تحسين نوعية المياه الجوفية

باستخدام طريقة التناضح العكسي

د. ابراهيم صالح المعتاز

يوجد الماء في الطبيعة اما على سطح الأرض في شكل أنهار جارية، أو بحيرات «عذبة أو مالحة» أو في البحار والمحيطات، كما يوجد في جوف الأرض نتيجة لتسرب المياه السطحية ومياه الأمطار إلى داخل الطبقات السفلى للأرض، ونوعية هذه المياه الجوفية تختلف باختلاف نوعية المياه المتسربة ونوعية تلك الطبقات المسامية التي نفذت خلالها المياه.

وتشكل المياه الجوفية مصدرا هاما من مصادر مياه الشرب والري في منطقة القصيم نظرا لقلة هطول الأمطار أو نزولها في أوقات متفرقة بكميات متفاوتة، وعادة ما تكون هذه المياه ذات ملوحة عالية وتحتاج إلى تحسين.

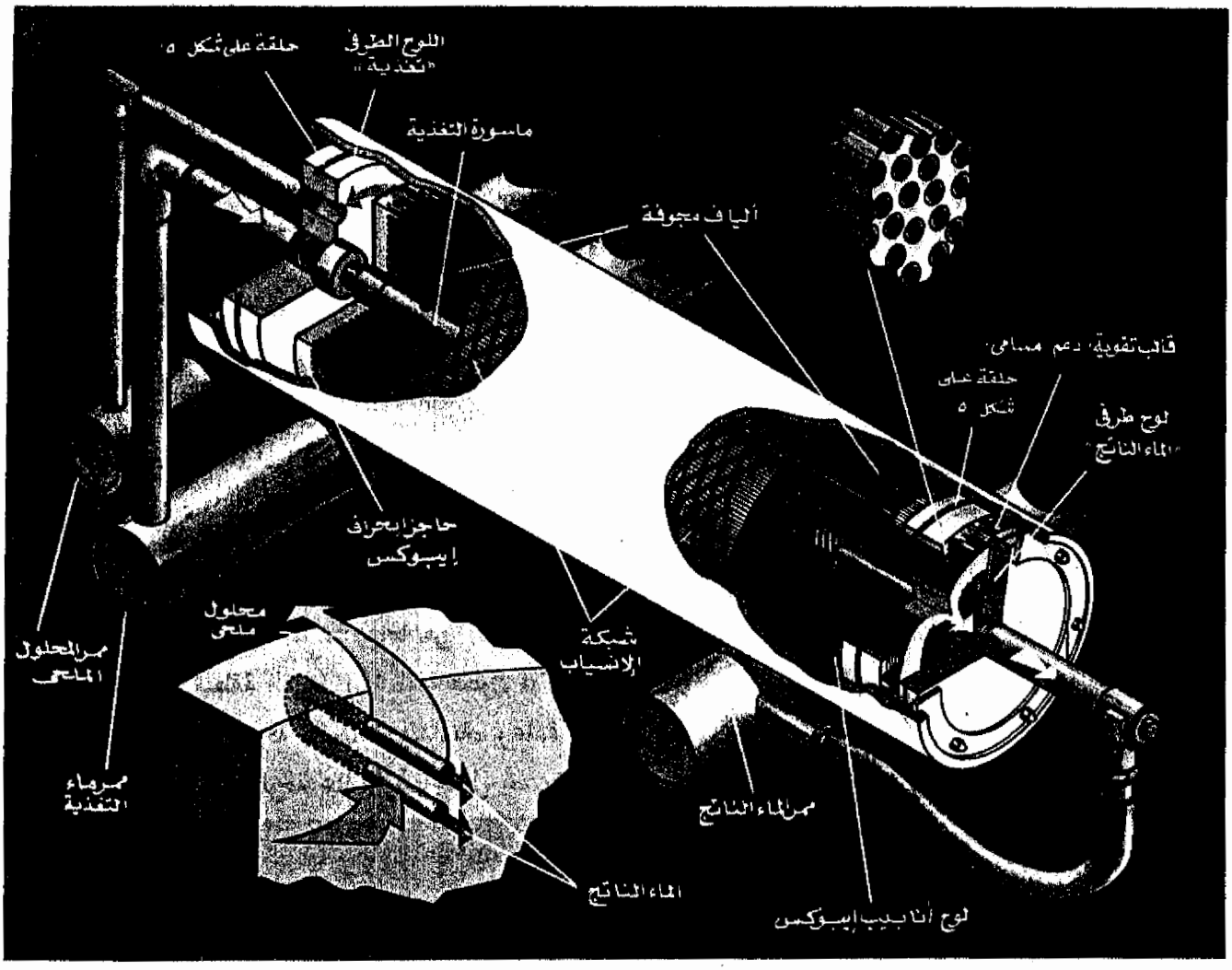
وفي هذا البحث بيان لنوعية ومواصفات المياه الصالحة للشرب، ونوعية المياه الصالحة للري الزراعي التي يجب توفرها في المياه الجوفية حتى يتم استعمالها لهذه الأغراض، وشرح مبسط لطريقة التناضح العكسي المستخدمة في تحسين نوعية المياه المالحة والاتجاهات الحديثة لاستخدام هذه الطريقة، مع عرض سريع للطرق الأخرى المتاحة ومقارنة بينها.

أولا ـــ المقدمة :

الماء هو أهم عنصر من عناصر الحياة، يقول سبحانه وتعالى ﴿وجعلنا من الماء كل شيء حي﴾، فهو قوام الحياة ومدادها، ومن الناحية العلمية أيضا يحظى الماء بمكانة مميزة إذ ان بعضا من خواصه اتخذت أساسا في كثير من الخواص الطبيعية كالكثافة النوعية، وكاختيار درجتي تجمد الماء وغليانه نقطتين ثابتتين في مقياس درجات الحرارة، كما ان وحدة كمية الحرارة، الحريرة، تعرف على انها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجات حرارة جرام من الماء درجة واحدة مئوية.

ولا يوجد في الطبيعة ماء نقي من الناحية الكيميائية، انما يوجد ماء عذب، وماء مالح وماء خفيف الملوحة «اجاج ـــ زعاق»، اذ ان الماء النقي كيميائيا هو الماء المتكون من الهدروجين والأكسجين فقط H_2O.

ويتوفر الماء في الطبيعة في أوضاع مختلفة، اما مكونا الأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات أو في جوف الأرض مخزونا بين الطبقات غير المسامية. والمياه الجوفية فيها مواد ذائبة وعالقة تختلف نسبتها من موقع لآخر، وهذه المواد تحدد صلاحية المياه للاستخدام، سواء للري، أو للشرب، وتشكل مياه البحار 97 % من المياه والنسبة الباقية 3% تشكل نسبة المياه العذبة، وأكثر من ثلاث ارباع هذه الكمية موجود في القطبين ومعظم الباقي مياه جوفية نصفها تقريبا موجود على



أعماق تزيد عن كيلو متر واحد تحت سطح الأرض، وتحتوي البحيرات على 3 % من المياه العذبة بينما تحتوي الأنهار على 0,3 %[1].

