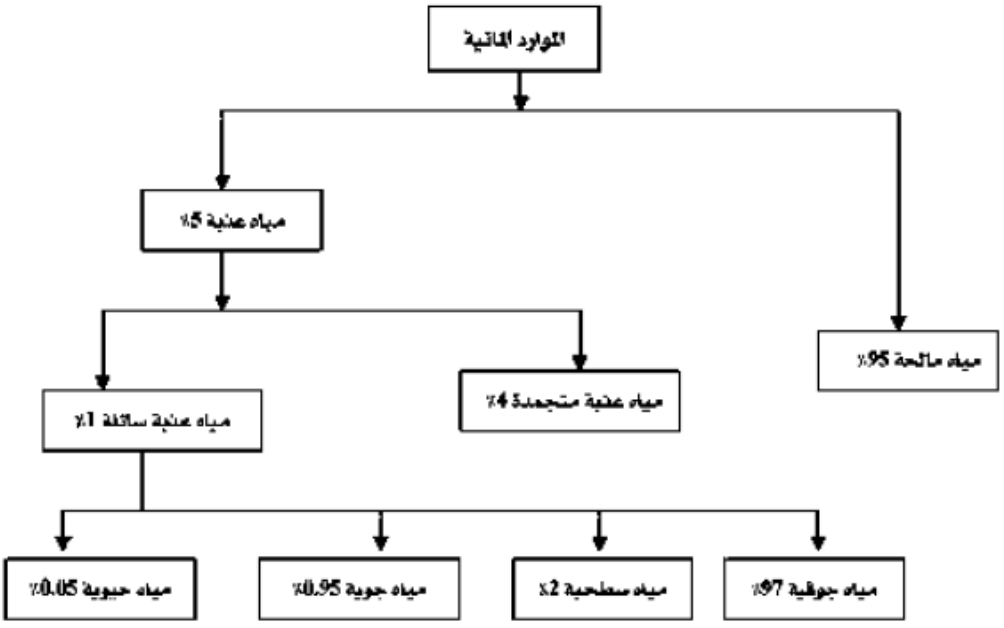
الموارد المتجددة

الموارد المائية :

خلق الله تعالى الماء وجعل الحياة قائمة ومستمرة به، فقال سبحانه وتعالى: ﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾. فالماء ضروري لكل كائن حي، فوجود الماء يعني وجود الحياة والحضارة والقوة، ولا عجب أن كثيراً من الحضارات ارتبطت بوجود الماء، كذلك يعد الماء ضرورياً لاستدامة التنمية والاستقرار الاجتماعي، فكما أن جميع أشكال الحياة مرتبطة بالماء فإن جميع أشكال التنمية مرتبط بوجود الماء أيضاً، ويغطي الماء ثلاثة أرباع الكرة الأرضية تقريباً، تمثل مياه البحار والمحيطات الجزء الأكبر منها حيث تصل نسبة مياه البحار والمحيطات إلى حوالي 95 – 97٪ بتركيز ملحي معدله 35 جم/ لتر، كما تمثل مياه المنطقة القطبية حوالي 2 –4٪ من إجمالي حجم المياه على الأرض.

ويمكن القول إن المياه العذبة تمثل 1٪ فقط من المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية، ويتوزع هذا الجزء بين مياه سطحية في البحيرات والأنهار، ومياه جوفية في باطن الأرض ومياه جوية كرطوبة الجو، ومياه حيوية موجودة في أجسام الكائنات الحية. ويوضح الشكل التالي توزيع الماء في الكره الأرضية .



توزيع الماء على سطح الكره الأرضية

الطلب والعرض المياه:

ونقصد بعرض المياه Water Supply: تلك الموارد أو المصادر المتوافرة أو التي يمكن الحصول منها على المياه. وتتمثل تلك الموارد في:

1– المياه السطحية Surface Water: ويقصد بها مياه الأنهار والينابيع والبحيرات العذبة ومياه الأمطار التي تتجمع خلف السدود أو التي تتجمع في الطبقات الجوفية القريبة التي تطفو على سطح الأرض.

