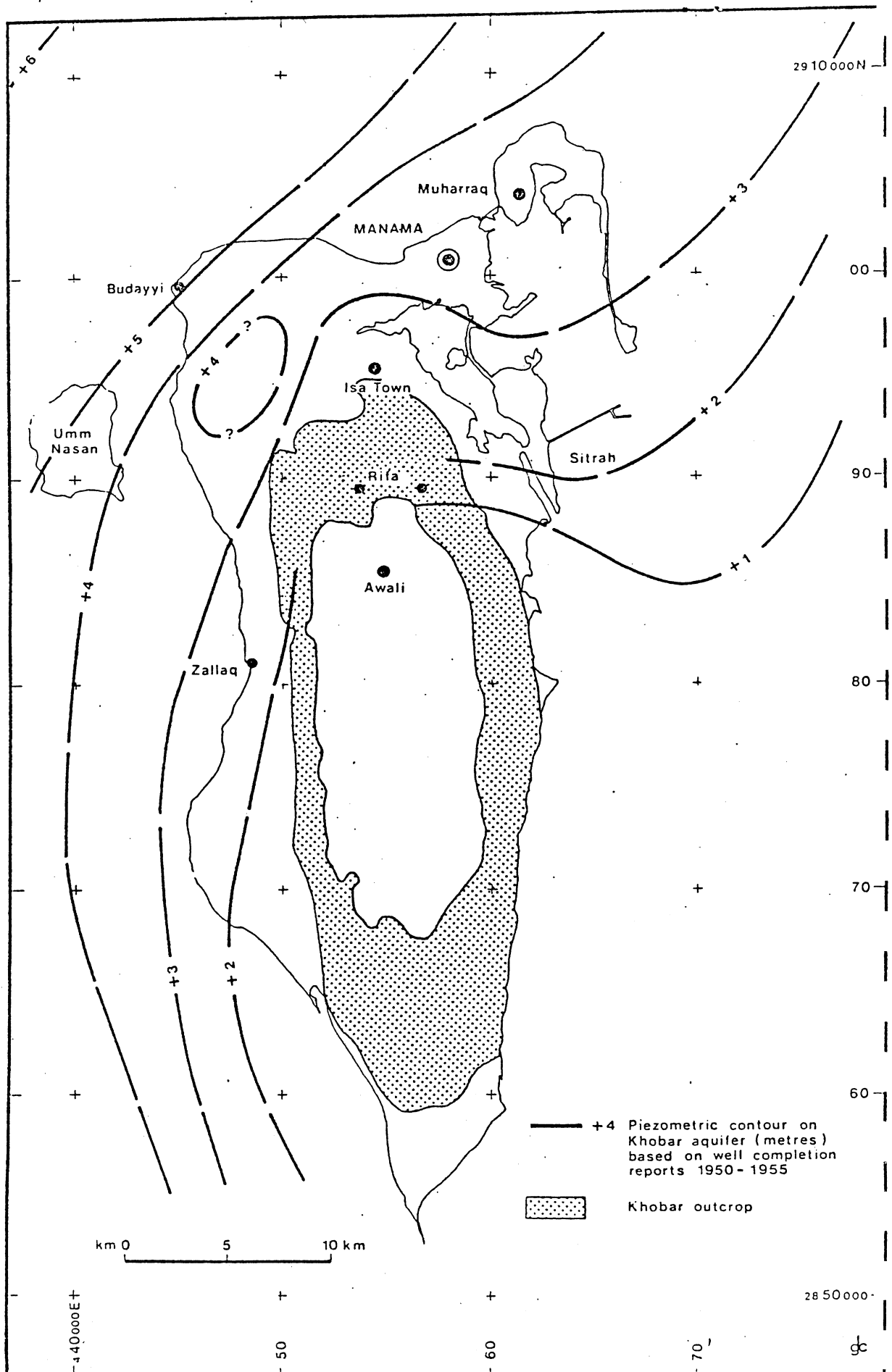
نظام حاملة مياه الدمام

يعكس النمط العام لمناسيب المياه في نظام حاملة مياه الدمام (طبقتى العلات والخبر) اتجاه جريان المياه الارضية الاقليمي من منطقة التغذية الرئيسية (شمال - غرب) في المملكة العربية السعودية الى منطقة التصريف (جنوب - شرق) باتجاه جزر البحرين تحت تأثير الانحدار الهيدروليكي (الشكل - ٣) . ولاتسير الامور دائما على هذا المنوال اذ ان هذا النمط يتسم احيانا بشدود واضح . فمثلا نلاحظ تكون جبهة مياه محدودة في منطقة على - سلماباد في الجزء الشمالي الاوسط من جزيرة البحرين ، ربما بتأثير ظاهرة التدفق العلوي من حاملة مياه الرس - أم الرضمة . كما ان نشوء ضغط مساو لسطح البحر (Zero piezometric head) ممثلا لحدود تداخل مياه البحر في حاملة مياه الدمام في الاجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية يعطى مثل آخر لعدم تواصل نمطية هذا النظام .

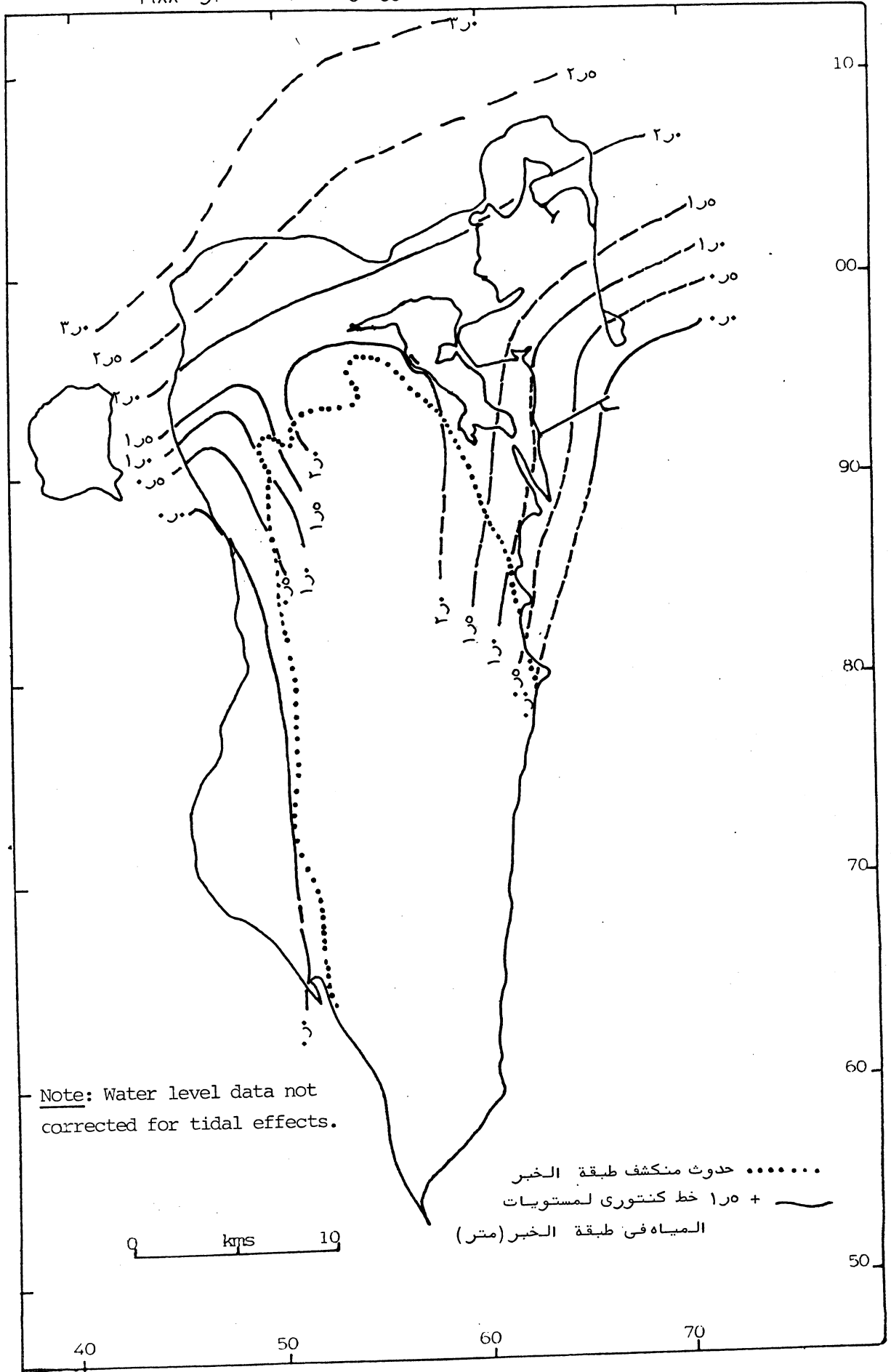
وتشير المعطيات التاريخية الى ان طبقة الخبر قد فقدت حوالى من ١٢٢ - ٢٣ متر من ضغطها البيزومتري خلال الفترة الممتدة من ١٩٥٣ - ١٩٨٨ . (الشكل - ٤) يوضح مناسيب المياه في طبقة الخبر للعام ١٩٥٣ ، بينما يبين (الشكل - ٥) المستويات البيزومترية لنفس الطبقة للعام ١٩٨٨ . ولسوء الحظ فان المعطيات البيزومترية المتوفرة لدينا عن طبقة العلات ليست كافية للخروج باستنتاجات تاريخية . ومع ذلك ، تشير أغلب الدراسات (جى . دى . سى - ١٩٧٩) الى ان مستويات المياه في طبقة العلات تنسجم الى حد كبير مع مثيلتها في طبقة الخبر ، وربما يرجع السبب في ذلك الى ان هاتين الطبقتين تميلان لاتخاذ نفس السلوك الهيدروليكي . (الشكل - ٦) يوضح المستويات البيزومترية لطبقة العلات للعام ١٩٨٨ .

وهناك اعتقاد سائد بأن النظام الهيدروليكي لحاملة مياه الدمام قد كان في حالة استقرار حتى عام ١٩٢٤ . وقدرت (جى . دى . سى - ١٩٧٩) الانخفاض في المستويات البيزومترية منذ ذلك الوقت بحوالى

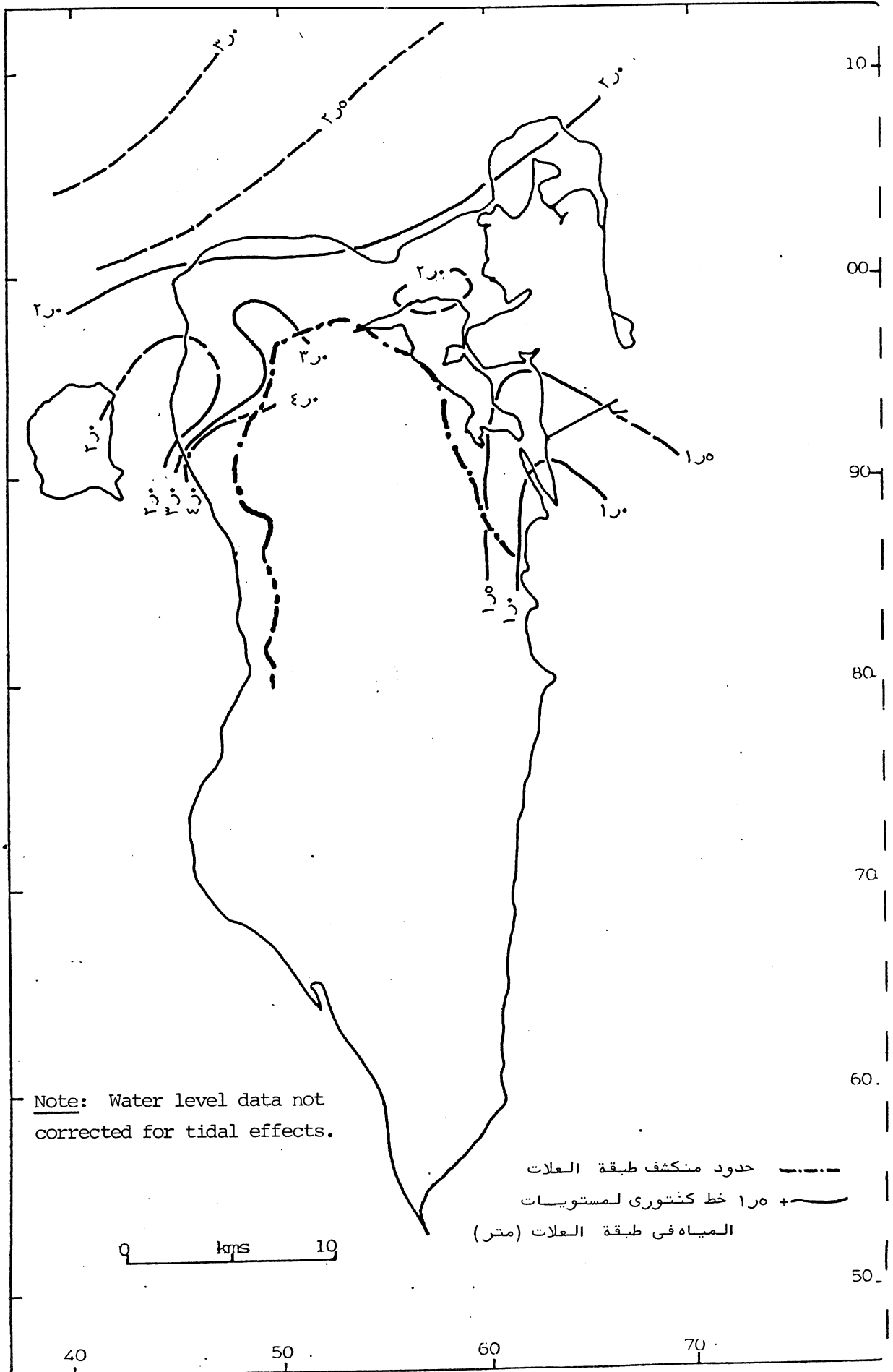
الشكل رقم (٤) المناسب البيزومترية لطبقة الخبر - ١٩٥٣



الشكل (هـ) المستويات البيزومترية لطبقة الخبر - ١٩٨٨



الشكل (٦) المستويات البيزومترية لطبقة العلات - ١٩٨٨



من ٤ الى ٥ متر . مشيرتا الى ان ازدياد الضخ من الابار الارتوازية خلال العقود الثلاثة الماضية ، كنتيجة طبيعية للتطورات الكبيرة فى مسيرة البناء التنامى ، وازدياد عدد السكان قد ادى الى حدوث هبوط حاد فى المستويات البيزومترية لحاملة مياه الدمام .