وتعتبر الأمطار المصدر الرئيسي والأساسي لرفع منسوب المياه الجوفية إلى جانب ما يتسرب من مياه البحار والأنهار خلال الطبقات المسامية المجاورة. ويبين الشكل 1 — 1 دورة المياه الدائمة في الطبيعة، وتعاني المملكة العربية السعودية من انخفاض معدل سقوط الأمطار، اذ لا يتجاوز متوسط المطر عن 100 ملم في النسة. ويبين الجدول التالي متوسط هطول الأمطار السنوي على المناطق المختلفة في المملكة العربية السعودية[2]. وكذلك تعاني حوالي 90 % من مساحة الوطن العربي نقصا من المياه[3]، اذ ان كميات المياه الجوفية أخذه في التناقص ومنسوب المياه آخذ في الانخفاض في عدد من الطبقات المائية الجوفية الرئيسية.

جدول 1 — 1 : متوسط هطول الأمطار السنوي في المناطق المختلفة من المملكة العربية السعودية

المناطق الشمالية	130–80	ميليمتر
الشمالية الشرقية	70–50	=
المناطق الوسطى	100–85	=
ساحل البحر الأحمر	350	=
المناطق الجبلية	400	=

المصدر : سبع سنابل خضراء، وزارة الزراعة والمياه، السعودية، 1974 م.

وللري النصيب الأوفر في استخدامات المياه، كما يظهر ذلك في جدول رقم 1 ــ 2، اذ تحتاج النباتات إلى قدر كبير من الماء، فتستهلك ما يقارب 50 مرة من وزنها. ويعتبر الاستهلاك الفردي المتوسط من الماء في المدينة هو 450 لترا في اليوم[1]. وتستهلك الصناعة كميات كبيرة من المياه اذ ان انتاج طن من الحديد الصلب يحتاج إلى 390,000 لتر من الماء[1]. ويحتاج المزارع إلى 3,500 لتر لانتاج قمح يكفي لعمل رغيف واحد من الخبز.

جدول 1 ــ 2 : كمية المياه المستعملة في الزراعة في بعض الدول الخليجية

البلد	المساحة المروية (هكتار)	كمية المياه المستهلكة (مليون متر مكعب سنويا)
البحرين	3,700	166
الكويت	3,135	940
عمان	36,000	540
قطر	1,460	44
السعودية	178,000	13,500
الامارات	4,000	331

المصدر : هيئة الأمم المتحدة، الكتاب السنوي لمنظمة الأغذية الزراعية مجلد 48 ــ 1، 1974 م.

ثانيا ــ نوعية ومصادر المياه الجوفية :

تتكون المياه الجوفية كما ذكر سابقا بما يترسب من المياه الموجودة على سطح الأرض من مياه أنهار أو بحيرات أو بحار أو بما يسقط من أمطار، وللمياه الجوفية أهمية كبيرة في كثير من المناطق، اذ ان 50 مليون نسمة في أمريكا يعتمدون على مياه الآبار وتعتمد كذلك كثير من المدن في هولندا والمانيا على الآبار لمد السكان بما يحتاجون من مياه[1]، وعادة ما تكون المياه الجوفية الموجودة في التربة المتكونة من رواسب طينية ورمال أحسن من مياه الآبار العميقة، وتسمى المياه المضغوطة تحت تكوينات صخرية غير نافذة بالمياه الارتوازية نسبة لمقاطعة ارتوا بفرنسا، ويكون مستوى هذه المياه منخفض عن مستوى مصادرها. وتتراوح سرعة سريان المياه الجوفية بين عدة ميليمترات في الساعة إلى بضعة سنتمترات في السنة.

وتوجد المياه الجوفية مخزونة في أنواع من الخزانات الجوفية أهمها :

1 ــ الخزان الحر :
ويوجد الماء بداخله دون ان تعلوه طبقة صماء غير نافذة

2 ــ الخزان الجوفي المحصور :
وفيه تنحصر الطبقة الحاملة للمياه بين طبقتين غير نافذتين.

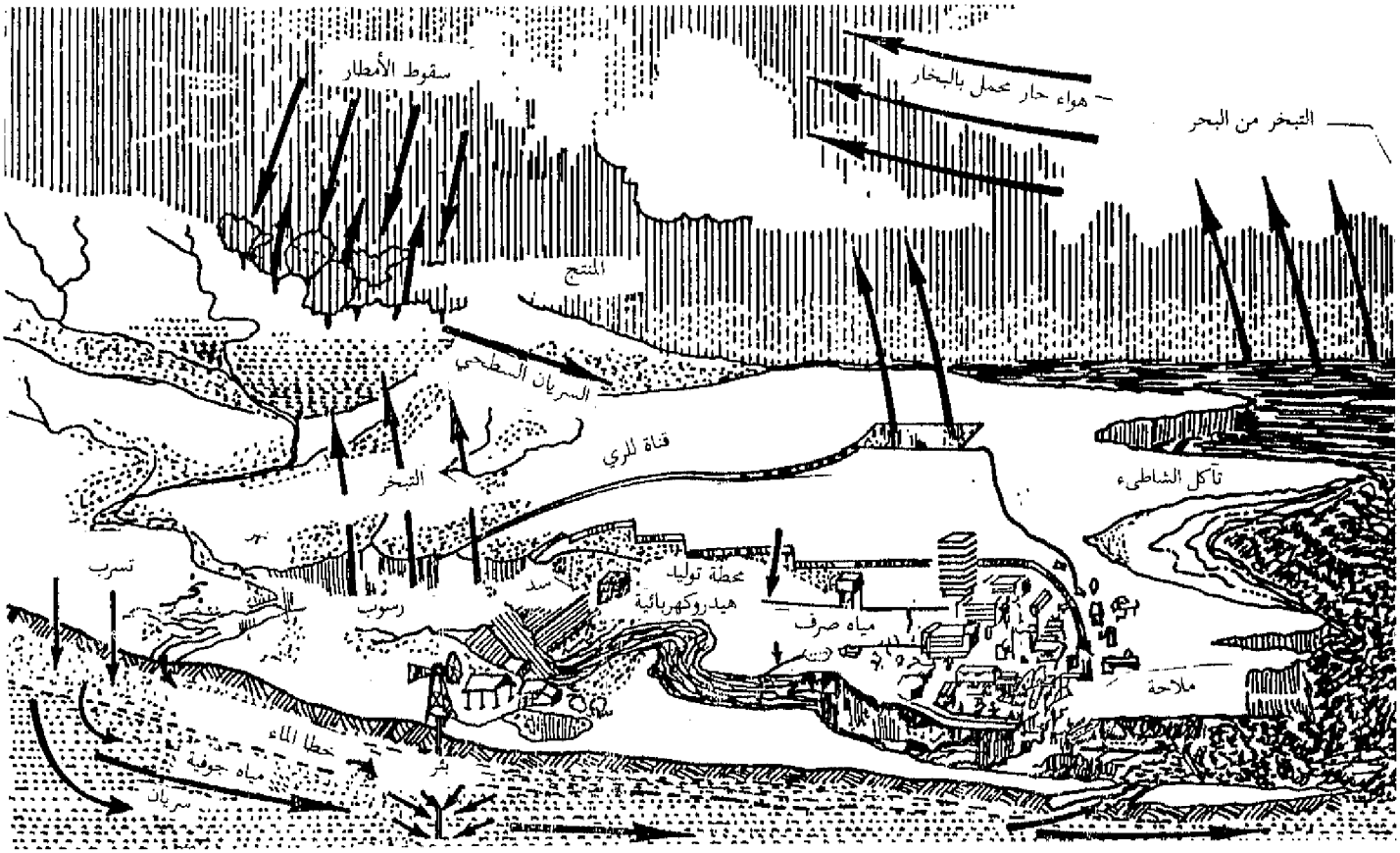
3 ــ الخزان الجوفي شبه المحصور :
وتكون الطبقة العليا فيه طينية ضعيفة النفاذية وتعلوها طبقة من الرمل والحجارة.