2– المياه الجوفية Ground Water: وتعرف أحواض المياه الجوفية بأنها "طبقة أو عدة طبقات حاملة للمياه الجوفية تكونت بشكل طبوغرافي أو تركيبي يسمح لها بتخزين حجم معين من المياه، كما يسمح لهذه المياه بالحركة بحكم نفاذية الطبقات المكونة للحوض"، ويمكن التمييز بين نوعين من الطبقات المائية:

- طبقات ذات موارد مائية متجددة، ويقصد بها تلك التكوينات التي يتوافر لها تغذية من المياه السطحية أو من تكوينات مرتبطة بها.

- طبقات ذات موارد أحفورية، وهي تلك التكوينات التي تكونت منذ أزمنة بعيدة المدى وهي إما تكوينات عميقة أو متوسطة العمق ينجم عن استغلالها لمدد طويلة هبوط في منسوب المياه الجوفية بها، مثل تلك الواقعة في المناطق الجافة، وتتسم هذه الموارد بتكلفة فرصة بديلة عالية نظراً لأنها تعد موارد قابلة للنضوب.

3– مياه التحلية؛ تعتبر مياه البحر المحلاة Desalinated Sea Water من الموارد المائية غير التقليدية؛ وتختلف مياه الموارد غير التقليدية في بعض الأحيان عن تلك الموارد التقليدية في كون الأولى تحتاج لمعالجة متقدمة. ورغم ذلك فهذه الموارد غير التقليدية أصبحت ضرورية في كثير من المناطق نظراً لندرة الموارد المائية التقليدية. وتعد الكميات المتاحة من الموارد غير التقليدية محدودة نتيجة لضخامة الموارد المالية المطلوبة للحصول عليها، وينبغي النظر إلى المياه المحلاة على أنها مصدر للمياه العذبة مساند للمصادر الطبيعية، فلا يصح استراتيجياً أو اقتصادياً الاعتماد عليها كثيراً في ظل تكلفتها الباهظة حالياً، حيث لا تقل في المتوسط عن دولار أمريكي للمتر المكعب الواحد، ويمكن مع التطور العلمي والتقني لتحلية المياه المالحة العمل

على تخفيضها. ومما يزيد الأمر تعقيداً من الناحية الاقتصادية والمالية كون المياه المحلاة المنتجة غالباً ما تباع بسعر أقل كثيراً من سعر تكلفة إنتاجها، مما يؤدي إلى الإسراف في معدلات استهلاكها. إضافة لما سبق فإن محطات تحلية المياه المالحة لها عمر اقتصادي افتراضي محدد، ويجب تجهيز مصدر بديل لها قبل نهاية العمر الافتراضي لها.

4– مياه الصرف المعالجة: تشكل مياه الصرف الصحي المعالجة Waste Water Treatment مصدراً مائياً غير تقليدي، وتشتمل هذه المياه على مياه الصرف الصحي البلدي والصناعي ومياه الصرف الصحي الزراعي، ومصارف السيول بعد معالجتها لتكون مناسبة للغرض المطلوب. وتعتمد كميات المياه المتوافرة من هذا المصدر على إمدادات المياه وعلى وجود شبكة تصريف ومحطات معالجة لها. إن وجود شبكة صرف صحي وزراعي وسيول يحقق هدفاً بيئياً يتمثل في سلامة البيئة من الآثار السلبية لتلك المياه المتجمعة، وهدفاً تنموياً يتمثل في تنمية المصادر المائية البديلة من المورد غير التقليدي، وتعظيم استغلال المياه المتاحة بتدويرها وإعادة استخراجها.

عند النظر مجملاً لمصادر عرض المياه سابقة الذكر، يتضح لنا أن المياه السطحية هي أيسر هذه المصادر حصولاً وتكلفة، تليها المياه الجوفية ثم مياه الصرف الصحي المعالجة ثم مياه التحلية، ولا يعني هذا الترتيب أنه ترتيب عام لكل الحالات، بل هو على افتراض قرب المورد من المستخدمين، فربما تعتمد بعض البلدان أو المناطق على مورد واحد منها أو أكثر حسب ظروفها المائية والاقتصادية، ويجب النظر إلى مياه الصرف الصحي المعالجة كمورد مستمر لا بد من استخدامه بأكبر قدر ممكن، لما لمعالجة واستغلال هذا المورد من مردودات بيئية إيجابية شاملة إضافة إلى المردودات الاقتصادية الأخرى.