ولم يقتصر الامر على ذلك فحسب ، بل ان هذا الهبوط فى مناسيب المياه ، قد تسبب فى انخفاض معدلات التدفق من الينابيع الطبيعية الارضية من ٧٠ مليون متر مكعب فى عام ١٩٢٤ الى ٨١ مليون متر مكعب فى عام ١٩٧٩ . اما بالنسبة للعيون البحرية فقد تناقص تدفقها هبى الاخرى من ٩٦* مليون متر مكعب الى ٦٦ مليون متر مكعب فى الاعوام ١٩٥٣ و ١٩٧٩ على التوالى .

وبطبيعة الحال ، كان لهذا الانخفاض فى المستويات البيزومترية لمياه تكوين الدمام اشارته السلبية على خصائصها الهيدروكيميائية على النحو الذى سنأتى على تبيانها بالتفصيل عند الحديث عن نوعية المياه .

حاملة مياه الرس - أم الرضمة :

اذا كان الاتجاه العام لمناسيب المياه فى حاملة مياه الدمام يتطابق الى حد ما مع اتجاه حركة المياه الارضية فى النظام الهيدروليكي الاقليمي ، فانه ليس كذلك بالنسبة لحاملة مياه الرس - أم الرضمة ، اذ ان اتجاهات المستويات البيزومترية لهذه الطبقة نادرا ما تعكس النمط العام الاقليمي لتدفق المياه .

ولاحظت (جى . دى . سى) ان لهذا الشذوذ فى المستويات البيزومترية علاقة وثيقة بازدياد الملوحة فى حاملة مياه الرس - أم الرضمة ، مشيرتا الى ان غياب طبقة الانهيدرايت من قطاع الرس بالإضافة الى الارتفاع المطى فى ملوحة المياه فى المنطقة الوسطى قد ادى الى تكون ضغط مرتفع معاكس تماما للانحدار الهيدروليكي Gradient Reversal ، وعزت ذلك الى التدفقات الرأسية من مياه الجزء

* تجدر الاشارة الى ان مسح عام ١٩٥٣ لم يتسم بالشمولية وربما جانبه التوفيق فى دقة قياس تدفق الينابيع . وعلى ذلك فيرجح ان يزيد اجمالى التدفق بدرجة كبيرة عن الرقم المعطى .

السفلى من طبقة أم الرضمة الشديدة الملوحة .

وحتى وقت قريب أقتصر استغلال مياه الرس - أم الرضمة على نطاق محدود لتلبية احتياجات قطاع الصناعة ، لذلك لم يطرأ على المستويات البيزومترية فيها اى هبوط يذكر منذ الفترة التى كان عليها النظام الهيدروليكي الاقليمي فى حالة اتزان ، وقد ادى هذا بدوره - مع ازدياد الضخ من حاملة مياه الدمام وانخفاض مناسيبها - الى نشوء فرق فى الضغوط البيزومترية بين النظامين ، نتج عنه انتقال مياه حاملة الرس - أم الرضمة رأسيا الى تكوين الدمام ، على النحو الذى اتينا على ذكره . (الشكل ٧) يوضح المستويات البيزومترية لحاملة مياه الرس - الجزء العلوى من أم الرضمة لعام ١٩٧٩ .

وتستغل حاملة مياه الرس - الجزء العلوى من أم الرضمة حالياً على نطاق واسع لامداد حاجات محطة رأس ابوجرجور لتغطية المياه، بمتطلباتها من المياه الخام . وتشير المعطيات المتوفرة لدينا الى فقد هذه الطبقة المائية حوالى ٢١ من ضغطها البيزومتري منذ تشغيل المحطة فى منتصف العام ١٩٨٤ .

٣ - ١ - ٣ نوعية المياه :

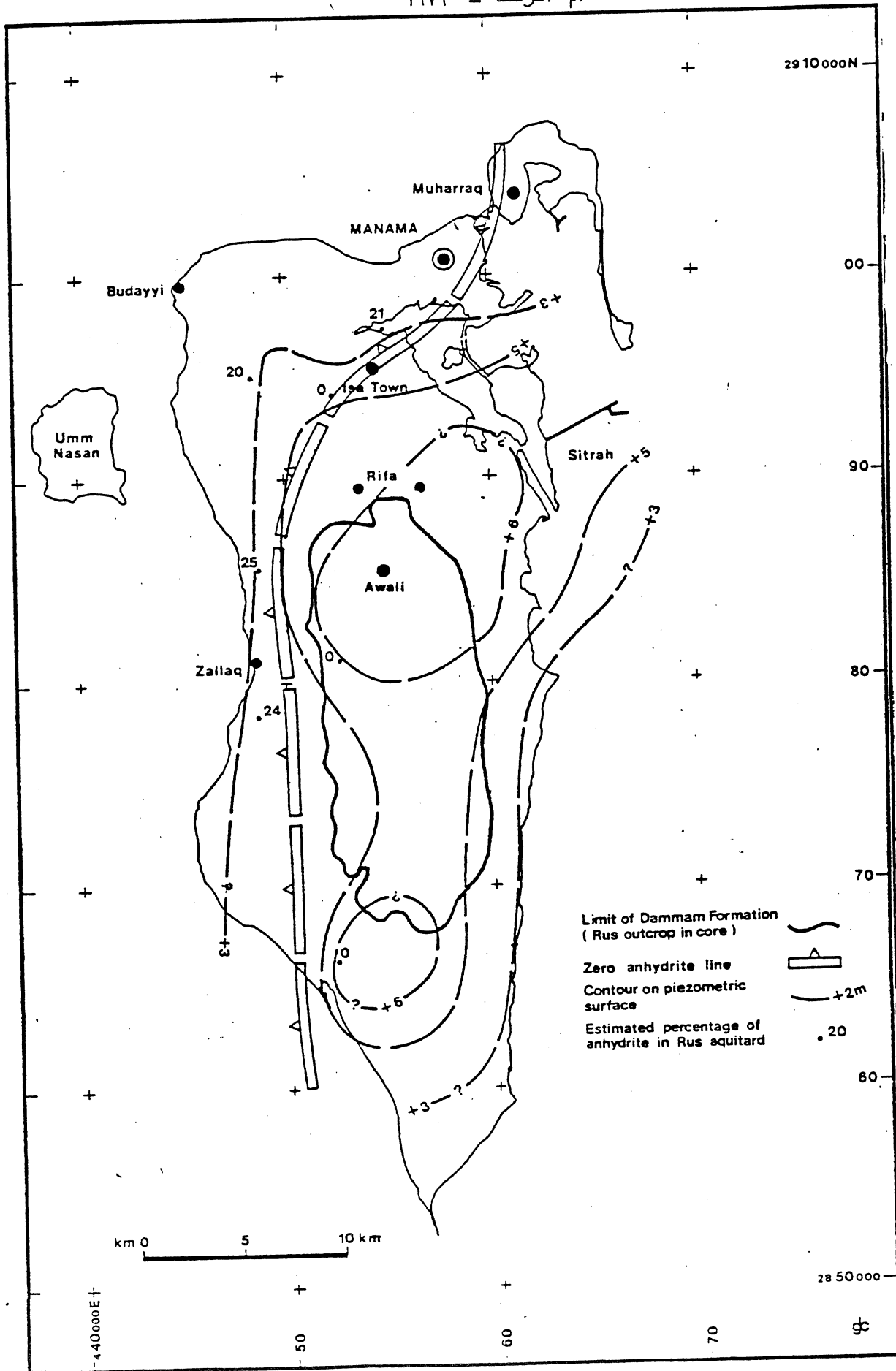
تعتبر مياه البحرين فقيرة فى مميزاتها النوعية ، ولا تقل أحسن نوعية للمياه عن ٢٠٠٠ جزىء فى المليون من الاملاح المذابة . وهناك فى الواقع ظاهرتان تتحكمان فى طبيعة النظام الهيدروكيميائى ، هما غزو مياه البحر لطبقات تكوين الدمام والتسربات العلوية من مياه الرس - أم الرضمة المالحة الى طبقة الخبر .

ويوجد ميل لتقسيم هذا النظام الى خمس اقسام يمكن تلخيصها فيما يلى:

- (١) مياه امطار حديثة ؛ (٢) مياه العصور المطيرة ؛ (٣) مياه حبيسة ؛
- (٤) مياه مختلطة من النوعين الثانى والثالث و (٥) مياه مختلطة من النوعين الاول والرابع (جى . دى . سى ١٩٧٩) .

وربما يجد القارئ اننا قد تطرقنا - بشيء من الاجاز - الى بعض الامور المتعلقة بنوعية المياه فى مواضع سابقة من هذا التقرير .

الشكل (٧) المستويات البيزومترية لحاملة مياه الرس - الجزء العلوي من
 أم الرضمة - ١٩٧٩



ومرد ذلك - فى تقديرنا - الى العلاقة التبادلية التى تربط بين الخصائص الهيدروكيميائية للمياه وغيرها من العوامل الهيدروجيولوجية ، الى درجة يستحيل معها الفصل المطلق . وعلى اية حال ، سينصب همنا فى هذا الجزء من التقرير على توسيع دائرة المناقشة للاوضاع والعلاقات الهيدروكيميائية بما يكفل اكتمال عناصر الصورة .

حاملة مياه الدمام :

ناقشنا فى مكان آخر من هذه الورقة تأثير الاوضاع البيزومترية وحركة المياه فى النظام الهيدروجي الاقليمي على نوعية المياه فى حاملة مياه الدمام . وخلصنا الى القول بأن هناك علاقة وثيقة تربط بين التغيرات فى المناسيب البيزومترية وتبدل الخصائص الهيدروكيميائية فى هذا النظام . وأشرنا الى ان الاتجاه الطبيعى لمجموع الاملاح المذابة فى طبقة الخبر يتراوح بين ٢٠ - ٤٠٠ جرام / اللتر ، يتناقص قليلا بالنسبة لطبقة العلات ليصل الى من ٢٥ - ٤٢٠ جرام / اللتر. ووضحنا ان هذا النمط العام فى تركيز الاملاح المذابة ينطوى على بعض التغيرات الشاذة ، وذلك بتأثير عدة عوامل ، ذكرنا منها التسربات العلوية من مياه أم الرضمة شديدة الملوحة واختلاط مياه البحر مع مياه تكوين الدمام العذبة .

فى جزيرة سترة والى الجنوب باتجاه قرىتي جو وعسكر يوجد اتصال هيدروليكى مباشر بين حاملة مياه الدمام ومياه البحر عند مسافة ٣٩ كيلومتر جنوب شرق معمل التكرير على وجه التقريب . وكنيجة حتمية لازدياد الاستهلاك من مياه تكوين الدمام أصبحت الظروف مواتية لتقدم مياه البحر وغزوها لطبقات العلات والخبر .

فى قرىتي على وسلماباد بالجزء الشمالى الاوسط من جزيرة البحرين ، كان لغياب طبقة الانهيدرايت من تكوين الرس بالاضافة الى هبوط مستويات مياه طبقة الخبر غير المحصورة ، وبالتالى حدوث فرق كبير فى الضغوط البيزومترية بين النظامين (من ٣ - ٤ متر) لصالح حاملة مياه الرس - أم الرضمة ، أبلغ الاثر فى ازدياد معدلات التدفقات الرأسية وتملح طبقة الخبر .

الى الشرق من منحدر سار يمكن ملاحظة حدود التغيرالبيين فى الملوحة

من ٢٣٣ جرام / اللتر عند حدود هذا المنحدر الى حوالى أكثر من ١٠ جرام / اللتر فى منطقة على - سلماياد باتجاه الشرق . وتبدو دلائل هذا التدهور فى الملوحة ملموسة ومتمثلة فى هجرة الاراضى الزراعية التى كانت مزدهرة فى هذه المنطقة ربما خلال الاربعين سنة الماضية ، واصبحت الآن احدى ذكريات الماضى الزاهر .

فى المنطقة الجنوبية الغربية بالقرب من الممطة تتميز طبقة الخبر - غير المحصورة ايضا - بارتفاع ملوحتها (اكثر من ١٠ جرام / اللتر) ربما بسبب من انخفاض ضغطها البيزومتري واستقبالها لمياه شديدة الملوحة من الاراضى الملحية Sabkhhah القريبة وبالتحديد مملحة الممطة . (الشكل - ٨) يبين تركيز الاملاح المذابة فى طبقة الخبر .

حاملة مياه الرس - الجزء العلوى من أم الرضمة :

لاحظت (جى . دى . سى ، ١٩٧٩) ان تركيز الاملاح المذابة فى حاملة مياه الرس - الجزء العلوى من أم الرضمة يتراوح فيما بين ٢ الى ٢٥ جرام / اللتر ، وافترضت نفس الدراسة الى ان هذه المياه عبارة عن مياه النوع الخامس الذى يشكل حصيلة تجمع مياه النوعين الاول والرابع . وتدلل على ذلك بالقول ان تكوين الرس غير المحصور فى منطقة الحوض الداخلى يستقبل مياه امطار حديثة على هيئة عدسات مائية عذبة طافية فوق مياه أكثر ملوحة .