وتتلخص طرق الاستفادة من المياه الجوفية بالتالية :

1 ــ العيون
2 ــ الآبار السطحية
3 ــ الآبار العميقة
4 ــ الآبار الارتوازية.

ومتوسط منسوب المياه في الآبار السطحية حوالي 6 امتار تحت سطح الأرض وتوجد مياهها في الطبقات المسامية، وتتراوح أعماق الآبار العميقة بين 30 إلى 500 مترا، وتستخدم الأنابيب الطويلة لاستخراج مياه هذه الآبار.

ان زيادة نسبة الأملاح في المياه الجوفية يشكل ضررا بالتربة والمحاصيل الزراعية، ويبين الجدول رقم 2 ــ 1 مدى صلاحية المياه الجوفية لاغراض الري. ومما يجب الاشارة إليه ان عمليات الري الكبيرة في المناطق الزراعية تسبب تركيز الاملاح في المياه الجوفية، لأن كمية كبيرة من المياه النقية تتبخر عند كل رية ويتسرب إلى جوف الأرض مياه ذات ملوحة أكبر من تلك التي بدأت بها عملية الري. وقد بدأت ظواهر خطيرة من هذا النوع في منطقة القصيم[4]، وذلك منذ أول دراسة مائية أجرتها شركة بارسون بازل Parson-Basil للمنطقة عام 1966 م، اذ تبين من تلك الدراسة زيادة ملوحة مياه وادي الرمة نتيجة لتسرب مياه الري، ومع ازدياد عمليات الري واتساع الأراضي الزراعية في المنطقة فانه يخشى ان تزيد هذه الملوحة وان تفقد أراضي المنطقة خصوبتها.



شكل 1 ــ 1 : دورة الماء في الطبيعة

جدول 2 ــ 1 : مدى صلاحية المياه الجوفية للري

مجموعة الأملاح الذائبة (جزء في المليون)	مدى الصلاحية
أقل من 320	صالحة لجميع أنواع الأراضي والمحاصيل
320 ــ 640	صالحة للري مع وجوب الاكثار من كمية المياه في كل رية
640 ــ 1280	يمكن استعمالها في الأراضي الجيدة الصرف مع اختيار نباتات تتحمل الملوحة
1280 ــ 1920	يجوز استعمالها مع النباتات التي تتحمل هذه الملوحة كالتين والزيتون
1920 ــ 2520	لا تستعمل الا للضرورة القصوى
أكثر من 2560	لا يسمح باستعمالها لأغراض الري.

المصدر : نزيه أسعد «هندسة الري» ج 1 ط 2 دار الكتب المصرية 1977 م.

وتعتبر منطقة القصيم من أهم المناطق الزراعية في المملكة العربية السعودية وتتمتع بخواص زراعية جيدة كما هو واضح من جدول رقم 2 ــ 3، وفي المنطقة مخزون وافر من المياه الجوفية، ومما هو معلوم فان للمياه الجوفية أهمية عظيمة بالنسبة للزراعة بشكل خاص، وتشكل الحجارة الرملية الكلسية تكوينات المصادر الرئيسية للمياه الجوفية، وفي الجدول رقم 2 ــ 3 مقارنة بين كميات المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية وبعض دول الخليج العربي، ونظرا لأهمية منطقة القصيم فسوف نعرض لخواص ونوعية المياه الجوفية فيها ونتخذها مثالا لهذا الموضوع.

جدول 2 ــ 3 : كميات المياه الجوفية
في المملكة العربية السعودية وبعض دول الخليج العربي

البلد	الكمية (متر مكعب)	النوعية (ملغم لكل لتر)
الكويت		
ــ منطقة الروضتين	130	1300 ــ 300
عمان	650 مليون	500
قطر	50 مليون	2000 ــ 500
السعودية		
ــ الجزء الشرقي	1,723 مليون	820 ــ 350
ــ الوجيد	100 مليون	829 ــ 350
ــ المنجور	460 مليون	ــ

المصدر : هيئة الامم المتحدة، المجلس الاقتصادي الاجتماعي، الاجتماعي الاقليمي الثاني المعني بالمياه 30 ديسمبر 1979 م الرياض.

وتمتد منطقة القصيم نحو 250 كليومترا من الشمال إلى الجنوب و300 كليومترا من الشرق إلى الغرب، وترتفع حوالي 550 إلى 700 متر من سطح البحر ويقدر سكانها بنحو 190,000، ويعتمدون إلى حد بعيد على الزراعة والانتاج الحيواني.

وتوجد المياه الجوفية في القصيم في مختلف التكوينات، فتوجد في الطمى الضحل غير المحصور وتوجد تحت ضغط مرتفع في الأوضاع الارتوازية في الطبقة الحاملة للمياه المكونة من الحجر الرملي في تكوين الساق، ويشكل مخزون الساق الرملي مصدرا رئيسيا للمياه في القصيم، ويبين الجدول رقم 2 ــ 4 نوعية مياه مخزون الساق في كل من الرس في رياض الخبراء وعنيزه والأسياح. حيث يظهر ان نوعية وخواص مخزون الساق في الثلاث المناطق الأولى متقارب. وتختلف مياه منطقة الأسياح بارتفاع درجة الحرارة ووجود كميات كبيرة من الحديد والماغنسيوم ومركبات السياكا، وانخفاض في تركيز المركبات الكبريتية. وعلى وجه العموم فان مياه الساق تعتبر مياه (عسرة) ذات ملوحة متوسطة ــ أقل من 1750 جزء في المليون. والماء العسر أو القاسي هو الذي يحتوي على أملاح الكالسيوم والماغنسيوم، ومن دلائل هذا الماء انه لا يعطي رغوة مع الصابون والمنظفات الصناعية.

ولهذه الأملاح تأثيرات مختلفة اذ تعطي كبريتات الماغنسيوم طعما مرا للماء، ويجعل الحديد طعم الماء غير مستساغ، اما كربونات الكالسيوم فليس لها أي تأثير فيسيولوجي، وكذلك الكربونات والكبريتات والكلوريدات القلوية اذا ما وجدت بنسب متوسطة، ومن مواصفات الماء الصالح للشرب الا تزيد نسبة الأملاح فيه عن 500 جزء في المليون، ويبين الجدول رقم 2 ــ 5 مواصفات هذا الماء ونسب الأملاح المختلفة فيه.

ومن أهم الصفات العامة التي يجب توفرها في مياه الشرب ما يلي :

1 ــ يجب الا تتجاوز نسبة وجود المواد العضوية فيه عن 2 ملغم في اللتر.

2 ــ يجب الا تتجاوز نسبة وجود المواد العضوية فيه عن 2 ملغم في اللتر.

3 ــ تركيز الكلور يجب ان يكون قليلا جدا، وان يزال من الماء بعد استخدامه.

4 ــ يجب ان تتراوح نسبة الفلور فيه من 0,5 إلى 1,5 ملغم في اللتر.

ثالثا ــ طرق تحسين نوعية المياه الجوفية :

ان معظم المياه الطبيعية تحتاج إلى تحسين وتهذيب، ويجب التفريق بين طرق المعالجة لتغيير الصفات الطبيعية (الفيزيائية) وطرق التنقية والتعقيم والتحلية لتغيير صفات الماء الكيميائية، اذ ان معالجة الصفات الطبيعية للماء تقتصر على ازالة الروائح الكريهة للمياه، مثل معالجة طعم الماء ولونه، وذلك بالحرارة أو باستخدام المواد الكيميائية مثل الاوزون أو الكلور أو البروم أو برمنغنات البوتاسيوم.