أما ما يخص الطلب على المياه Water Demand فيتمثل في مجموعة الاستخدامات والاستعمالات المختلفة للمياه، ومن الجدير بالذكر أن استعمالات المياه تتنوع وتتطور مع تنوع وتطور الحاجات المختلفة للإنسان، فقديماً كانت المياه تستخدم لأغراض الشرب والنظافة والزراعة، ولكن مع التطور الصناعي والاجتماعي والاقتصادي والعلمي وجدت استعمالات أخرى للمياه لم تكن موجودة من قبل، فمنها استعمالات المياه لغرض الإنتاج الحيواني والثروة السمكية، الإنتاج الصناعي، إنتاج الطاقة الكهربائية، إطفاء الحرائق، الملاحة، استخراج المعادن والبترول، تنمية المراعي والغابات والمسطحات الخضراء، وغيرها من الاستخدامات، ورغم تعدد صور الطلب على المياه، إلا أننا نستطيع أن نحصر مصادر الطلب على المياه في أكثر الصور شيوعاً خاصة في المنطقة العربية وهي:

1- طلب البلديات على المياه؛ ويتأثر طلب البلديات Municipal Demand على المياه بعوامل عدة، أهمها عدد السكان، متوسط درجة الحرارة ومستوى الدخل، إضافة إلى العوامل الجوية الأخرى. أما مستوى دخل الفرد فإنه يتناسب طردياً مع كمية المياه المستهلكة من قبل الأفراد والأسر، وذلك نتيجة لأن المستوى المرتفع للدخل يوفر فرصاً أكبر للاستفادة من المياه، أما بالنسبة للعوامل الجوية فإن زيادة كمية الأمطار مثلاً تتناسب عكسياً مع كمية المياه المستهلكة، وذلك لأن زيادة

هذه الكمية توفر مياهها أكثر لري الحدائق، مما يقلل استهلاك البلديات، ولا يخفى أن درجة الحرارة تتناسب طردياً مع كمية الاستهلاك المائي.

ويبقى عدد السكان أو معدل النمو السكاني العاملَ الأساسي الذي يحدد كميات المياه المطلوبة مستقبلاً، وذلك لأن كمية المياه المطلوبة عبارة عن متوسط الاستهلاك الفردي من المياه مضروباً في عدد السكان، ومن ثم فتوجد علاقة طردية بين عدد السكان وكميات المياه المستهلكة.

2– الطلب الصناعي للمياه: عادة ما يتم تحليل الطلب الصناعي للمياه Industrial Demand مستقلاً عن طلب البلديات حيث يكون الطلب الصناعي ذا كمية معتبرة لا يمكن إدراجها ضمن طلب البلديات، وتبلغ كمية الطلب الصناعي على المستوى العالمي حوالي ربع الكمية الكلية المستهلكة للمياه، ولكن هذه الكمية تقل في البلدان النامية، وتزداد في البلدان الصناعية. وتختلف طبيعة هذا النوع من الطلب عن سابقه في كونه لا يتطلب درجة كبيرة من المعالجة عموماً، كما أن المصانع عادة ما تعتمد على مواردها الخاصة في الحصول على المياه، ولا تستعمل شبكات المياه البلدية، إضافة إلى أن المياه المستعملة للأغراض الصناعية، لها مردود اقتصادي يتمثل في القيمة الاقتصادية المضافة من الإنتاج الصناعي، بالإضافة لإمكانية تدوير المياه المستخدمة للأغراض الصناعية وإعادة استخدامها. ومن أوجه الاستخدام الصناعي للمياه غالباً التبريد في العمليات الصناعية، كما يتم استخدامه في عمليات الحفر والتنقيب إذا كانت الصناعة استخراجية، وفي أغراض أخرى.