غير ان هذه المياه المعلقة Perched Water ضحلة ومحدودة للغاية وبالتالي فانها لاكتسب اهمية كبيرة من الناحية الهيدرولوجية ، مما يدعونا الى القول - بقليل من الجزم - ان الاتجاه الطبيعى لنوعية المياه فى حاملة الرس - الجزء العلوى من أم الرضمة يتراوح فيما بين ٧ - ٣٠ جرام / اللتر .

وتتصاعد ملوحة هذه المياه سفليا مع ازدياد العمق حتى تصل احيانا الى ٨٠ جرام / اللتر فى الجزء السفلى من أم الرضمة . وبكلمات أخرى فان هناك تدرج تصاعدى للملوحة كلما اقتربنا من الاجزاء الوسطى والسفلية من طبقة أم الرضمة . واغلب الظن ان هذه المياه هى من النوع الثالث (مياه حبيسة Connate Water) حيث تسود الى حد كبير الظروف المؤدية لاعاقبة حركة الماء Active flow . ووجدت (جى . دى . سى ، ١٩٧٩) ان مقدار

الزيادة فى الملوحة يبلغ حوالى ١٨٠ مليغرام / اللتر لكل متر بعد عمق ١٥٠ متر تقريبا .

الى الغرب من قرية عسكر فى الجزء الجنوبى الشرقى من جزيرة البحرين تحتوى حاملة مياه الرس - الجزء العلوى من أم الرضمة على مياه قليلة الملوحة Brackish Water (من ١٢ الى ١٥ جرام / اللتر) ، يرجح بأنها عبارة عن عدسات مائية طافية فوق مياه ضاربة الملوحة (جى .دى .سى ، ١٩٨٣) . وكما سبقت الاشارة ، فان هذه المياه تستغل حاليا كمصدر للتحلية بمحطة رأس أبوجرجور . وتتوقع نفس الدراسة ان لاينطوى على استغلال هذه المياه أى تدهور كبير فى ملوحتها على الاقل خلال ال ٢٥ سنة القادمة وذلك فى ظل حجم الاستثمار الحالى من حقل الآبار والبالغ ٧٢٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم .

٤ - ١ - المياه غير التقليدية :

منذ اطلالة النصف الثانى من القرن العشرين ، اصبح للموارد المائية غير التقليدية دورا هاما فى سد متطلبات الري والشرب للعديد من دول العالم . وفى الدول التى تعاني من قصور شديد فى امدادات المياه التقليدية ، كما هى الحال بالنسبة للمناطق الجافة وشبه الجافة من الكرة الارضية اكتسبت هذه الموارد أهمية استثنائية ، ووضعت على قائمة الخيارات التى يسعى مخطوطا موارد المياه فى تلك الدول الى دراستها وتطوير فعالية مساهمتها فى تقويم الخل فى معادلات التوازن المائى . وعلى الرغم من التكاليف الضخمة التى يتطلبها توفير مثل هذه المياه ، الا انها تبقى على الدوام خيارات جديرة بالدرس والتمحيص ، فى ظل ظروف الجفاف والنقص الحاد فى موارد المياه التقليدية بالاضافة الى تراجع فعالية الخيارات الاخرى على مستوى التطبيق .

ولقد عمدت دولة البحرين خلال العقدىن الاخيرين الى التفكير الجاد فى تنويع قاعدة مواردها المائية كأحد الحلول الهادفة للتغلب على ظروفها المائية الصعبة وسد الفجوة القائمة بين كفتى ميزانها المائى . ولم تمض الا فترة وجيزة من عمر عقد الثمانينات حتى استطاعت موارده المياه غير التقليدية (مياه محلاة ومياه صرف صحى معالجة) فى أن تساهم بنصيب معقول ضمن اجمالى المياه المستغلة لتلبية الاحتياجات المختلفة .

وفى طور البحث حاليا دراسات ومشاريع عديدة تتضمن خطط مستقبلية طموحة ترمى الى رفع مساهمة المياه غير التقليدية فى الموازنة المائية العامة . وأحسب انه من المفيد اعطاء لمحة موجزة عن مشاريع مياه التحلية ومياه الصرف الصحى المعالجة القائمة حاليا وتلك المخطط لها مستقبلا ، وبيان دورها فى تحقيق قدر من التوازن بين الكميات المتاحة من المياه والطلب عليها .

٤ - ١ - ١ - مياه التحلية :

فى وقت مبكر من العام ١٩٧٦ شرع العمل فى بناء محطة لتحلية المياه ، تعمل بطريقة التحلية الومضية متعددة المراحل (MSF) وبطاقة قدرها ٥ مليون جالون فى اليوم . وخلال الفترة من أغسطس ١٩٨٤ وحتى مايو ١٩٨٥ أضيف لهذه المحطة التى تقع فى جزيرة سترة ، ثلاث وحدات تحلية جديدة طاقة كل منها ٥ مليون جالون يوميا ليصبح اجمالى

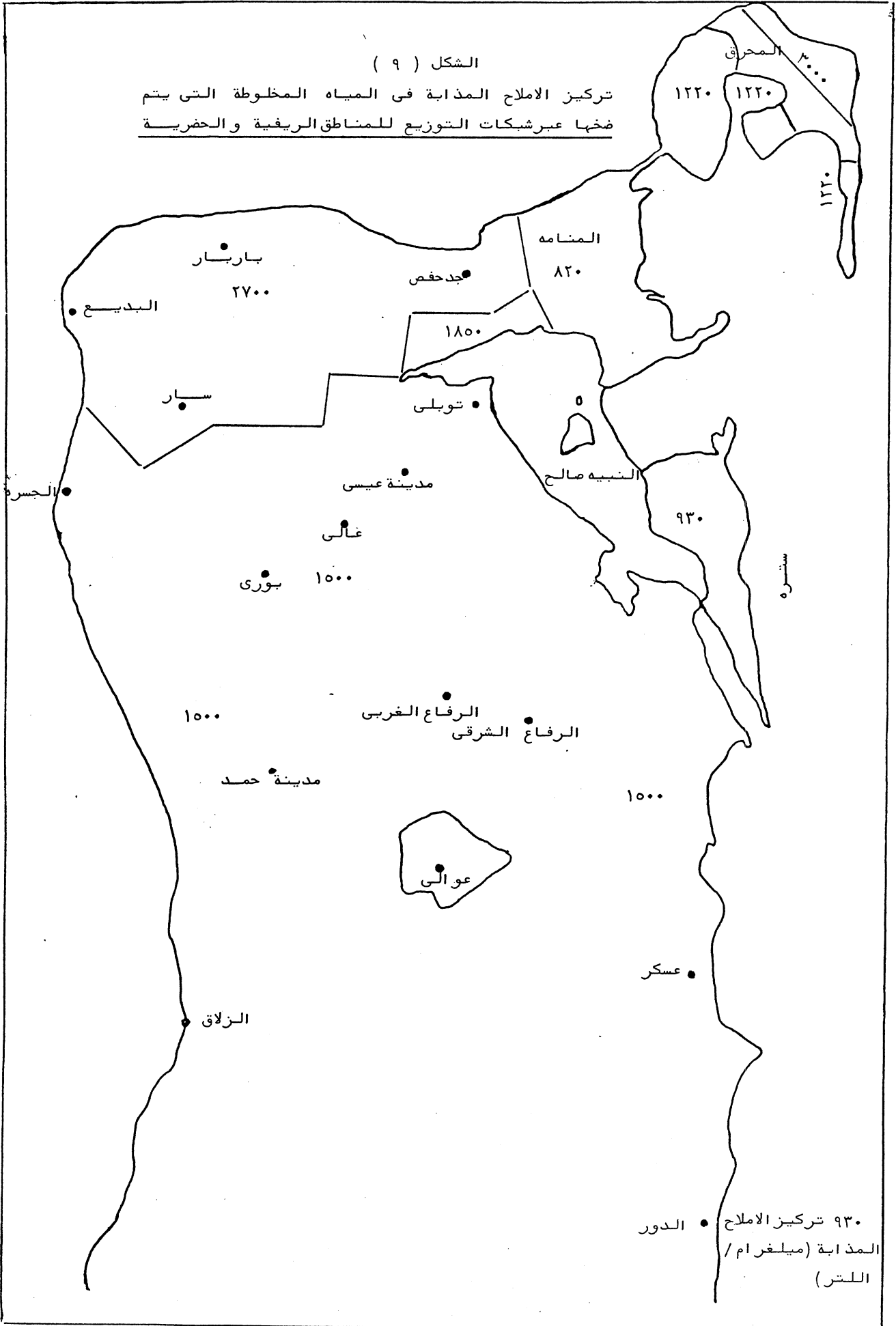
المياه المحلاة المنتجة ٢٠ مليون جالون يوميا ، لم تلبث أن وصلت الى ٢٥ مليون جالون في اليوم (١١٣٦٣٧ متر مكعب في اليوم) اثر بناء وحدة اضافية منفصلة في عام ١٩٨٥ بطاقة يومية قدرها ٥ مليون جالون أخرى . (بوراشد ، ١٩٨٦) . وتوفر محطة سترة لانتاج المياه المحلاة والطاقة ، مياه الشرب - بعد خلطها بنسب معينة من المياه الجوفية - الى قرى الساحل الشرقى واجزاء من المنطقة الوسطى وجزيرة المحرق ، بالاضافة الى ضواحي مدينة المنامة في الجزء الشمالى من الجزيرة الرئيسية .

وفى منتصف العام ١٩٨٤ تم تشغيل محطة رأس أبوجرجور لتحلية المياه بطاقة انتاجية قدرها ١٠ مليون جالون يوميا . وتتم التحلية فى هذه المحطة بطريقة التناضح العكسى (RO) ، باستخدام مياه خام من حاملة مياه الرس - الجزء العلوى من أم الرضمة . وتغذى مياه محطة رأس أبوجرجور بعد مزجها هى الاخرى بنسب معينة من المياه الجوفية احتياجات الشرب وباقى الاغراض الاهلية لمدن وقرى المنطقة الوسطى وقرى الساحل الغربى الممتد من الجسرة شمالا وحتى الزلاق جنوبا . (الشكل - ٩) يوضح تفاوت تركيز الاملاح المذابة فى المياه التى يتم ضخها الى المناطق الريفية والحضرية خلال شبكات التوزيع ، ويظهر من الشكل أن هناك بعض المناطق لاتزال تعتمد اعتمادا كليا على المياه الجوفية فى ايفاء متطلباتها من مياه الشرب ، حيث تستخدم مياه تصل ملوحتها الى حوالى ٢٧٠٠ جزىء فى المليون من الاملاح المذابة . وتتركز الجهود فى الوقت الحاضر على تطوير سعة منشآت التحلية بغرض توفير كميات اضافية من المياه تتوافق مع المعايير العالمية لمياه الشرب لتشمل كافة مناطق الدولة .

وقيد الانشاء حاليا محطة الدور لتحلية المياه التى تقع الى الجنوب من محطة رأس أبوجرجور وتستخدم مياه البحر كمصدر للتحلية . وستقوم هذه المحطة بتوفير انتاج يومية من المياه المحلاة بطريقة التناضح العكسى وبسعة مماثلة لسعة مشروع رأس أبوجرجور . وهذا يعنى ان اجمالى المياه المحلاة الصالحة للشرب سيمثل الى حوالى ٤٥ مليون جالون فى اليوم عند تشغيل هذه المحطة فى نهاية العام الحالى (حوالى ٣٨ مليون جالون عند كفاءة انتاج ٨٥ ٪) (٦٣ مليون متر مكعب سنويا) . وستساهم مياه محطة الدور فى تلبية الطلب المتزايد على مياه الشرب لاهالى مدينة حمد والمنطقة الوسطى فضلا عن المناطق السكنية الجديدة .

الشكل (٩)

تركيز الاملاح المذابة في المياه المخلوطة التي يتم
ضخها عبر شبكات التوزيع للمناطق الريفية والحضرية



وينتظر ان تشهد السنين المقبلة توسعات كبيرة فى مشاريع التحلية ، ستضمن زيادة فى طاقة المياه المحلاة قدرها ٣٠ مليون جالون يوميا خلال فترة النصف الاول من عقد التسعينيات . ويأتى ذلك فى اطار مشاريع توسعة مرافق انتاج الكهرباء والماء الذى تمت الموافقة عليها بصورة مبدئية فى شهر يوليو من العام الحالى . وتشمل هذه المشاريع - بالاضافة الى مرافق الطاقة - بناء محطتين لتحلية المياه تعملان بطريقة التناضح العكسى أحدهما فى غرب جزيرة المحرق والاخرى فى شمال غرب مدينة المنامة بطاقة انتاجية قدرها ١٥ مليون جالون فى اليوم لكل منهما .

٤ - ١ - ٢ مياه الصرف الصحى المعالجة :

انطلاقا من حقيقة ان القطاع الزراعى بما يتضمنه من اساليب رى تقليدية يعتبر المستهلك الاول للمياه الجوفية ، وانسجاما مع توجهات الدولة فى تحقيق الامن الغذائى ، من خلال توفير القدر الاكبر من السلع الغذائية محليا ، فقد تم فى العام ١٩٨٥ تشغيل محطة تولى المركزية لتجميع مياه الصرف الصحى ومعالجتها ومن ثم اعادة استعمالها لامداد قطاع الزراعة بمتطلباته من مياه الرى ، وابقاء الجزء الاعظم من المياه الجوفية لمواجهة الطلب على مياه الشرب .