وتتلخص أغراض تنقية المياه بالتالي :

1 ــ التخلص من المواد العالقة : بالترسيب والترشيح، سواء الترسيب الطبيعي أو الترسيب الكيميائي باستخدام كبريتات الالومنيوم أو كبريتات الحديد أو كلور الحديد أو سيليكات الصوديوم أو اكسيد الكالسيوم.

2 ــ التخلص من الايونات الموجودة مثل ايونات الحديد والمنغنيز والفسفور.

جدول رقم 2 ــ 2 مصادر المياه والأراضي عموما، بناء على نتائج الدراسات المائية والزراعية

	الوحدة	المنطقة الأولى (التصميم)	الثانية غير	الثالثة المنطقة الشرقية	الرابعة الرياض	الخامسة البحر الأحمر	السادسة ساحل المجموع	
1	المساحة	ألف كم^2 370	100	122	382	105	212	1381
2	سقوط المطر : العمق	م 40	100	50	90	110	200	90
	الحجم	ألف مليون متر مكعب 148	110	61	326	116	424	1200
3	رطوبة التربة							
4	مياه السهول	مليون متر مكعب 120	75	302	كمية لا تذكر	300	1810 2400	(%0,2)
5	التسرب : الحالي المباشر	مليون متر مكعب قليل	9	313	قليل	110	13 700	(% 0,06)
	الحالي غير المباشر	مليون متر مكعب قليل	101	313	قليل	110	150 700	(% 0,06)
	القابل البحث	مليون متر مكعب غير معروف	لا شيء	150	لا شيء	قليل	كثير غير مؤكد	
6	مخزون المياه الجوفية	مليون متر مكعب 30,000	50,000	10,000	واسع	40,000	163	واسع
7	استخراج المياه الجوفية	مليون متر مكعب 211	5	313	850	303	290	2000
8	إمكانية المياه الجوفية :							
	من الاستعاضة	مليون متر مكعب لا شيء	125	150	لا شيء	قليلة	475	235
	من المخزون	مليون متر مكعب 200	375	لا شيء	600	400	475	1700
9	إمكانية المياه السطحية	مليون متر مكعب لا شيء	لا شيء	قليلة جدا	لا شيء	لا شي	475	400
10	الأراضي المزروعة	ألف هكتار 22	108		20	21	192	363
11	الأراضي التي يمكن أن تكون صالحة للزراعة	ألف هكتار 117	909		2962	44	212	4244

المصدر : سبع سنابل خضراء وزارة الزراعة والمياه، السعودية 1974 م.

3 ــ التخلص من الغازات الذائبة مثل أول اكسيد الكربون وغاز كبيرتيد الهدروجين، وذلك بمرور فقاعات هوائية من أسفل الماء أو بانخفاض الضغط أو غير ذلك من الوسائل الأخرى.

4 ــ التخلص من المواد الكيميائية كليا أو جزئيا.

5 ــ تطهير الماء من الجراثيم اما باستخدام المواد الكيميائية مثل الكلور أو الاوزون لازالة الفيروسات والاميبيا أو الكلوروامين NH2Cl أو برمنغنات البوتاسيوم KMnO4 أو بالطرق الطبيعية كالحرارة أو استخدام الأشعة الفوق البنفسجية.

وقبل ان نبين الطرق المختلفة المستخدمة لتقنية المياه نذكر بايجاز أهم الملوثات المائية وأنواعها، وهي التي تنقسم إلى ثلاثة أنواع ملوثات فيزيائية، وملوثات كيميائية، وملوثات بيولوجية.

فالملوثات الفيزيائية (الطبيعية) هي كل ما يضاف إلى الماء من الطبيعة ويمكن ازالته بطرق معالجة الصفات الطبيعية للماء المذكورة سابقا، وتسبب هذه الملوثات في تغيير طعم ولون ورائحة الماء، وتتكون هذه الملوثات من تخلف وترسب المواد العالقة في الماء.

اما الملوثات الكيميائية فانها اما ان تكون عضوية الأصل أو غير عضوية، ومن أمثلة الملوثات غير العضوية الحديد والمنجنيز والخارصين والنحاس والكالسيوم والماغنسيوم، ويجب

ان يكون تركيز هذه المواد عند حد معين يعتمد على التركيز المسموح لهذه المواد حسب نوعية استعمال الماء للاغراض المختلفة. وللملوثات الكيميائية العضوية أنواع مختلفة أهمها الفينولات ومشتقاتها ومخلفات المبيدات الحشرية والمنظفات الصناعية والمركبات العضوية الأخرى القابلة للتكسر البيولوجي.

وتعتبر البكتريا والفيروسات وافرازات الكائنات الدقيقة الحيوانية أو النباتية هي أهم أنواع الملوثات البيولوجية، وتسبب هذه الملوثات الأمراض والتسمم في بعض الأحيان.

وبمعرفة أنواع الملوثات المختلفة يمكن تصنيف طرق معالجة وتحسين صفات ونوعية المياه إلى نوعين أساسيين هما :

أولا ــ الطرق المستخدمة لازالة المواد العالقة :

أ ــ الترسيب Settling

ب ــ التعويم Floatation

ج ــ الترشيح Filtration

د ــ الفصل باستخدام قوة الطرد المركزي Centrifugal Force

ثانيا ــ الطرق المستخدمة لازالة المواد الذائبة :

1 ــ فصل الماء عن الأملاح مع تغيير حالة المادة

1ــأ بتبخير الماء : وذلك بالطرق التالية :

التبخير متعدد المراحل Multiple Effect Evaporation

التبخير الومضي متعدد المراحل Multistage Flash Evaporation

التبخير مع ضغط البخار Vapor Comprasion Evaporation

التقطير بالطاقة الشمسية Solar Distillation

1ــب بتجميد الماء : وذلك بطرقة الفصل بالتجميد Freeze Separatin

2 ــ فصل الماء عن الأملاح دون تغيير حالة المادة.

ويتم ذلك باستخدام الأغشية Membranes وبطريقة التناضح العكسي Reverse Osmosis.

جدول 3ــ4 : مواصفات مياه خزان الساق في بعض مدن القصيم

Parameter	Unit	Al-Rass	Riyadh Al-Khadra	Unayzah	Al-Asiyah
Temperature	oC	35	35	53	60
Ec	u S/cm	2100	2100	2000	2400
TDS	mg/l	1750	1750	1500	1750
pH	units	7.2-7.6	7.3-7.7	7.2-7.6	6.8-7.2
SiO2	mg/l	16	16	16	35
Turbidity	—	clear	clear	clear	clear
Oder	—	none	none	none	H2S
Ca	mg/l	220	200	150	180
Mg	mg/l	30	35	40	50
Tot. hardness CO3	mg/l Ca	670	640	530	630
Na + K	mg/l	350	380	200	380
Fe	mg/l	0.4	0.5	0.5	5
Mn	mg/l	0.2	0.2	0.2	1
NH4	mg/l	2	2	0.2	2
HCO3	mg/l	120	90	175	190
CO3	mg/l	0	0	0	0
SO4	mg/l	540	440	400	200
Cl	mg/l	440	540	300	750
F	mg/l	1.2	1.0	0.6	0.6
NO3	mg/l	50	80	35	10
NO2	mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1
PO4	mg/l	0.4	0.3	0.3	1.5
O2	mg/l	0	0	0	0
CO2	mg/l	10	6	15	15-20
H2S	mg/l	0	0	0	0.4
Total coliforms	(100 ml)	0	0	0	0

Source: P.J. de Moel, et al, Second Word Congress on Desalination and Water Resuse, Bermuda, 1985.