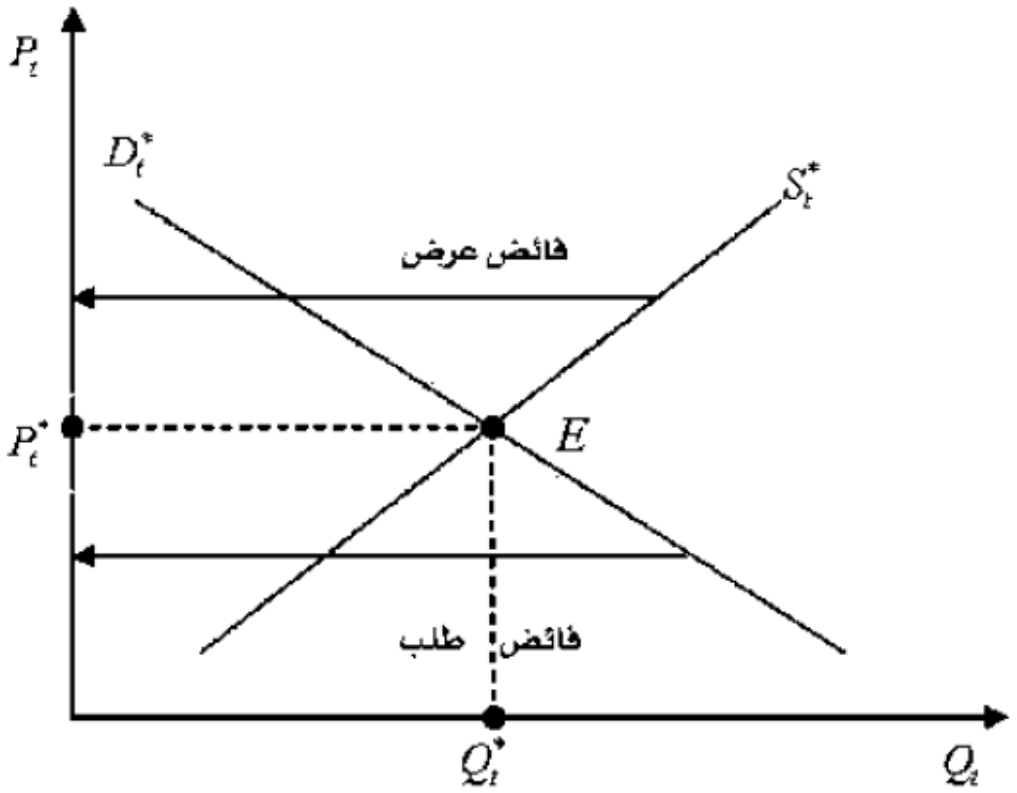
3– الطلب الزراعي للمياه: يعد الطلب الزراعي على المياه Agricultural Demand من أكثر أنواع الطلب استهلاكاً للمياه على المستوى العالمي عامة وعلى المستوى العربي خاصة، ويتأثر الطلب على الماء لأغراض الإنتاج الزراعي بعوامل عدة منها المساحة المزروعة التي تتناسب طردياً مع كمية المياه المستهلكة، والظروف المناخية من درجات الحرارة، وسرعة الرياح، وغيرها، وما يصاحب ذلك من معدلات تبخر ونتح للمياه تؤثر على كمية المياه المستهلكة. ويتأثر الطلب الزراعي للمياه بنوع

المحصول المزروع، وبطريقة الري ونوعية التربة التي تؤثر أيضاً على كميات المياه المستهلكة زراعياً، وغيرها من العوامل.

التوازن بين طلب وعرض المياه:

بعد معرفة كل من العرض (المياه المتاحة أو المتوفرة) والطلب (استهلاك أو استخدامات المياه) يأتي دور توزيع العرض طبقاً للطلب أو التوازن بين العرض والطلب على المياه Water Supply and Demand Equilibrium، أي إنه ينبغي على المخطط الاجتماعي تحديد كيفية تلبية الطلب للأغراض المختلفة كماً وكيفاً عن طريق ما هو متاح أو متوفر من المياه وبالطريقة المثلى. وتسمى الموازنة بين عرض الموارد المائية والطلب عليها بالميزان المائي Water Balance.