وفى الوقت الحاضر ، يتم فى هذه المحطة معالجة ٦٥٠٠٠ متر مكعب فى اليوم من مياه المجارى ، من المنتظر ان يقفز هذا الرقم الى ١٢٠٠٠ متر مكعب بطول العام ٢٠٠٠ . (الشكل - ١٠) يبين اسقاطات لكميات تدفق مياه المجارى حتى عام ٢٠١٠ . فى مرحلته الاولى التى اكتمل انشاءها سيتمكن المشروع من رى حوالى ٧٥٠ هكتار من الاراضى الزراعية . وتشير التوقعات أن يغطى المشروع فى اطار مرحلته الثانية احتياجات الرى لحوالى ١٠٠٠ هكتار أخرى من الاراضى الصالحة للزراعة ، اى ان يصل اجمالى المساحة المروية بمياه الصرف الصحى المعالجة الى ١٧٥٠ هكتار بانقضاء المرحلة الثانية من عمر المشروع .

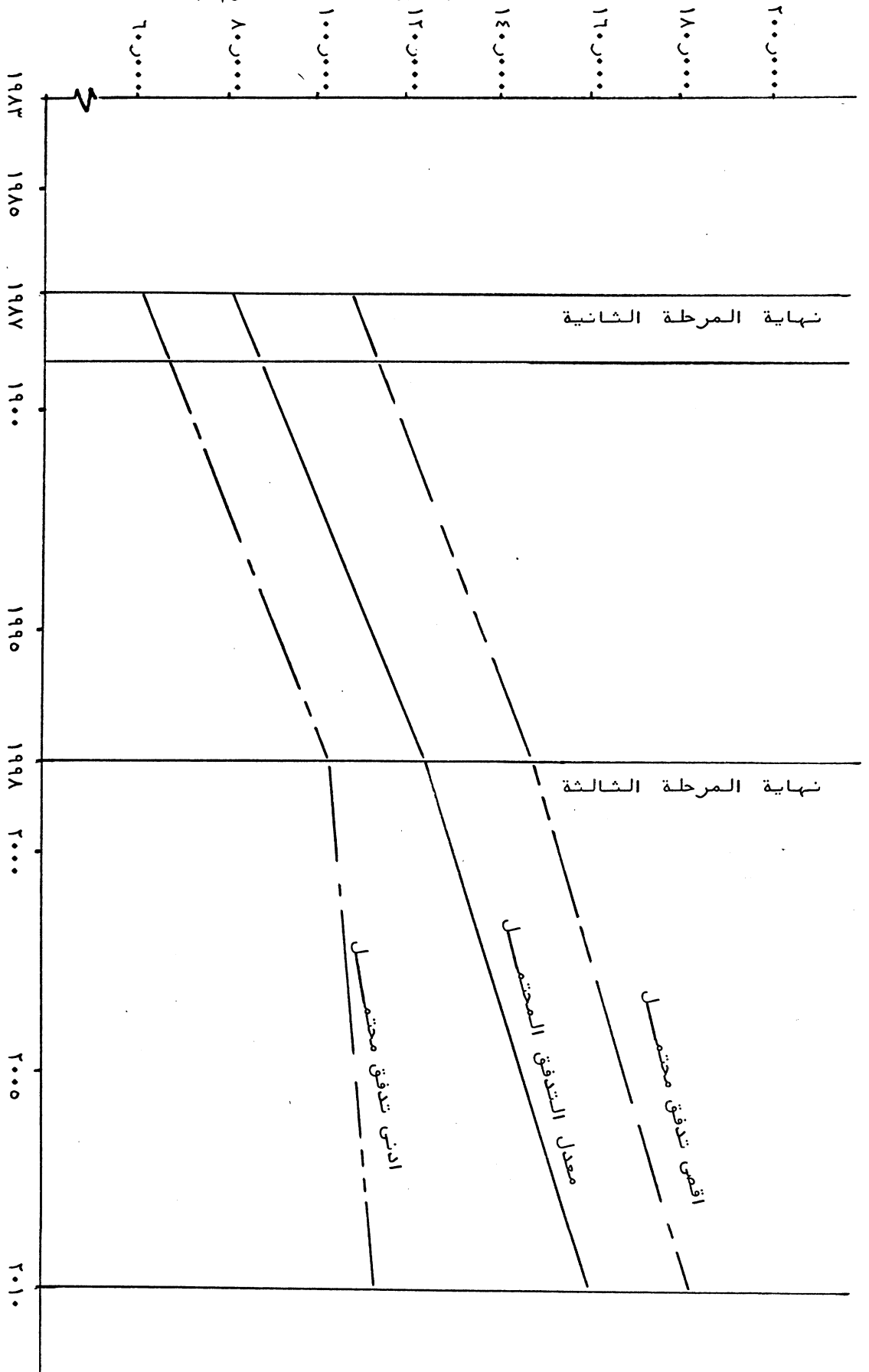
ولقد قدر اجمالى احتياجات هذا المشروع بمرحلته الاولى والثانية بنحو ١٦٤٠٠٠ متر مكعب فى اليوم (ايس ١٩٨٩) . معنى ذلك ان حوالى ٤٤٠٠٠ متر مكعب من المياه الجوفية سيتحتم استخراجها يوميا لايفاء كامل متطلبات المشروع . ولكن - مقارنة بالاستهلاك الحالى - تتوقع نفس الدراسة تحقيق خفض فى استهلاك المياه الجوفية يصل الى حوالى

كميات التدفق (متر مكعب فى اليوم)

(المصدر : ١٩٧٤ ، ١٩٧٤)

الشكل (١٠) اسقاطات تدفق كميات مياه المجارى حتى عام ٢٠١٠

السنوات



٤٢٠٠٠ متر مكعب في اليوم ، اذا ما تم الانتهاء من تنفيذ مشاريع المرحلة الثانية .

ولن يقتصر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على ايفاء متطلبات الري فحسب ، بل ان الدولة تسعى جاهدة الى الاستفادة من هذه المياه في تلبية حاجات القطاع الصناعي وفي تغذية الطبقات الجوفية Ground water artificial recharge . ولقد قدرت احتياجات الصناعة من مياه المجارى ب ٨٠٠٠ ، ١٧٠٠٠ ، ٢٢٠٠٠ متر مكعب في اليوم للاعوام ١٩٩٠ ، ١٩٩٥ ، ٢٠١٠ على التوالي . اما الكميات التي ستخصص لتغذية الطبقات الجوفية فيتوقع أن تبلغ ٦٠٠٠ ، ٨٠٠٠ ، ١٦٠٠٠ متر مكعب في اليوم للاعوام نفسها على التوالي (أيس ، ١٩٨٤) .

وتتم معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام تقنية المعالجة الثلاثية ، تعقبها عملية تآزن ثم اضافة الكلور

Tertiary treatment with ozonation and lastly chlorination

ولقد اثبتت التحاليل البيولوجية خلو مياه مجارى تولى المعالجة ثلاثية من الفيروسات والكائنات الميكروبيولوجية الضارة وتمتعها بمواصفات بيئية وصحية تتطابق مع المعايير العالمية الموصى بها لاستخدام مياه المجارى المعالجة لغراض الري بدون قيود Unrestricted irrigation . (الجدول - ٣) يعطى ملخصا بنتائج التحاليل البكتريولوجية والكيميائية لمياه الصرف الصحي بعد المعالجة الثلاثية للعام ١٩٨٨ ، بينما يعطى (الجدول - ٤) ملخصا بنتائج تحاليل مياه الصرف الصحي الخام Raw sewage لنفس العام .

من الجدول رقم ٣ يتضح ان تركيز الاملاح المذابة في مياه الصرف الصحي المعالجة أفضل بوجه عام من مثيله في المياه الجوفية . وبالنظر الى ان مياه المجارى في البحرين هي في الغالب الاعم نواتج الاستخدامات البلدية ، فيتوقع تحسن نوعيتها بدرجة كبيرة مع اضطراد التوسع في طاقة مياه التحلية . في العام ١٩٨٢ وقبل التوسع في مشاريع التحلية ، كانت ملوحة مياه مجارى تولى المعالجة ٣٠٠٠ / لتر ، انخفضت الى ٣٥٠٠ و ٣٢٠٠ / ملليغرام / لتر في الاعوام ١٩٨٤ ، ١٩٨٨ على التوالي . (الشكل - ١١) يبين اسقاطات الملوحة لمياه المجارى المعالجة حتى عام ٢٠٠٠ .

ويجدر بنا ان نشير الى ان التحاليل الكيميائية لهذه المياه قد

ملخص بنتائج التحاليل الكيميائية والبكتريولوجية لمياه الصرف المعالجة الثلاثية للعام ١٩٨٨

YEARLY REPORT

SUMMARY OF RESULTS FOR TERTIARY EFFLUENT 1988

MONTH	TEMP	TURBID	PH	COND	BOD	COD	NH3	NO2	NO3	TSS	VSS	CHLORIDE	HARDNESS	ALK	PO4	OIL	TDS
JANUARY	23.5	0.2	7.4	4600	1.2	30	0.4	0.026	7.4	2	1	1393	988	127	4.2		3504
FEBRUARY	22	0.25	7.4	4200	0.9	40	0.25	0.03	2.9	4	1	1230	858	143	4.3	2	3314
MARCH	24	0.4	7.4	4900	0.8	43	0.6	0.02	2.5	2	1	1307	974	149	4.4	0.6	3343
APRIL	26	0.2	7.6	4600	0.7	25	0.7	0.02	1.2	3	2	1369	923	158	4	2.2	3404
MAY	28	0.4	7.7	4900	1.3	30	0.9	0.04	1.3	2	1	1395	958	161	4.6	1.3	3598
JUNE	29.5	0.2	7.7	4700	1	29	0.34	0.67	3.4	1.3	1	1356	928	142	5.6	3.1	3551
JULY	31	0.1	7.7	4600	1	48	0.08	0.03	0.62	1.5	1	1418	893	147	4.2		3409
AUGUST	32	0.2	7.7	4400	0.9	43	0.23	0.16	0.9	1.5	1	1168	864	141	5		3291
SEPTEMBER	31	0.14	7.6	4400	1.2	33	0.32	0.02	1.8	1	1	1145	850	146	5.5		3062
OCTOBER	28	0.3	7.6	4400	1.5	43	0.85	0.006	1.6	2	1	1245	846	136	5.5	2.1	3128
NOVEMBER	27	0.1	7.7	4500	1.3	37	0.29	0.01	1.4	1	1	1316	908	122	4.9		3218
DECEMBER	25	0.1	7.7	4600	1.8	35	0.06	0.007	1.2	1	1	1308	895	127	5		3238
MINIMUM	22	0.1	7.4	4200	0.7	25	0.06	0.006	0.62	1	1	1145	846	122	4	0.6	3062
MAXIMUM	32	0.4	7.7	4900	1.8	48	0.9	0.67	7.4	4	2	1418	988	161	5.6	3.1	3598
AVERAGE	27	0.2	7.6	4567	1.1	36	0.42	0.09	2.19	2	1	1304	907	142	4.8	1.9	3338

المصدر: ادارة الطرق والمجاري

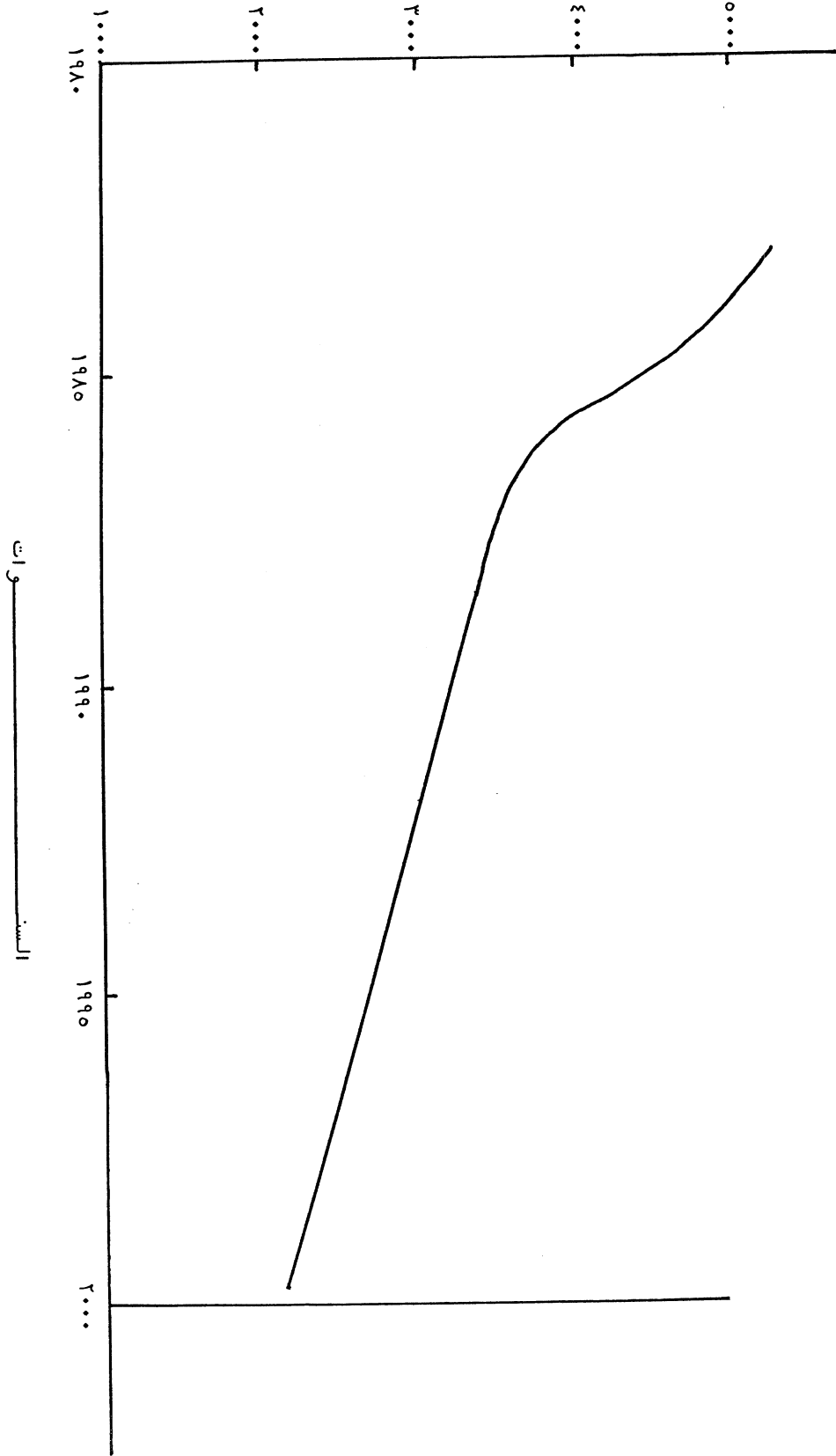
(الجدول - ٤)