ثالثا ــ فصل الأملاح عن الماء :

أ ــ بامرار الأيونات خلال أغشية الفرز الكهربائية Electrodialysis

ب ــ باستخدام الحواص الانتقالية للايونات وبطريقتي :

التبادل الأيوني Ion Exchange

الاستخلاص بالمذيبات Solvent Extraction

ويبين الشكل 3 ــ 1 امكانية استخدام كل طريقة من الطرق السابقة وحدود فعاليتها بالنسبة للاحجام المختلفة من المواد المذابة في الماء، وكذلك العوامل المؤثرة على عملية الفصل. ومن هذا الشكل

جدول 3 ــ 5 : مواصفات الماء الصالح للشرب

المواد	الحد المطلوب ملغم/لتر	أعلى حد مسموح ملغم/لتر
المواد الصلبة TDS	500	1500
الحديد	0,1	1,0
النحاس	0,05	1,5
المنجنيز	0,05	0,5
الخارصين	5,0	15,0
الكالسيوم	75	200
الماغنسيوم	30	150
الكبريتات	200	400
الكلوريدات	200	600
الاس الهدروجيني	8,5–5	9,2–6,5
الفينولات	0,01	0,002
مجموع المواد المسببة للعسر (كربونات كالسيوم)	100	500
بكتيريا	اقل من 1 في 100 مل	

Source : Water Treatment Handbook, Fifth Ed, John Wiley, NY, 1979.

يتضح ان طريقة التناضح العكسي Reserve Osmosis هي احدى طرق تنقية وتحلية المياه، وتستخدم لفصل الأملاح دون تغيير في حالة الماء الفيزيائية (الطبيعية)، وذلك باستخدام الأغشية شبه النفاذة Semi-membrane التي تسمح بمرور الماء من خلالها، وتلاقي هذه الطريقة اقبالا عالميا متزايدا، اذ ان نسبة 23% من محطات التحلية الموجودة في العالم وعددها 4600 تستخدم هذه الطريقة كما هو موضح في جدول 3 ــ 1 التالي :

جدول 3 ــ 1 : سوق تحلية المياه العالمي لعام 1985 م

عدد المحطات الاجمالي	4600
السعة الكلية	2621 مليون جالون في اليوم
	9,92 مليون متر مكعب في اليوم
معدل النمو من 80–1984 م	7 %
نسبة المحطات المستخدمة التبخير الومضي	76,6 %
نسبة المحطات المستخدمة التناضح العكسي	23,0 %
توزيع المحطات حسب المناطق الجغرافية :	
شبه الجزيرة العربية	60 %
الولايات المتحدة الامريكية	17 %
ليبيا	5,4 %
ايران	3,1 %
الاتحاد السوفيتي	2,5 %

تمثل المملكة العربية السعودية نسبة 50 % من سعة المحطات العالمية الكلية.

المصدر : International Desalination Association, Desalting

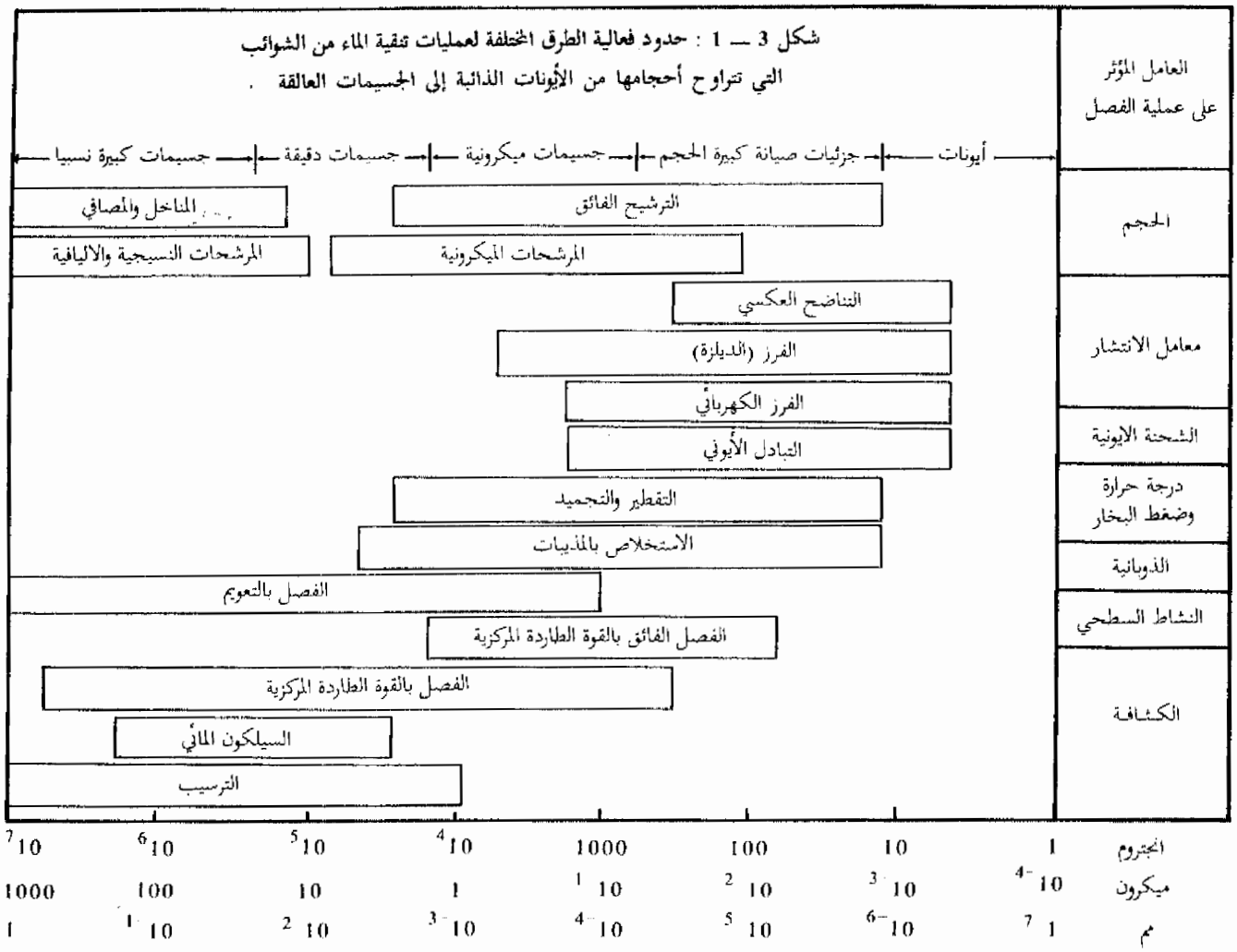
ويمكن فهم ظاهرة التناضح العكسي Osmosis عند وضع ماء ذو تركيز ملحي مخفف وآخر به املاح مركزة في اناء ويفصل بينهما غشاء شبه نفاذ، أي منفذ للماء فقط دون الأملاح، كما في شكل 3 ــ 2.