قد تكون كميات العرض كافية عموماً لتلبية الطلب، ولكن التوزيع الجغرافي لهذه الكميات لا يتوافق مع أماكن الطلب المائي، كما أنه من الممكن أن تكون كميات العرض كافية بل وفائضة في وقت من الأوقات خلال السنة لتلبية الطلب، ولكنها غير كافية في وقت آخر، أي إن الطلب زمنياً لا يتوافق مع العرض زمنياً. وهذا يعني أن البعد المكاني والبعد الزمني يلعبان دوراً مهماً في تحقيق التوازن بين العرض والطلب. ويوضح الشكل الآتي منحنى العرض والطلب للمياه.



الطلب والعرض على المياه

ويتضح من شكل دالة الطلب على المياه أن نقص السعر يؤدي إلى زيادة الكمية المطلوبة، وذلك يفسر العلاقة العكسية بين السعر والكمية المطلوبة من المياه مع فرض ثبات العوامل الأخرى، كما توضح دالة العرض العلاقة الطردية بين السعر والكمية المعروضة من المياه حيث إن زيادة السعر تؤدي إلى زيادة العرض.

وتوضح نقطة التقاطع بين منحنى الطلب والعرض للمياه أن نقطة التوازن E ، هي النقطة التي يتم عندها تحديد الكمية التوازنية والسعر التوازني لكل موقع جغرافي في مدة زمنية محددة. وتجدر الإشارة إلى أن المياه تعتبر من السلع الضرورية في غالب حالاتها ، وبالتالي فالطلب عليها غير مرن Inelastic Demand؛ لأننا نحتاجها بغض النظر عن سعرها ، وبالتالي فالمرونة السعرية في هذه الحالة تقترب من الصفر ، كما أنها تعد في بعض حالاتها مورداً قابلاً للنضوب (مثل المياه الأحفورية الجوفية) وبالتالي فتكلفة الفرصة البديلة مرتفعة ، وهنا قد تكون المرونة السعرية عديمة المرونة Perfectly Inelastic حيث يتم تحديد الكميات التوازنية للمجتمع عن طريق المخطط الاجتماعي في هذه الحالة.

وسائل المحافظة على كمية ونوعية الموارد المائية :

1. وجود التشريعات اللازمة لحماية مصادر المياه التي من شأنها الموائمة بين العرض والطلب على الموارد المائية للأغراض المختلفة وحماية المياه من سوء الاستغلال، وحمايتها من التلوث والاستنزاف، وغيرها من وسائل الحماية.
2. التوعية البيئية وذلك من خلال وسائل الإعلام المختلفة (مرئية ، مسموعة ، مقروءة ، ...) لتوعية الجمهور وبناء فكرهم وتعريفهم بالتشريعات المفروضة لحماية وترشيد المياه والقيمة الاقتصادية لها ، وما يتبعها من غرامات جزائية لسوء استخدامها.

3. الاهتمام بإنشاء مرافق للصرف الصحي، حيث إن إنشاء مرافق للصرف الصحي من شبكات ومحطات معالجة يخدم هدفين أساسيين: حماية البيئة، وتوفير مورد مائي إضافي للتجمعات السكانية.

4. إنشاء مراكز تدريب وتأهيل للعاملين في مجال البيئة وسلامة المياه بوجه خاص ومتابعة التطورات العلمية والتقنية والاستفادة منها في هذا المجال، وإقامة الندوات وحضور المؤتمرات المحلية والعالمية حول قضايا جودة المياه ومكافحة التلوث وإدارتها بشكل مستدام.

5. التقليل من الري السطحي والاعتماد على طرق الري الحديثة ذات الكفاءة العالية في استهلاك مياه الري مثل الري بالتنقيط أو بالرش، أو الري تحت السطحي، أو غيرها، وترشيد استعمال المبيدات والأسمدة في الأراضي الزراعية، فالري السطحي يزيد من احتمالية وصول الملوثات الزراعية إلى المياه الجوفية.

6. دعم أبحاث ترشيد استهلاك المياه.

7. جعل المياه عنصراً محدداً في تقدير الكفاءة الاقتصادية والإنتاجية للمشروعات الخاصة والعامة.

8. وضع آلية للتنسيق والتعاون والتخطيط لقطاع المياه بين الجهات المسؤولة عن المياه.