ملخص بنتائج التحاليل الكيميائية و البكتريولوجية لمياه الصرف الصحي الخام للعام ١٩٨٨ م

SUMMARY OF RESULTS FOR RAW SEWAGE 1988

MONTH	TEMP	SULPHIDE	PH	COND	BOD	COD	NH3	TSS	VSS	CHLORIDE	HARDNESS	ALK	PO4	OIL	TDS
JANUARY	28	11	7.2	4600	139	340	21	173	125	1385	1008	243	5.7	53	3429
FEBRUARY	29.5	4.3	7.2	4500	132	344	20	187	132	1295	876	220	5.7	58	3463
MARCH	28	4.1	7.2	5100	154	313	21	178	121	1357	934	222	4.8	32	3421
APRIL	28.5	8.6	7.3	4700	156	316	21	170	123	1370	941	234	5	61	3341
MAY	30	14.6	7.4	4860	157	350	20	195	128	1385	894	238	5.6	64	3613
JUNE	32	18	7.3	4800	151	321	20	153	112	1369	963	242	5.3	47	3631
JULY	33	14.7	7.2	4600	148	319	18	159	117	1463	898	236	6.1	54	3547
AUGUST	34	13.7	7.3	4500	157	293	19	142	108	1160	832	230	5.7	33	3206
SEPTEMBER	32	15.6	7.2	4450	144	326	19	134	101	1265	845	236	5.8	21	3145
OCTOBER	30	18.4	7.3	4400	145	315	22	149	117	1228	831	227	5	33	3069
NOVEMBER	29	18.3	7.3	4550	185	352	21	166	132	1278	893	198	4.9	44	3217
DECEMBER	28	13.6	7.3	4650	180	348	21	171	130	1340	913	200	5.3	33	3186
MINIMUM	28	4.1	7.2	4400	132	293	18	134	101	1160	831	198	4.8	21	3069
MAXIMUM	34	18.4	7.4	5100	185	352	22	195	132	1463	1008	243	6.1	64	3631
AVERAGE	30	12.9	7.3	4643	154	328	20	165	121	1325	902	227	5.4	44	3356

تركيز الاملاح المذابة (ميلغرام / اللتر)



(المصنوع : ١٩٨٤ ، ١٩٨٥)

٣٣ -

اسقاطات المطوخة لمياه الصرف الصحي المعالجة حتى عمق ٢٠٠٠

الشكل (١١)

أظهرت تغيرات موسمية واضحة للعيان . اذ لوحظ ارتفاع ملوحتها في أشهر الصيف وانخفاضها بوضوح خلال أشهر الشتاء . ويبدو ان السبب في ذلك يرجع الى الزيادة البديهية في الطلب على الماء في فترات الصيف ، الامر الذى يؤدي الى زيادة الاستخراج من المياه الجوفية في مقابل الكميات المحدودة من المياه المحلاة وبالتالي تغير نسب الخلط وارتفاع ملوحة مياه الشرب في شبكات التوزيع .

يسود اعتقاد بأن النظام الهيدروليكي لحاملة مياه الدمام قد كان فى حالة اتزان Equilibrium حتى العام ١٩٢٤ ، حيث كانت كميات التصريف الخارجة من هذا النظام تساوى الى حد بعيد كميات المياه الداخلة اليه . ولقد أدى النمو المضطرد لقطاعات التنمية المختلفة وتزايد معدلات التوسع الحضرى والنمو السكانى خلال العقود الثلاثة الماضية ، فضلا عن تبنى الدولة لبرامج طموحة لتحقيق الامن الغذائى ، الى زيادة الطلب على الماء لايفاء متطلبات الشرب والزراعة والصناعة . ويبدو ان هذه الزيادة فى معدلات الاستهلاك قد كانت كبيرة الى الدرجة التى أدت الى حدوث خلل واضح فى الموازنة المائية لهذا النظام . وبالنسبة لحاملة مياه الرس - أم الرضمة فقد ظلت حتى منتصف العام ١٩٨٤ تستغل على نطاق ضيق لتلبية حاجات الصناعة والزراعة غير المنتجة . وعند ذلك التاريخ بدأ فيه فى استغلال مياه هذه الطبقة بكميات كبيرة (٧٢ر٠٠٠ متر مكعب فى اليوم) لايفاء متطلبات مياه الشرب بعد تحليتها .

وتعتقد احدى الدراسات (أمان ، ١٩٨٩) بإمكانية رصد ثلاث مراحل رئيسية فى المسار التاريخى لتطور استعمالات المياه فى البحرين . اتسمت الاولى بالاعتماد الرئيسى على الينابيع الطبيعية . ثم أصبحت الآبار الارتوازية هى المسؤولة عن تأمين الجزء الأكبر من الاحتياجات المائية فى المرحلة الثانية . بينما اتسمت المرحلة الثالثة بدخول المياه غير التقليدية كخيارات لتخفيف العبء على استغلال المياه الجوفية . وتنوه هذه الدراسة الى صعوبة اقامة حدود فاصلة بين هذه المراحل بالنظر الى تشابك وتداخل عناصرها . الجدول رقم ٥ يلخص تاريخ استخراج المياه الجوفية لمختلف القطاعات خلال الفترة الممتدة من عام ١٩٢٤ - ١٩٨٨ . بينما يبين الشكل ١٢ معدلات السحب من حاملة مياه الدمام وطبقة النيوجين حسب نوع الاستخدام للعام ١٩٨٨ .

ويتضح من ارقام الجدول (٥) ان مقدار الزيادة فى استثمار حاملة مياه الدمام قد وصلت الى ٦٠٪ خلال الفترة الممتدة من ١٩٦٦ الى ١٩٨٧ . فى حين نلاحظ انخفاض فى الاستخراج من نفس التكوين مقدار ١١٦ مليون متر مكعب فى العام ١٩٨٨ عنه فى العام ١٩٨٧ ، أى مانسبته ٦٤٪ . وربما يكون مرد ذلك الى الزيادة غير الطبيعية فى كمية الهطول الماطرى خلال شهرى يناير -

ملخص تاريخي للمعدلات استخراج المياه الجوفية
لمختلف القطاعات (١٩٢٤ - ١٩٨٨)

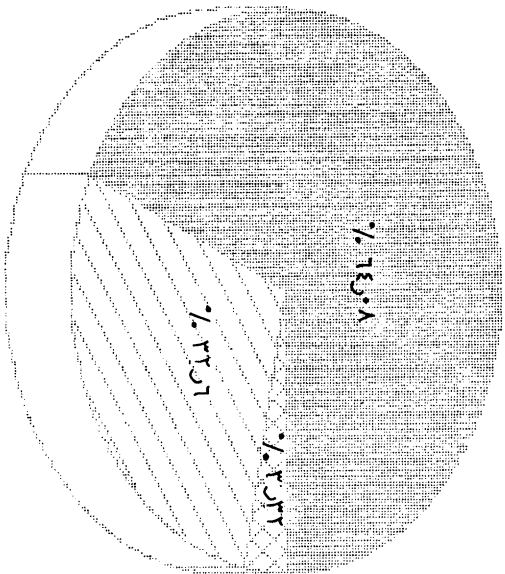
معدلات السحب (مليون متر مكعب)							المصدر
ادارة مصادر المياه	ادارة مصادر المياه	جى . دى . سى	اينالكونسلت	ساتكليف	بايكو	هايم	الطبقة الجوفية
١٩٨٨	١٩٨٧	١٩٧٩	١٩٧١	١٩٦٦	١٩٥٣	١٩٢٤	١ - تكوين الدمام وطبقة النيوجين
١٠٧٠٩	١٢٠	٩٠	٩٧	٨٩	٤٨	(١) ٧٠	
٥٤٠٩	٥٥٠٤	٤١	٢٠	١٥٥	٥	-	٢ - قطاع الزراءىة القطاع البلدى القطاع المتاعى
٦٠٥	٤٥١	٧	٨	٨	١٠	-	٢ - حاملة مياه الارس - أم الرضمة
٥٠٧	٢٥٥	٤	-	-	-	-	قطاع الزراءىة
٢٣٠٣	٢٥	-	-	-	-	-	القطاع البلدى
٦٠٤	٥	٢	٢	٢	٢	-	القطاع المتاعى
٢٠٣	٢١٣	١٤١	١٢٧	١١٥	٦٥	٧٠	اجمالى الاستخراج

١ - بعد التصحيح تبعاً ل جى . دى . سى .
٢ - تستخدم لتلبية الإحتياجات البلدية و احتياجات الزراعة غير المنتجة بعد تطبيتها .

* الاجمالى لىساوى د ائما حامل جمع الاستهلاكات نتيجة للتقريب . - ٣١ -

الشكل (١٢)

معدلات السحب من حاملة مياه الدمام وطبقة النيوجين - ١٩٨٨ م
(مليون متر مكعب)



- القطاع الزراعي (١٠٧٧٩)
- القطاع البلدي (٥٤٥٩)
- القطاع الصناعي (١٦٥)



وفبرابر من العام ١٩٨٨ (١٢١ متر) الامر الذى ادى الى انخفاض
استهلاك قطاع الرى من ١٢٠ مليون متر مكعب فى العام ١٩٨٧ الى ١٠٧٩ مليون
متر مكعب فى العام ١٩٨٨ .

يزداد الطلب على الماء بصورة مستمرة لمقابلة التطور فى المجالات الاقتصادية والاجتماعية والحضرية . وعندما يتعلق الامر بأحد المجتمعات التى تشهد قفزات تنموية هائلة فى فترات زمنية قصيرة ، فان تقديس الطلب المستقبلى على الماء يجب أن ينظر اليه باعتباره ضرورة قصوى ومهمة اولى .

ومن خلال اسقاطاتها للطلب على الماء تستطيع الادارة المائية ان تحدد أولويات الاستخدام بين القطاعات المختلفة حسب أهمية كل قطاع فى التخطيط التنموى الشامل دون أن ينشأ عن ذلك مشكلات وتعارض بين هذه القطاعات . بيد ان على هذه الادارة أن تأخذ بعين الاعتبار التبدلات المتوقعة فى كل مرحلة من مراحل الخطة وتأثيراتها على توفر المياه بالكمية والنوعية المناسبة ، وما يتبع ذلك من ضرورة اخضاع هذه التقديرات لمراجعة شاملة ، ربما ينتج عنها تبدلات أساسية فى قائمة الأولويات وتغييرات فى نسب التخصيص .

وعلى هذا الصعيد ، أولت الادارة المائية فى البحرين أهمية خاصة لدراسة أنماط الاستهلاك الحالية وبناء توقعات مستقبلية للاحتياجات المائية على ضوء المعطيات المتوفرة عن طبيعة وظروف الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية ومعدلات النمو فى المجالات السكانية والحضرية . وليس من شك فى ان تقدير الطلب على الماء يعتبر من أصعب الأمور التى تواجهها أية ادارة مائية ، بالنظر لارتباطها الوثيق بمجمل السياسات والفعاليات والأنشطة الاقتصادية والاجتماعية السائدة فى المجتمع ، والتى هى لابد أن تخضع على السدوام لتبدلات مرحلية تبعاً للتأثيرات المحلية والاقليمية والدولية (أمان ، ١٩٨٩) .

فى واقع الامر ، لقد بنيت اسقاطات المستقبل على الماء على قاعدة ثلاث أسس رئيسية ، نلخصها فيما يلى (١) اتجاهات التطور والنمو فى المجالات الاقتصادية والتنموية والحضرية ، (٢) معدلات النمو فى عدد السكان و (٣) المسار التاريخى لمعدلات الاستهلاك الفردى والجماعى للانسان البحرينى . ولن نضيف جديدا اذا قلنا بأن تداخل هذه الاسس مع بعضها البعض وعلاقتها التبادلية مع غيرها من العوامل الداخلية والخارجية قد خلق مشاكل عديدة اثناء وضع التنبؤات .

٦ - ١ - ١ الطلب على مياه الشرب :

وصل الاستهلاك اليومي لمياه الشرب والاستخدامات البلدية الاخرى الى ٦٠ مليون جالون خلال أشهر صيف العام ١٩٨٧ ، منها ٣٣ مليون مياه محلاة و ٢٧ مليون مياه جوفية . وتشير التنبؤات التي أعدتها ادارة اسالة المياه، وهي الجهة المسؤولة عن توفير مياه الشرب للمناطق الريفية والحضرية، الى ان اجمالى الطلب سيرتفع ليصل الى ١٠٢ مليون جالون فى العام ٢٠٠٠ . ولقد بنيت هذه الاسقاطات على اساس معدلات النمو فى عدد السكان وعلى متوسطات الاستهلاك الفردى محسوبة فى أوقات الذروة .