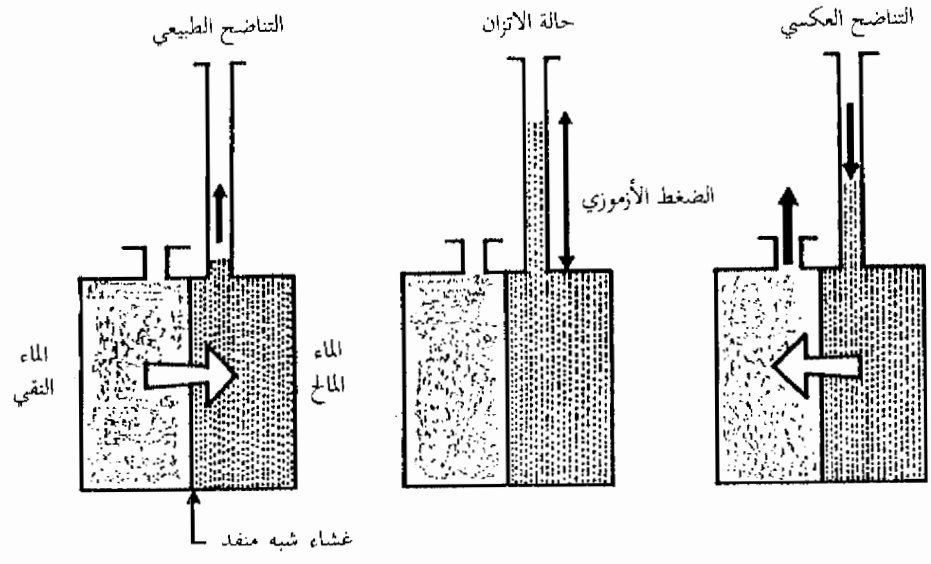
ان اختلاف التركيز في المحلولين يشكل قوة دافعة الانتقال أحد مكوناتها نحو الآخر، للوصول إلى حالة الاتزان الطبيعية، حالة تساوي تركيز الاملاح في جانبي الاناء. لذا فان الماء ينتقل من الماء ذو التركيز الأقل إلى جهة المحول المركز لتخفيفه. ويلاحظ بذلك ارتفاع في عمود الماء في تلك الجهة. وعند حالة الاتزان يعبر عمود الماء هذا عن ضغط التناضح Osmotic Pressure.

ولكن ماذا يحدث لو بدأنا بنفس المحلولين السابقين وضغطنا على المحلول المركز بضغط يساوي ضغط التناضح ؟ في الواقع لن يحصل أي انتقال للمادة ولن يتغير تركيز الاملاح في كلتا الجهتين، لأن هذا الضغط الذي وضع على المحلول المركز يلغي ضغط التناضح، ولذا فلن تكون هناك قوة دافعة نحو انتقال المادة.

ومع زيادة الضغط على المحلول المركز تنشأ قوة دافعة أخرى لانتقال الماء منه نحو الجهة ذات التركيز المخفف، وتزيد كمية انتقال الماء

شكل 3 ــ 1 : حدود فعالية الطرق المختلفة لعمليات تنقية الماء من الشوائب التي تتراوح أحجامها من الأيونات الذائبة إلى الجسيمات العالقة .





شكل 3 ــ 2 : أساس ظاهرة التناضح العكسي

كلما زاد الضغط، وكما نلاحظ ان هذه العملية هي عكس ما يحدث طبيعيا أو تلقائيا عند تلاقي هذين المحلولين، ولذا فانها تسمى بالتناضح العكسي Reserve Osmosis.

ان محطات التحلية المستخدمة لطريقة التناضح العكسي غالبا ما تحتوي على مضخات لضغط الماء المراد تحليته (تنقيته)، ووحدة التناضح العكسي التي يفصل فيها الماء النقي المنتج Product Water عن المحلول المركز المالح Brine ثم وحدات لاعادة الطاقة المبذولة لرفع ضغط الماء. ولوحدات التناضح العكسي أنواع كثيرة أهمها، النوع الأنبوبي Tubular RO Device والأغشية ذات اللف الحلزوني Spiral Wound والألياف الزجاجية الدقيقة المجوفة Hollow Fine Fibre Permeator.

وأهم العوامل التي تؤثر على عملية فصل الماء من الأملاح في وحدة التناضح العكسي هي :

1 ـــ مدى ارتفاع ضغط الماء الداخل لوحدة التنقية، ولنرمز له بـ Dp.

2 ـــ مقدار الضغط الازموزي، Dsp الناتج من وجود المحاليل مختلفة التركيز.

3 ـــ مساحة الغشاء الفاصل بين جزئي وحدة التنقية، A.

4 ـــ سمك هذا الغشاء، t.

وتؤثر هذه العوامل على كمية الماء النقي المنتجة طبقا للمعادلة التالية :

$$Q = Kw (Dp - Dsp) A/t$$

حيث ان Q هي كمية الماء المنتج

Kw هو عامل نفاذية الغشاء

ويعطي حاصل قسمة كمية الماء المنتجة على كمية الماء الكلية نسبة التحويل أو الاسترجاع في وحدة التناضح العكسي Conversion or Recovery of Ro Plant وهذه النسبة غالبا ما تتراوح بين 0,40 و0,70 ويمكن رفعها إلى 0,90 أو أعلى بالقيام بعمليات معالجة تحضيرية لوحدة التناضح العكسي، وعمليات أخرى لاحقة.

وكما ذكر سابقا ان المياه الجوفية تحتوي على بعض الملوثات الهوائية الذائبة، وتحمل معها المعادن المختلفة كالسيليكا والكالسيوم والمغنسيوم والحديد في أثناء انتقالها من سطح الأرض إلى جوفه عبر الطبقات المختلفة من التربة. وعادة ما تكون هذه المعادن في شكل أيونات، كما ان هذه المياه قد تحتوي على بعض الجسيمات العالقة والبكتريا. لذا فان الهدف الأساسي من عمليات المعالجة التحضيرية للماء هو المحافظة على بقاء الأغشية سليمة مدة طويلة ورفع قدرتها بازالة هذه المواد العالقة والبكتريا والمواد سريعة الترسب ككبريتات وكربونات الكالسيوم، والمواد ذات الصفات الغروية Colloidal Matter وغالبا ما تزال هذه المواد بالترشيح باستخدام المرشحات المختلفة Mechanical Filter, Pressure Filter, Cartridge filters,.. etc وكما يجب أيضا ازالة أيونات الحديد Iron Ions: Ferrous Fe^{++}, or Ferric Fe^{+++} لامكانية ترسبها على أغشية الفصل، ويتم ذلك باكسدتها بالهواء أو الكلور أو ببرمنغنات البوتاسيوم ومن ثم ترشيحها لاتمام عملية الفصل، وكذلك في هذه المرحلة يتم ازالة المواد العضوية المختلفة والبكتريا.

اما وحدة التناضح العكسي فهي تتكون من مضخة الضغط المرتفع، والأغشية ثم أجهزة التحكم والتوزيع. ويكثر استعمال مضخة Centrifugal Pump ومضخة Positive Displacement Pump ويتراوح الضغط المطلوب من 250 إلى 1000 باوند للبوصة المربعة. وتستعمل أغشية Cellulose Acetate, CA & Poly Amide, Pa بكثرة، وتمتاز أغشية PA بان لها مقاومة للبكتريا ولكنها أقل من CA مقاومة للكلور.