إنتاجية المياه الجوفية:

المقصود بإنتاجية المياه الجوفية Ground Water Production هي كمية المياه المتدفقة أو التي يمكن سحبها من البئر Well خلال مدة زمنية معينة، وتتأثر إنتاجية البئر من المياه بمجموعة من العوامل منها:

1- مستوى الماء الساكن (الاستاتيكي) Static Water Level، وهو المستوى الذي يمثله سطح الماء بالبئر في حالة عدم سحب أي ماء من التكوين الجوفي سواء بالضخ أو بالجريان الحر، ويعبر عنه بالمسافة بين سطح الأرض وسطح الماء في البئر.

وبالطبع فإن الآبار والينابيع التي تتدفق ذاتياً فوق سطح الأرض يكون مستوى الماء السكوني لها أعلى من مستوى سطح الأرض.

2– مستوى الضخ Pump Level، ويسمى أيضاً بمستوى الماء الحركي Dynamic Water Level وهو يعبر عن منسوب سطح الماء في البئر أثناء الضخ المستمر.

3– مستوى السحب (الهبوط) Drawdown Level، ويعبر عن المسافة بين منسوب الماء السكوني ومنسوب الماء الحركي، أي الفرق بين منسوب الماء قبل الضخ وأثناء الضخ. ويختلف مستوى السحب باختلاف معدلات ضخ الماء من البئر ومدة الضخ المستمر وكمية المياه الموجودة في التكوين.

4– السحب المتبقي (الهبوط المتبقي) Residual Drawdown، بعد توقف عملية الضخ فإن سطح الماء في البئر يعلو تدريجياً حتى يتساوى مع مستوى الماء السكوني في الخزان الجوفي أو الطبقة الحاملة Aquifer وأثناء ذلك فإن المسافة بين مستوى الماء الساكن ومنسوبه في البئر في زمن معين يسمى بمستوى السحب المتبقي أو الهبوط المتبقي.

5– إنتاجية البئر Well Yield، وهي كمية المياه القابلة للاستخراج من البئر سواء بالضخ أو بالتدفق الذاتي بالنسبة لوحدة الزمن، وتقاس عادة بالجالون /دقيقة أو الجالون /ساعة أو غيرها من الوحدات.

6– السعة الإنتاجية للبئر Specific Capacity، تعبر السعة الإنتاجية عن إنتاج البئر أو تصرفه بالنسبة لوحدة السحب أو قدرة التكوين الإنتاجية للماء، وهي تساوي حجم الماء الذي يتحرك بحرية تحت تأثير قوى الجاذبية الأرضية، وهي تساوي حجم الماء الممكن سحبه من البئر مقسوماً على سرعة السريان (عمق السحب) حيث $Y = \frac{W_y}{V} \times 100$، ووحدتها تكون جالون /دقيقة. قدم، أو جالون/ ساعة.قدم، ومثالاً على ذلك: إذا افترضنا أن إنتاج بئر ما هو 200 جالون/دقيقة وكان عمق السحب له 20 قدماً فتكون سعة البئر الإنتاجية 10 جالونات/ دقيقة.قدم. وتختلف إنتاجية المياه الجوفية حسب نوع التكوينات الجوفية، ويوجد نوعان رئيسان من تكوينات المياه الجوفية:

(1) التكوين الجوفي الحر Free Ground Water Aquifer وتكون فيه الطبقة الحاملة للمياه حرة من أعلى، أي تحد بمستوى الماء الأرضي وتتصل اتصالاً مباشراً بالمياه السطحية، وتكون المياه في المسام العليا من التكوين تحت الضغط الجوي، أو هي الطبقة الحاملة للماء التي يحدها من أسفل طبقة كتمية غير نفاذة أو نصف نفاذه ومن أعلى المستوى المائي المتصل مع الهواء الجوي.

(2) التكوين الجوفي المحصور Confined Ground Water Aquifer وهو الخزان الذي تكون فيه الطبقة الحاملة للمياه محصورة بين طبقتين غير منفذتين (كتمتين) من أعلى ومن أسفل واقعة تحت ضغط يفوق الضغط الجوي، وليس لها سطح حر، وتسمى هذه الخزانات، بالمياه الجوفية الارتوازية.