ان نظرة خاطفة الى الشكل (١٣) ستوضح لنا ان اجمالى الطلب اليومي على مياه الشرب والاعراض الاهلية الاخرى سيزداد بنحو ٤ مليون جالون سنويا ليصل الى ١٠٢ مليون جالون بحلول عام ٢٠٠٠ ، وان الامر سيحتاج الى ادخال توسعات كبيرة فى طاقة مشاريع التحلية لضمان التقليل من استخراج المياه الجوفية والحفاظ عليها من خطر النضوب والتدهور النوعى .

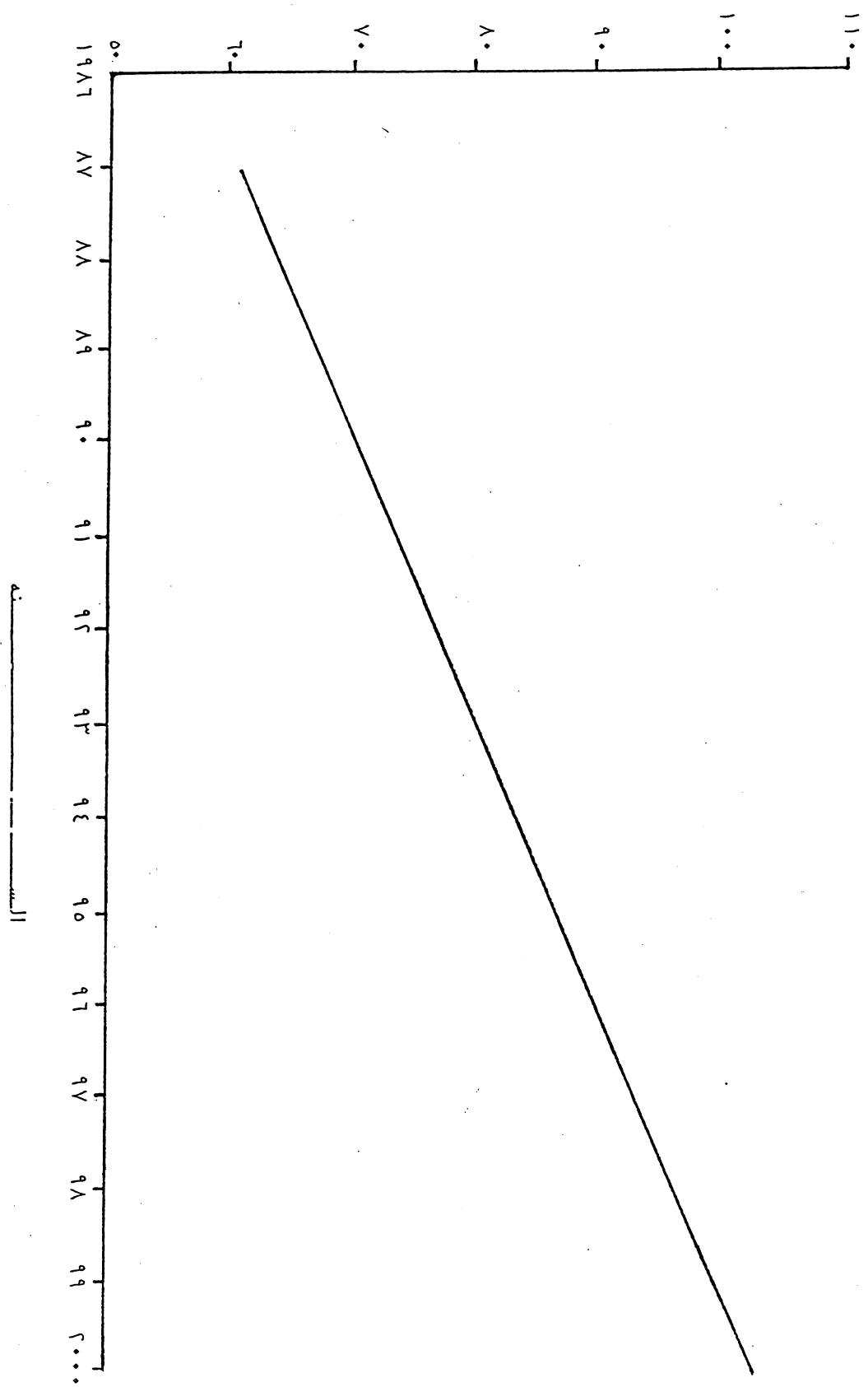
٦ - ١ - ٢ الطلب على مياه الري :

فى تقديراتنا للطلب على مياه الري اعتمدنا بشكل أساسى على معطيات استهلاك القطا الزراعى للسنوات الماضية وعلى مسارات التطور فى البنية الزراعية ، وكذلك على احصاءات نمو وتراجع مساحة الرقعة الزراعية وتفاوت نسب مساهمات مياه الصرف الصحى المعالجة فى ايفاء متطلبات الري . ولم نغفل عند وضع اسقاطاتنا، التوجهات الرسمية الهادفة الى تحقيق الامن الغذائى من جهة ، وتطوير أساليب الري التقليدية وادخال تقنيات ري حديثة من جهة ثانية ، آخذين بعين الاعتبار ما قد يتضمن ذلك من معوقات على مستويات عدة .

تقول ارقام عام ١٩٨٧ ان قطاع الزراعة قد استهلك ما مجموعه ١٢٠ مليون متر مكعب من مياه الري ، وتشير اسقاطاتنا الى ان الطلب على مياه الري سيصل الى حوالى ١٤٠ مليون متر مكعب فى العام ١٩٩٢ ، بعدها سيبدأ فى التراجع التدريجى ليتخذ وضعاً أقرب الى حالة الاستقرار فى السنوات الاخيرة من فترة الاسقاط وبمعدل استهلاك قريب الى حد كبير من أرقام الاستهلاك لسنة الاساس (امان ، ١٩٨٨) والتفسير هنا ليس معبأ، فمؤشرات زيادة مساهمة مياه المجارى المعالجة وبالمقابل تراجع معدلات

١٣- توقعات الطلب على المياه لأغراض الشرب والاستخدامات البلدية الأخرى محسوبة في أوقات الذروة حتى عام ٢٠٠٠

الطلب اليومي بعلايين الجالونات



المصدر : ادارة اسالة المياه

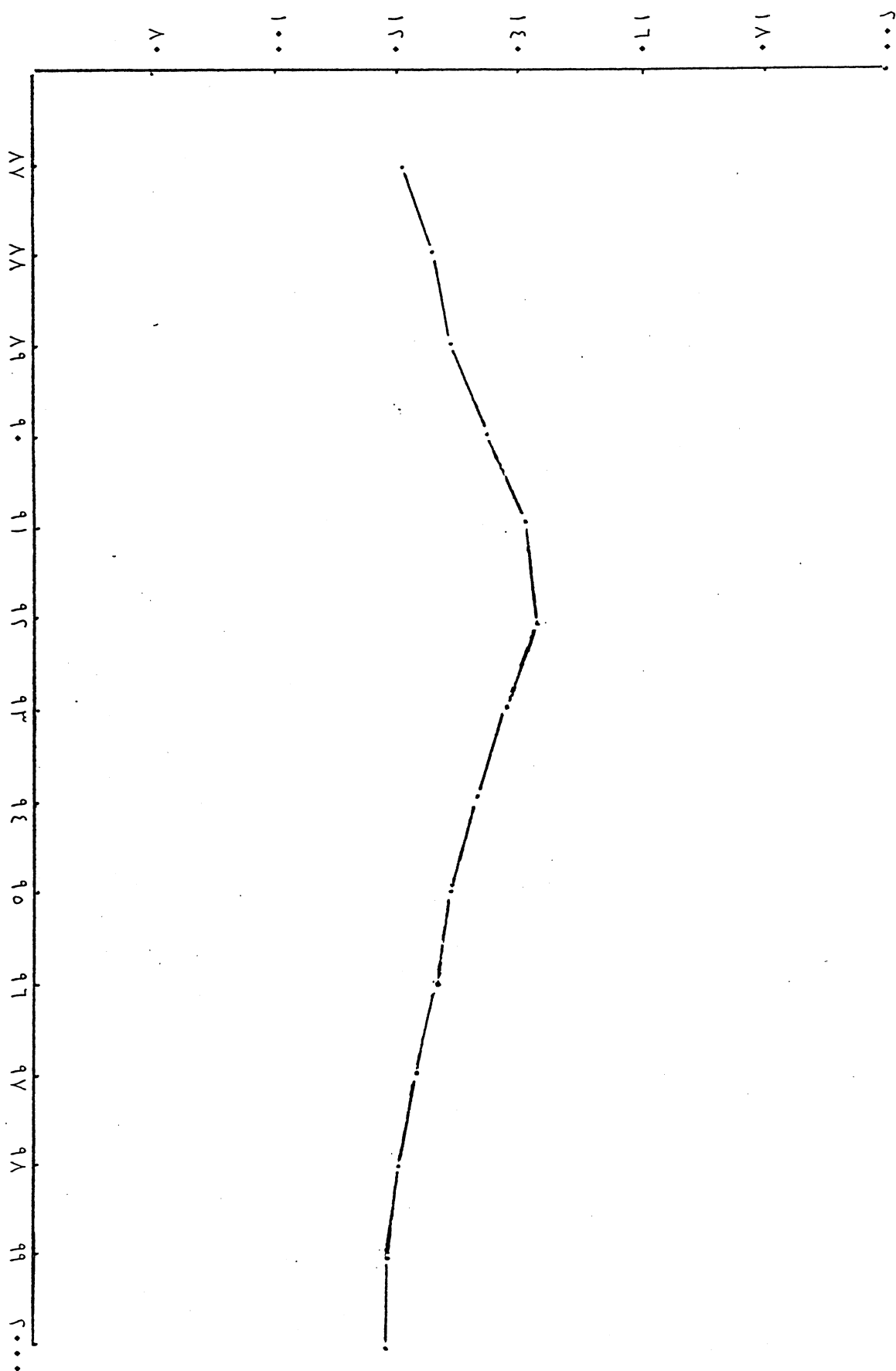
الزيادة فى رقعة الاراضى الزراعية بعد العام ١٩٩٢ وربما تنامى جهود تطبيق اساليب الرى الحديثة كان لها ابلغ الاثر فى التوصل الى تلـك الاستنتاجات . الشكل (١٤) يوضح نتائج اسقطات الطلب على مياه الرى .

٦ - ١ - ٣ الطلب على الماء للصناعة :

ان المعايير الاساسية الذى تبنيهاها فى وضع اسقطات مستقبلية للطلب الصناعى على الماء هي : أنماط ومسارات النمو الاقتصادى فى الفترات السابقة واتجاهات التطور المرتقب فى المجالات الصناعية خلال فترة الاسقاط وعلاقتها التبادلية مع المعطيات الاقليمية والدولية . وافترضنا ان الجزء الاعظم من الطلب على الماء لهذا القطاع سيتم تلبيته عن طريق الاستخراج من حاملة مياه الرس - أم الرضمة ، وذلك تمشياً مع توجهات الادارة المائية التى تهدف الى تأمين متطلبات التصنيع من مياه هذه الطبقة والابقاء على مياه الدمام للاغراض الاخرى (أمان ، ١٩٨٨) .

فى العام ١٩٨٧ بلغ اجمالى الاستهلاك الصناعى ٩٥١ مليون متر مكعب ، كان نصيب تكوين الدمام منها ٤٥١ مليون والكمية الباقية أستخرجت من حاملة مياه الرس - أم الرضمة . ومن المقدر ان يصل اجمالى الطلب الصناعى ١٢٥ مليون متر مكعب عند نهاية فترة الاسقاط ، منها ١٠٥ مليون متر مكعب ستفخ من حاملة مياه الرس - أم الرضمة و ٢ مليون متر مكعب من حاملة مياه الدمام . الشكل (١٥) يبين نتائج اسقطات الطلب على الماء لقطاع التصنيع .