وقبل ضخ الماء المنقى للاستعمال يمر بعمليات معالجة لاحقة Post-Treatment وهدفها الأساسي تعديل نوعية الماء وفقا للاستعمال المطلوب، كضبط الاس الهدروجيني pH Adjustment وتطهير الماء. وتختلف قيمة الاس الهدروجيني تبعا للاستخدامات المختلفة للماء، فالمدى المطلوب لمياه الشرب هو ما بين 6,5 إلى 8,5. وتحتاج مياه الري إلى قيم أقل من الاس الهدروجيني بينما يجب رفعه إلى ما فوق الثمانية للاستعمالات الصناعية. وعادة ما تكون قيمة الاس الهدروجيني بين 5 إلى 6,5، وذلك لاستخدام أحماض مختلفة في عمليات معالجة الماء الاولية التحضيرية.

رابعا ـــ الخاتمة :

تعتبر المياه الجوفية كما لا حظنا مصدرا هاما من المصادر المائية الرئيسية في كثير من الدول، وعليها تقوم الزراعة وتسقى الأراضي

الزراعية، بل ان كساد الأرض وخصوبتها يعول على توفر هذه المياه ويسر استخدامها.

وعدم العناية بنوعية المياه الجوفية المستخدمة للري قد يؤدي إلى تدهور خصوبة التربة. فلذا يجب عمل الدراسات المطلوبة للكشف عن المياه الجوفية وحالة تواجدها ونوعية مياهها وعمل الطرق الكفيلة بتحسينها. ان نوعية كثير من خزانات المياه الجوفية غير صالحة للاستعمال المباشر سواء للري أو للشرب فتحتاج إلى عمليات تحسين وتنقية، وتعتبر طريقة التناضح العكسي Reserve Osmosis أنسب الطرق المستخدمة في تحلية المياه وتنقيتها، وأسهلها صيانة وتشغيلا وأرخصها تكلفة كما وأنها موجودة في أحجام مختلفة وصالحة للاستعمال المنزلي والصناعي والزراعي، وأقل طرق التحلية استهلاكا للطاقة وتنتج مياه نقية حسب الاستعمال المطلوب.

ولقد لاحظنا أيضا ان الزراعة تستهلك كميات كبيرة من المياه، فيجب أن تتخذ التدابير اللازمة لترشيد استهلاك المحاصيل الزراعية للمياه، والعناية بالشبكات الزراعية مع عمل ما يزلم لزيادة كفاءة وسائل الري، وترشيد الاستهلاك الفردي في المدن والقرى، وتشجيع الصناعات التي تستهلك كمية قليلة من الماء أو التي تعيد استعماله، محافظة على الماء وحفظا للمخزون الأرضي من التلوث.

المراجع :

1 — محمود فوزي عبد العزيز «القدرة المائية في خدمة الانسان» الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، مصر، 1971 م.

2 — أحمد عيدان «فحوص ومعالجة المياه المخصصة للصناعة»...

3 — فاطمة العبد الرزاق «المياه والسكان في الكويت» منشورات ذات السلاسل الكويت، 1974 م.

4 — Al-Zahrani, H.A., «Ground water Quality Variations in Wadi Ar-Rima Area (Al-Qasim), M.S. Thesis, Faculty of Earth Science, King Abdul Aziz University, Jeddah, 1982.

5 — نزيه أسعد يونان «هندسة الري» الجزء الأول، الطبعة الثانية، مصر 1977 م.

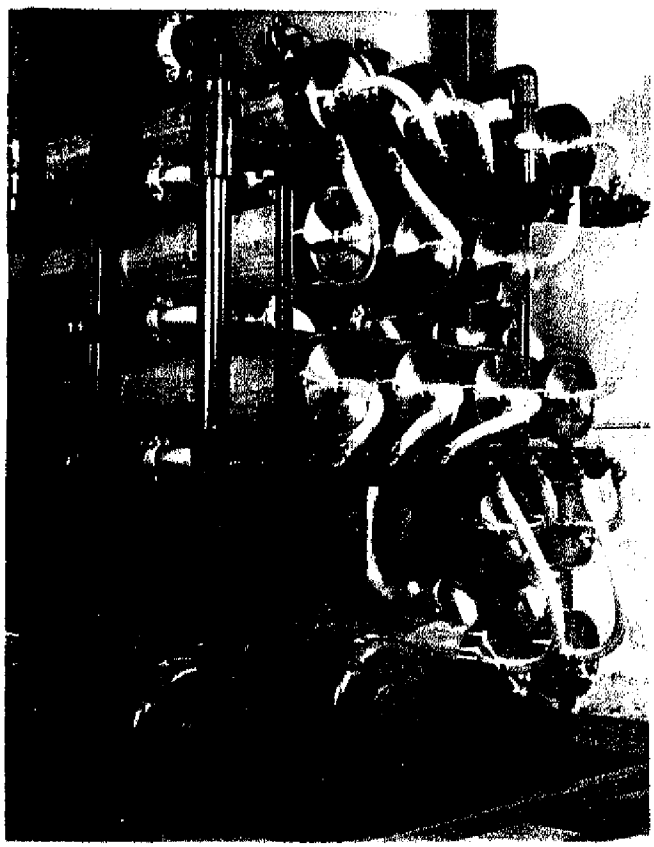
6 — محمد مصطفى ومحمود وصفي «هندسة البلديات : مياه الشرب» الهيئة العامة لشؤون المطابع الأميرية، أسيوط، 1964 م.

7 — سبع سنابل خطراء، وزارة الزراعة والمياه، السعودية، 1974 م.

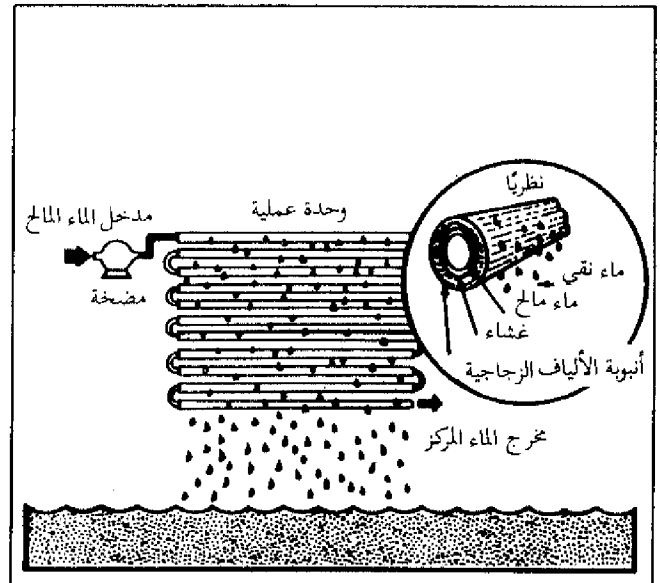
8 — هيئة الأمم المتحدة، الكتاب السنوي لمنظمة الأغذية الزراعية مجلد 48–1، 1974 م.

9 — هيئة الأمم المتحدة، المجلس الاقتصادي الاجتماعي، الاجتماع الاقليمي الثاني المعني بالمياه 30 ديسمبر 1979 م الرياض.

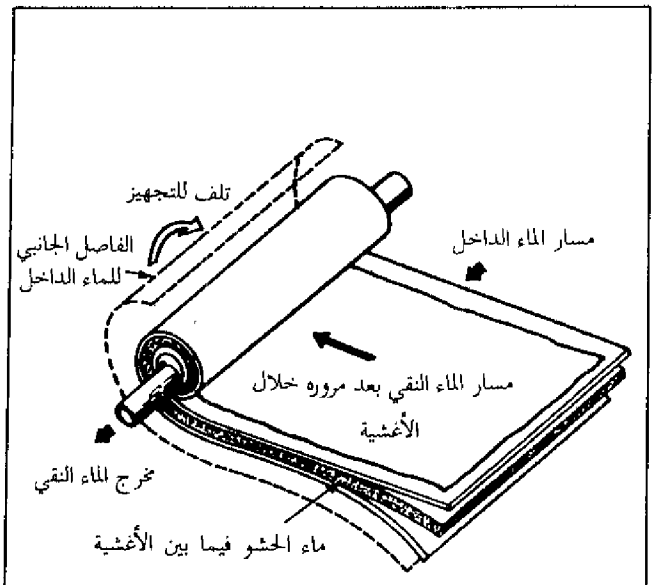
10 — Water Treatment Handbook, 5th Ed, john Wiley, NY, 1979.