الطلب السنوي على المياه بملايين الامتار المكعبة

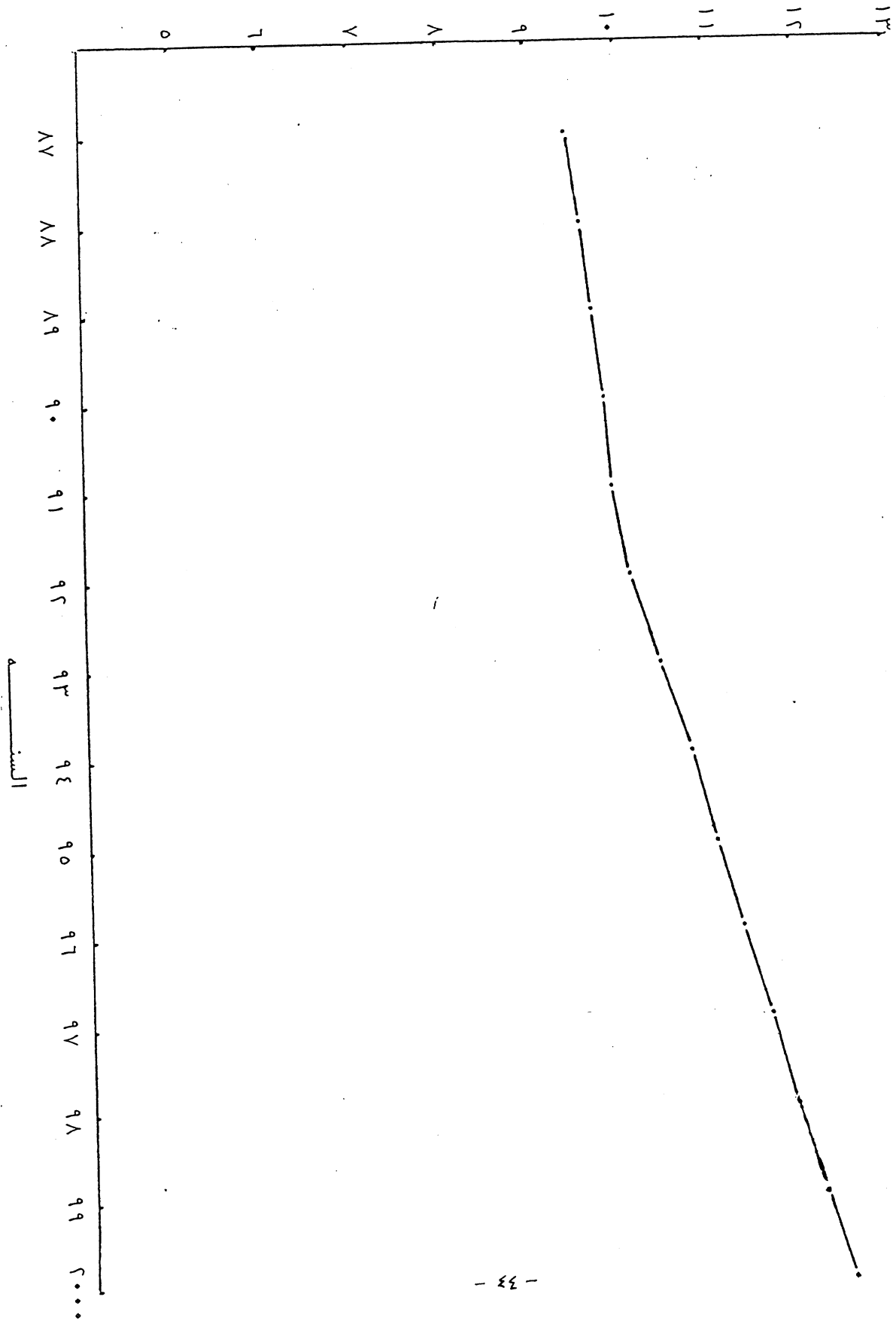


توقعات الطلب على المياه للافراض الزراعية حتى عام ٢٠٠٠

الشكل (١٤)

الطلب السنوي على المياه بملايين الامتار المكعبة

الشكل (١٥)
توقعات الطلب على المياه لقطاع الصناعة حتى عام ٢٠٠٠



٧ - ١ السياسات المائية :

لسنا نبالغ اذا قلنا بأن وضع سياسات وخطط مائية فعالة لادارة اية مورد مائى فى أى بلد كان ، ليست بالمهمة السهلة ، اذ تتدخل فيها مصالح واحتياجات قطاعات اقتصادية واجتماعية مختلفة وتتطلب تضافر جهود ومعارف تكنولوجية متعددة ومتقدمة فى نفس الوقت . وعند مايتعلق الامر بأحد بلدان المنطقة الجافة من العالم والتي تتميز أساسا بشحة مواردها المائية ، فان هذه المهمة تصبح - بلا شك - أشد صعوبة .

وفى دولة البحرين ، نجد ان الدراسات المائية المستفيضة التى انجزت خلال العقود الماضية قد وفرت القاعدة الصلبة لبناء خطة مائية متكاملة ، والمضى قدما فى مسيرة تحقيق الامن المائى . ويمكن القول ان السياسة المائية للدولة تركز على خمس محاور اساسية باستطاعتنا اجمالها فيما يلى :

٧ - ١ - ١ التشريع المائى :

تعتبر دولة البحرين أول دولة خليجية تنتهج اسلوب تنظيم استعمال المياه الجوفية باتباع النظم والاطر التشريعية ، حيث صدر أول تشريع مائى فى عام ١٩٣٣ وهو الاعلان رقم ١٣٥١/٤٨ . وقد أعقب صدور هذا الاعلان صدور مجموعة من القوانين والتشريعات المائية التى استهدفت فى مجملها تنظيم استثمار المياه الجوفية (أمان ، ١٩٨٨) .

بيد ان القانون الذى يشكل حجر الاساس فى التشريع المائى البحريني، لكونه قد تجاوز المراحل التى توقفت عندها القوانين السابقة ، هو القانون رقم (١٢) لسنة ١٩٨٠ بشأن تنظيم استعمال المياه الجوفية . وتلى صدور هذا القانون اصدار بعض القرارات التنفيذية المكملة له . نذكر منها القرار الوزارى رقم (٢٣) لسنة ١٩٨٠ بحظر استخراج المياه من حاملة الدمام والقرار الوزارى رقم (١٠) لسنة ١٩٨٢ بشأن الزام ملاك الآبار الارتوازية تركيب عدادات على آبارهم .

ولقد أنيطت مهمة رسم السياسات المائية العليا فى الدولة وتنسيق العمل بين الجهات ذات العلاقة باستخدام المياه الى المجلس الاعلى للموارد المائية الذى انشأ بموجب المرسوم بقانون رقم (٧) لسنة ١٩٨٢ . وتعتبر

وزارتى التجارة والزراعة والاشغال والكهرباء والماء هى الجهات التنفيذية والاستشارية ، حيث يلقى على عاتقها وضع الدراسات والتوصيات ومتابعة تنفيذ السياسات التى يتبناها المجلس .

٧ - ١ - ٢ تطوير قاعدة المعلومات المائية وتعزيز نظم المعالجة والتفسير

للمعطيات المائية :

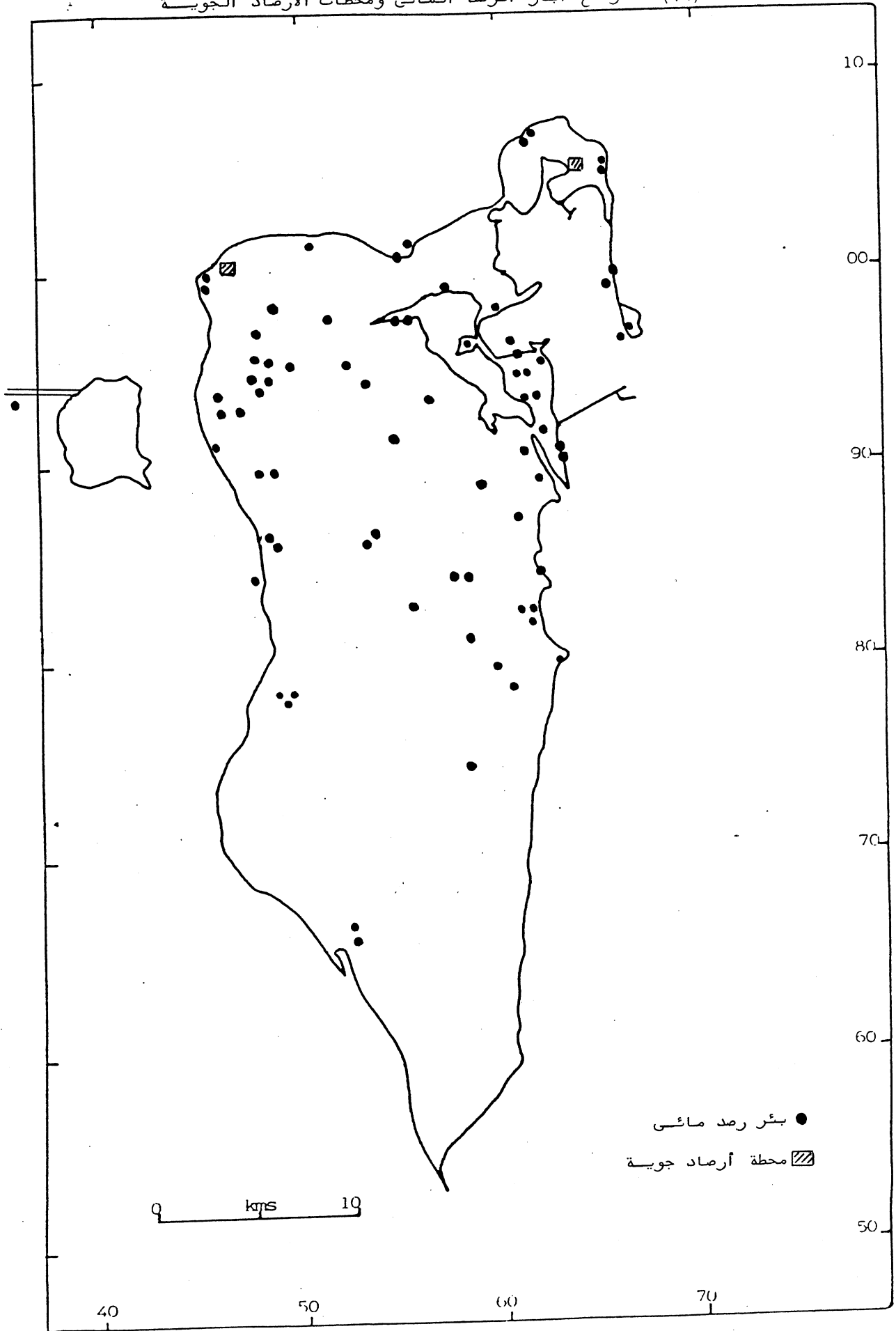
بالنظر الى أهمية المعطيات المائية فى تطوير الحالة المعرفية بسلك وطبيعة الخزانات الجوفية فقد أولت الدولة أهمية قصوى لتحديث وزيادة فعالية شبكات الرصد المائى وتعزيز نظم المعالجة والتفسير للبيانات المائية . وقد أثمرت هذه التوجهات زيادة كبيرة فى عدد آبار المراقبة ليصل مجموعها الى ٧٢ بئرا فى مختلف الطبقات الجوفية ولتغطى كافة أرجاء الدولة . ويتم تجميع المعطيات المائية من هذه الآبار بصورة دورية وتعالج باستخدام أنظمة الحاسب الآلى ، بحيث توضع فى خدمة الدراسات والبحوث الخاصة بمصادر المياه . كما يوجد مركزين للارصاد الجوية يتمتعان بكفاءة عالية فى جمع وتصنيف ومعالجة وتفسير المعطيات المناخية . (الشكل-١٦) . يوضح مواقع آبار الرصد المائى ومحطات الارصاد الجوية .

٧ - ١ - ٣ ضبط وتقنين استهلاكات المياه :

تضافرت الجهود فى التصدى لدراسة أنماط الاستهلاك فى القطاعات المستفيدة من المياه ورسم صورة دقيقة لاتجاهات الاستهلاك العام وبحث السبل الكفيلة بضبط وتقنين وترشيد استخدامات المياه ، فجاءت مشاريع تركيب عدادات المياه كخطوة أولى أساسية فى اطار هذه الجهود .

وفى الوقت الحاضر هناك تعرفة تصاعدية مطبقة على حوالى خمسين بالمئة من مستهلكى مياه الشرب المحلاة . وتؤكد التقارير الرسمية على نجاح هذه التعرفة فى الحد من استهلاك المياه لهذا القطاع . وتجرى حاليا دراسات لتوسيع مجال تطبيق هذه التعرفة لتشمل جميع مستهلكى مياه الشرب . وفيما يتعلق بقطاعى الري والصناعة فقد تم فى منتصف العام ١٩٨٥ الانتهاء من مشروع تركيب عدادات المياه على الآبار الارتوازية

الشكل (١٦) مواقع آبار الرصد المائي ومحطات الارصاد الجوية



المستخدمة لامداد تلك القطاعات . ويهدف هذا " المشروع الرائد " الى الحصول على صورة متكاملة عن انماط الاستهلاك الزراعي والصناعي والوقوف على طبيعة معدلات الاستهلاك ومن ثم وضع تصورات مبدئية لمدى امكانية فرض تعرفات تصاعدية على مستخدمى هذه المياه .

وفى اطار هذا المشروع تم تقسيم الدولة الى ٣٢ منطقة استهلاك (الشكل ١٧) يتم تجميع البيانات منها بصورة منتظمة ثم تعالج هذه البيانات باستخدام تقنيات الحاسب الالى وتوضع فى متناول الدراسات والتقارير الرسمية وتعين على تحديد السياسات المطلوبة وفقا للتغيرات فى انماط الاستهلاك .

٧ - ١ - ٤ ادخال المياه غير التقليدية كخيارات مكملة لاستخدامات المياه

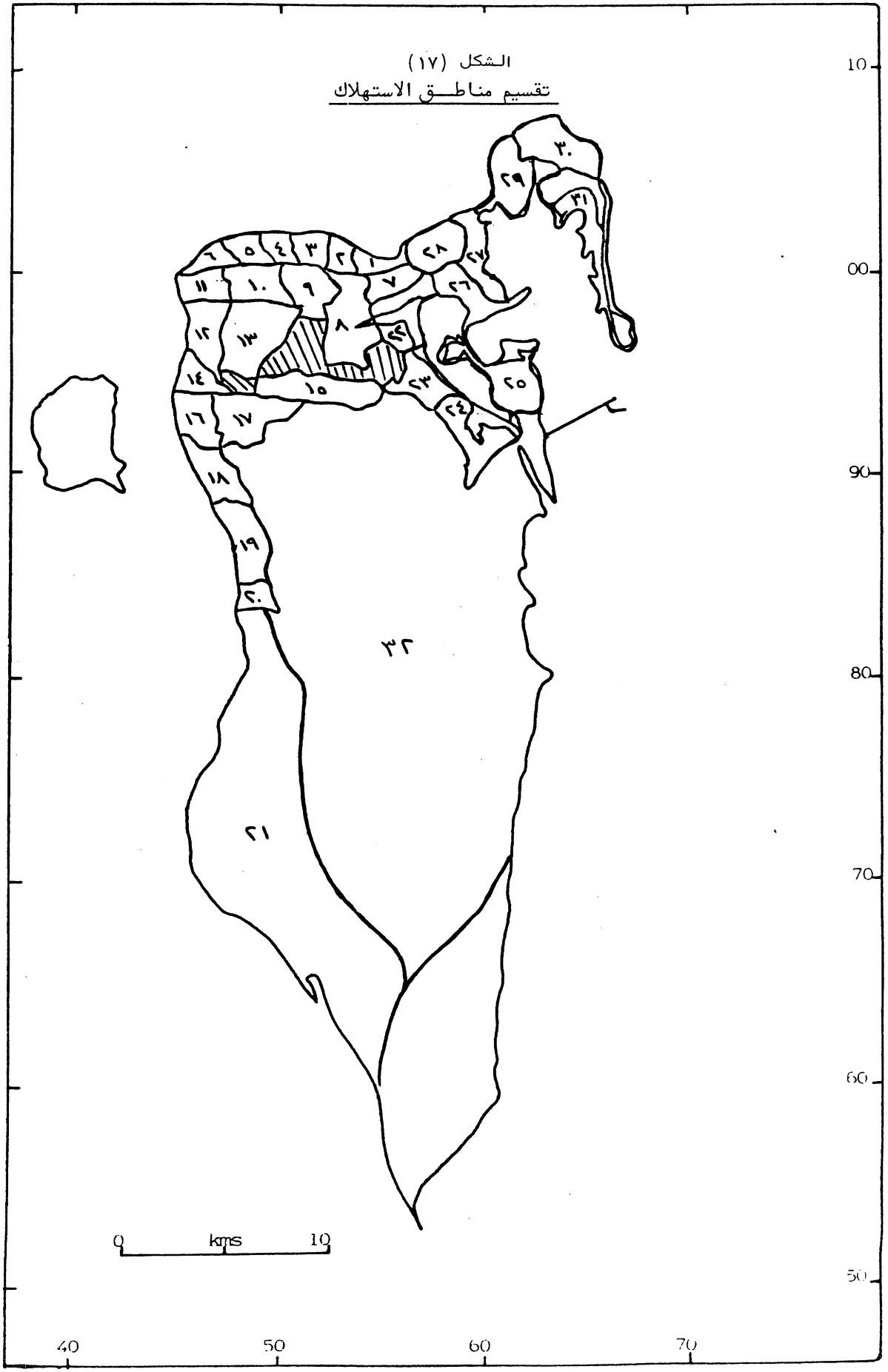
الجوفية :

تحدثنا سابقا بشيء من التفصيل عن دور المياه غير التقليدية (مياه مطلاة ومياه صرف صحى معالجة) فى تخفيف العبء على استخدامات المياه الجوفية . واعطينا لمحة عامة عن خطط الدولة الحالية والمستقبلية الهادفة الى زيادة مساهمة هذه المياه فى الموازنة المائية العامة . ولايسعنا فى هذا الجزء الا التنويه بأهمية هذه التوجهات بوصفها أحد الركائز الهامة فى السياسة المائية للدولة ، والتأكيد فى الوقت ذاته على ان الدولة تولي هذه المصادر المائية جل اهتمامها وتسعى جاهدا لتطويرها وتعزيز فعاليتها .

٧ - ١ - ٥ تكثيف برامج ترشيد استخدامات المياه :

تسير برامج التوعية بأهمية قطرة الماء فى خطين متوازيين ، اولهما ترشيد استهلاك مياه الري وثانيهما ترشيد استهلاك مياه الشرب . فعلى صعيد الخط الاول تضمنت الخطة الخمسية لتطوير القطاع الزراعي ١٩٨٦ - ١٩٨١ برامج متعددة لتطوير طرق الري التقليدية واتباع وسائل ري حديثة . ولقد اثبتت هذه البرامج جدواها فى الحد من الاسراف فى مياه الري وتقليل حجم الفاقد منها . وتركز حملات التوعية الارشادية حاليا على التعريف بايجابيات طرق الري الحديثة ودورها فى زيادة انتاجية المحصول فى وحدة المساحة . على صعيد الخط الثانى ، هناك حملات اعلامية مكثفة تنظمها الدولة

الشكل (١٧)
تقسيم مناطق الاستهلاك



بهدف توعية المواطنين على كافة المستويات بأهمية الشروة المائية وضرورة المحافظة عليها ومنع هدرها ، وابرار قضية الترشيذ فى اسآهلاآها كقيمة سلوكية واجآماعية عليا .

وانسآامامع تلك الجهورم شكيل اللآنة الوطنيه لترشيذ اسآهلاآك المياه فى ابريل من العام ١٩٨٥ . وآقوم هذه اللآنة الممآله من عدة جهات حكومية بوضع وتصميم برامج ترشيذ اسآهلاآات المياه وتنسيق فعالياآ المحافظة على الشروة المائية .

٨ - ١ طبيعة الازواج المؤسسة :

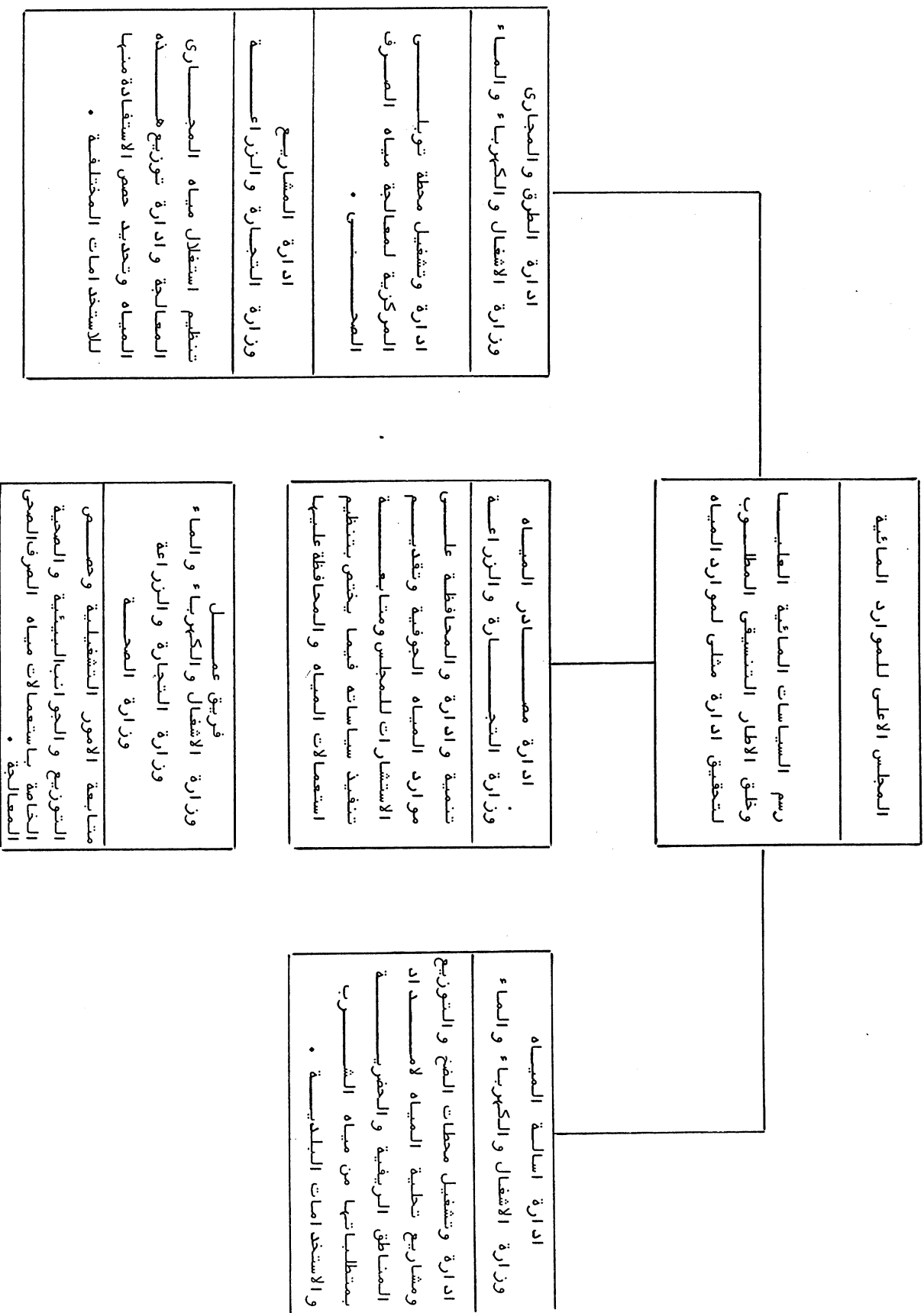
هناك فى الازواق تعدد فى المؤسسة والجهات القائمة على ادارة وتشغيل وتنمية والمحافظة على موارد المياه وتنظيم استعمالها ، سواء اكانت هذه الموارد تقليدية أوغير تقليدية . اذ تقوم ادارة مصادر المياه بوزارة التجارة والزراعة بمهام تنمية وادارة والمحافظة على وتنظيم استغلال المياه الجوفية بما يتضمنه ذلك من توفير المعطيات المائية واجراء الدراسات والبحوث المتعلقة بالمياه وتنظيم عمليات حفر الآبار الارتوازية .

وعلى الصعيد الآخر تتولى ادارة اسالة المياه بوزارة الاشغال والكهرباء والماء مهمات ادارة وتشغيل محطات الضخ والتوزيع ومشاريع تحلية المياه لامداد المناطق الريفية والحضرية بمتطلباتها من مياه الشرب. بالاضافة الى ضبط وتقنين استخدامات هذه المياه وتنظيم الحملات الاعلامية الخاصة بترشيد استهلاكات مياه الشرب والاستخدامات البلدية الاخرى .

وتتولى ادارة الطرق والمجارى بوزارة الاشغال والكهرباء والماء مهمة ادارة وتشغيل محطة تولى المركزية لمعالجة مياه المجارى ، بينما تقع مسؤولية تنظيم استغلال هذه المياه وتحديد حصص الاستفادة منها وادارة توزيعها لمقابلة الاستخدامات المختلفة ، على ادارة المشاريع بوزارة التجارة والزراعة . ويوجد فريق عمل ممثل من عدة جهات هى وزارة الصحة ووزارة الاشغال والكهرباء والماء ووزارة التجارة والزراعة مهمته متابعة الامور التشغيلية والجوانب المتعلقة باستعمالات مياه المجارى المعالجة والنواتج الصلبة Sludge بالاضافة الى مراقبة نوعية هذه المياه ووضع ومناقشة المعايير البيولوجية المطلوبة للتقليل من احتمالات تأثيراتها البيئية والصحية Quality Control and Environmental Impacts .

وعلى الرغم من تعدد الجهات المختصة بالمياه ، الا ان هناك جهة تنسيقية وتشريعية عليا ممثلة من الجهات المعنية باستغلال المياه وغيرها من الجهات ذات العلاقة غير المباشرة . وهذه الجهة هى المجلس الاعلى للموارد المائية الذى يقوم برسم السياسات المائية العليا واصدار التشريعات المنظمة لاستغلال المياه وخلق الاطار التنسيقى المطلوب توخيا للاهداف الاساسية فى حسن ادارة موارد المياه والمحافظة عليها من خطر النضوب والتدهور النوعى . الشكل (١٧) يعطى ملخصا عن مهمات المؤسسة القائمة على المياه .

الشكل (١٨) المؤسسات القائمة على المياه



المراجع العربية

- ١- البحوث الزراعية - مجموعة الاقتصاد الزراعى ١٩٨٩ ، التقرير الاحصائى السنوى ١٩٨٧ . دولة البحرين .
- ٢- الجهاز المركزى للاحصاء ، ديسمبر ١٩٨٨ ، المجموعة الاحصائية ١٩٨٧ . دولة البحرين .
- ٣- ادارة اسالة المياه ، ١٩٨٨ مذكرة بشأن واقع المياه فى البحرين - وزارة الاشغال والكهرباء والماء (دولة البحرين) يناير ١٩٨٨ .
- ٤- أمان ، مبارك . ١٩٨٨ ، تقرير عن الموارد المائية بدولة البحرين - وزارة التجارة والزراعة ، مايو ١٩٨٨ .
- ٥- أمان ، مبارك . ١٩٨٩ تطور اتجاهات استعمالات المياه بدولة البحرين - وزارة التجارة والزراعة . يناير ١٩٨٩ .
- ٦- المركز العربى لدراسات المناطق الجافة والاراضى القاحلة (الاكساد) ١٩٨٦ ، الامن المائى العربى - ورقة أعدت للمجلس الاقتصادى والاجتماعى - تونس ١٩٨٦ .

1. ACE (Associated Consulting Engineers) May 1984, Report on Treated Effluent Sludge and Compost Utilization. Ministry of Commerce and Agriculture- Ministry of Works, Power and Water, State of Bahrain. 1984.
2. ACE (Associated Consulting Engineers) July, 1989, Treated Effluent Utilization Project, Draft Report- Phase II . Ministry of Commerce and Agriculture -Ministry of Works, Power and Water, State of Bahrain , 1989.
3. Arar , Abdulla , 1989, Duty Travel Report to Bahrain on the Reclamation and Reuse of Wastewater for Irrigation (Food and Agriculture Organisation), March 1989.
4. Burashid, Khalid. 1986, Notes on Multistage Flash Desalination at Sitra Power and Water Station, Bahrain Society of Engineers Seminar on : Water in Bahrain , November 1986.
5. Demestre and Hains, 1958 Hydrology of Bahrain. Bapco. Unpublished report.
6. (GDC) Groundwater Development Consultants, 1979, Umm Er Radhuma Study, Bahrain Assignment, Volume 3, Groundwater Resources. Unpublished report.
7. (GDC) Groundwater Development Consultants, 1983, Aquifer "C" Investigations, Combined East and West Coast Report. December 1983, Unpublished report.