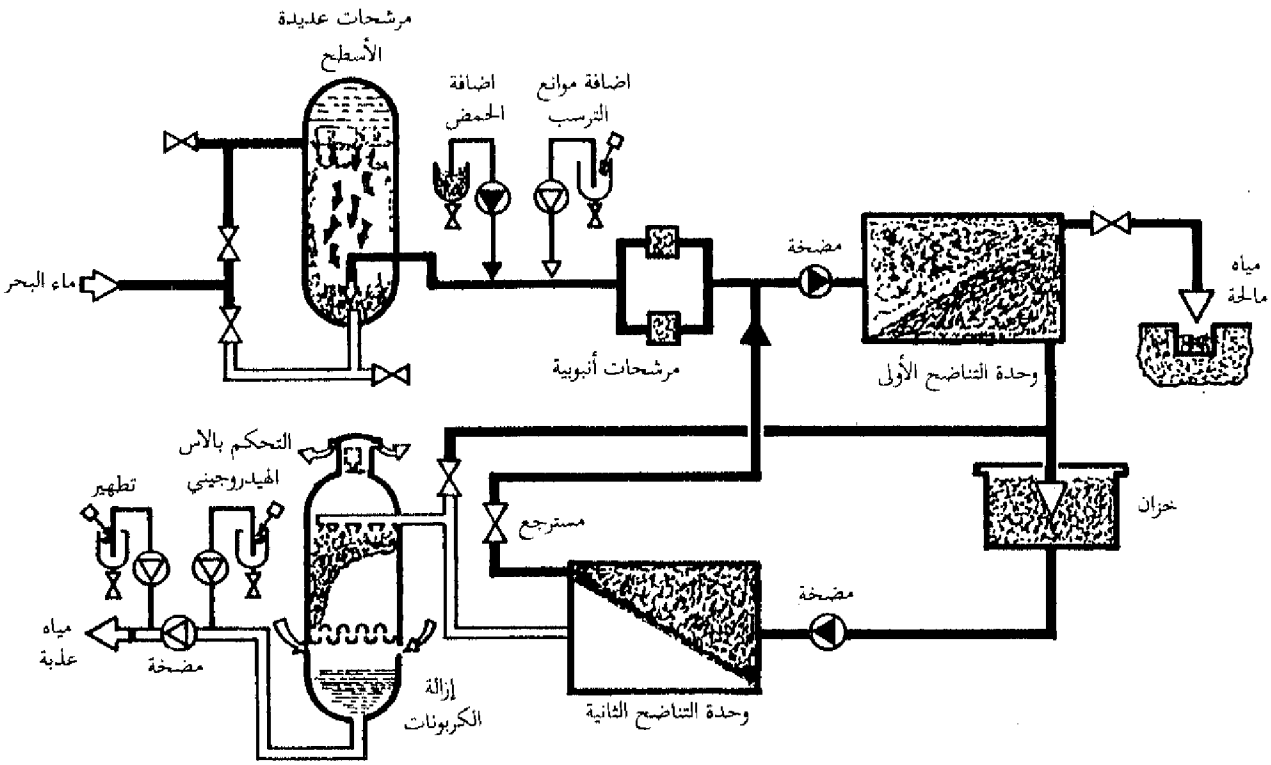
صورة جانبية لمحطة تحلية المياه بالتناضح العكسي



شكل 3 ــ 3 : وحدة التناضح العكسي الأنبوبية



شكل 3 ــ 4 : وحدة التناضح العكسي ذات اللف الحلزوني



شكل 3 ــ 6 : شكل توضيحي لمحطة تحلية بطريقة التناضح العكسي

ARAB JOURNAL FOR SCIENCE

A scientific Periodical Issued Twice a Year

N° 12 — December 1988

SCIENCE DEPARTMENT

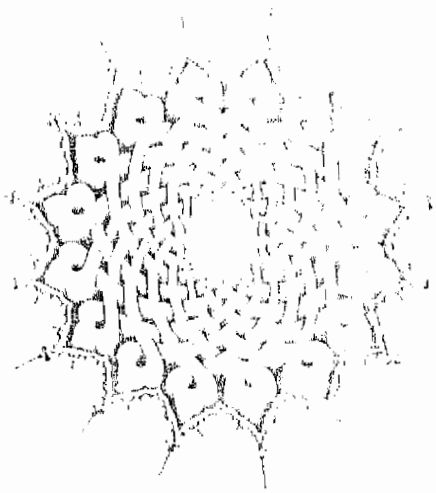
ARAB LEAGUE
EDUCATIONAL
CULTURAL
AND SCIENTIFIC
ORGANIZATION

Director
Dr. Ahmed Haj Said

Chief Editor
Mohamed Mahmoud Al Rifai

Secretary
Ahmed Charfi

Art Advisor
Edward Lahoud



adress P.O.B 1120 RP — Tunis
Tel. 784 466 — Telex 13825 TN

Advisory Board

Dr. Idris Ben Sary
Dr. Osama Al Kholy
Dr. Ahmed Abdelrahman Al Akib
Dr. Albert Butros
Dr. Rida Obeid
Dr. Zakariya Ben Mostafa
Dr. Ziad Qotb
Dr. Abdulla Watheq Shaheed
Dr. Ali Ben Al Ashhar
Dr. Mohyeddine Abbas.

ع / 1988 / 12 / 004

المجلة العربية للعلوم

مجلة علمية نصف سنوية
جمادى الأولى 1409 هـ ـ ديسمبر 1988
ادارة العلوم

المنظمة
العربية
للتربية
والثقافة
والعلوم

الهيئة الاستشارية

الأستاذ الدكتور ادريس بن صاري
مدير مركز تخطيط البحث العلمي والتقني . الرباط

الأستاذ الدكتور أسامة الخولي
مستشار أول معهد الكويت للأبحاث العلمية

الأستاذ الدكتور أحمد عبدالرحمن العاقب
أستاذ . بجامعة الخليج بالبحرين

الأستاذ الدكتور البرت البطرس
أستاذ بالجامعة الأردنية . عمّان

الأستاذ الدكتور رضا عبيد
رئيس جامعة الملك عبد العزيز . جدّة

الأستاذ الدكتور زكرياء بن مصطفى

الأستاذ الدكتور زياد القطب
أستاذ . بجامعة دمشق .

الأستاذ الدكتور عبدالله واثق شهيد
مدير عام . مركز الدراسات والبحوث العلمية . دمشق

الأستاذ الدكتور علي بن الأشهب
مدير عام معهد الانماء العربي . طرابلس

الأستاذ الدكتور محيي الدين عباس
نائب رئيس الجامعة المستنصرية . بغداد

رئيس التحرير
محمد محمود الرفاعي
سكرتير التحرير
احمد الشرفي
المستشار الفني
ادوارد نحود

العنوان : ص. ب. 1120 القباضة الاصلية ـ تونس