[٨] الباب الثامن :

الماء Water

[٨ ـ ١] أهمية الماء :

يتوفر الماء فى الطبيعة فى الصور الفزيائية الثلاثة فهو يوجد فى الصورة الصلبة ويطلق عليه الثلج وفى الصورة السائلة ويطلق عليه الماء وفى الصورة الغازية ويطلق عليه بخار الماء Steam .

والماء هو أكثر المواد انتشاراً على سطح الأرض وتغطى البحار حوالى ٧٠٪ من مساحة سطح الكرة الأرضية وأحياناً يصل عمق المياه إلى عدة كليومترات ولا يتوفر الماء علمياً بصورة نقية تماماً فى الطبيعة .

وتقدر كتلة المياه بالبحار والمحيطات والأنهار وفى المياه الجوفية بحوالى ١١,٥ × ١٢١٠ مليون طن ويوجد حوالى ٢,١٥٪ من هذه الكمية على شكل ثلوج بالمناطق الباردة .

وقد سبق وأن علمنا أن نسبة بخار الماء فى الجو حوالى ٠,٠٠١٪ وهذه النسبة (الضئيلة) ، تُعادل حوالى مليون مليار من الأطنان .

والماء يعتبر وحده من أهم المواد (المركبات) فى الطبيعة قاطبة . وهو ضرورى وأساسى ولا بديل عنه لكل أنواع وصور الحياة على وجه الأرض ويحتوى جسم الإنسان على حوالى ٦٥٪ من الماء ولا يستطيع الإنسان أن يعيش بدون ماء لأكثر من أربعة أيام وهناك بعض الأطعمة يكون الماء فيها أهم عنصر مثل الألبان .

وهنالك بعض المواد مثل الورق والصابون ، تكون عديمة القيمة إذا لم يتم نزع الماء منها وتجفيفها (dehydrated) كما وأن الأغذية التى يتم إزالة الماء منها يجب غمرها فى الماء قبل أكلها .

ويستخدم الماء فى الصناعة فى عمليات كثيرة وفى التسخين وفى التبريد وككاشف reagent وكمذيب solvent .

ويتم إعادة تشغيل جزء من المياه الداخلة فى عمليات التصنيع بنسبة حوالى ٢٥٪ إلا أن معظم الكمية تُطرد إلى الجو وإلى مياه البحار والأنهار بنسبة ٧٥٪ .

وتمثل البحار المصب الأعظم لكل المياه سواء كان ملوثاً أم غير ملوث ومن البحار تبدأ دورة المياه حيث تسقط الأمطار على الأرض فتهب الحياة لكل من عليها .

[٨ ـ ٢] مصادر الماء sources of water :

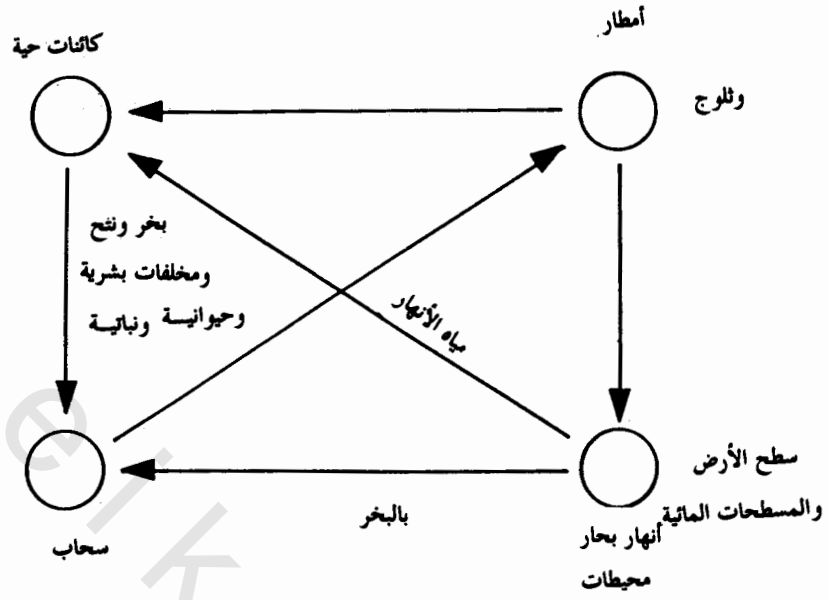
تعتبر دورة الماء فى الكون أو فى الطبيعة أحد أهم دورات المواد فى الطبيعة وتتم هذه الدورة بانتظام وبإحكام متقن منذ ملايين السنين فسبحان الله خالق كل شيء بإحكام .

فعند سقوط الأمطار تتحلل بعض الغازات مثل ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت وثانى أكسيد النيتروجين وتصبح أحماضاً وتمتزج مياه الأمطار مع المياه المالحة قرب البحار ، ويختلط بالماء كذلك الأتربة والمواد المشعة .

وتعتبر مياه الأمطار جيدة جداً لأغراض الغسيل ولكنه ينقصها أملاح الكالسيوم والتى تعتبر مادة حيوية لصحتنا ولذلك فهى ليست صالحة تماماً لأغراض الشرب .

وقد تسقط مياه الأمطار أو تمر بعد سقوطها على صخور أو تربة محتوية على كبريتات الكالسيوم [جبس أو جص أو كبريتات الكالسيوم المائية إذا كانت منزوعة المياه « جافة ـــ hydrated » أو بكبريتات الكالسيوم اللامائية ـــ أنهيدريت anhydrite.] .

وتصبح مياه الأمطار حمضية حيث يمكنها أن تُحلّل الصخور المحتوية على كربونات الكالسيوم (طباشيرية ، وحجر الجير الرخام ،...) وبذلك يتكون محلول الكالسيوم الكاربوهيدروجين . وكل من هذه المواد تتحلل وتجعل الماء عُسراً .



شـكل (٨ ـ ١)

دورة الماء فى الكون The Water Cycle

انظرب الرسم شكل [٨ ــ ١] وهو يوضح دورة مختصرة للماء فى الطبيعة .

وعند استخدام المياه بغرض الشرب للإنسان فإنه يجب تحليلها لمعرفة إن كان بها بكتيريا أو ميكروبات لمعالجتها أولاً وكذلك يجب ضمان نقائها من مخلفات مياه الصرف للزراعة ومياه المجارى .

ويجب أن يكون ماء الشرب عديم الرائحة وصافياً وليس له لون أى عديم اللون وعادة يكون عديم الطعم .

وأفضل مياه للشرب هى التى تكون نسبة مركبات الكالسيوم بها لا تتعدى (٥٠ ــ ١٢٠) جزء فى المليون ، من كربونات الكالسيوم وفى خزانات المياه يجب إضافة نسب صغيرة من كبريتات النحاس copper sulphate وذلك للإقلال من نمو الطحالب algae .

وفى محطات المياه ، فإن الماء يترك فى الخزانات لفترة لحين ترسب الشوائب الكبيرة وتضاف بعض المواد مثل كبريتات الألومنيوم **Aluminium sulphate** ، أحياناً للمساعدة فى عمليات الترسيب .

وتتم تنقية المياه بإمرارها على طبقات من الرمل والحصى لإزالة البكتريا والجزيئات الصغيرة وخلافة .

ويتم تعقيم المياه بإمرار الكلور بنسبة تزيد عن ١٠ فى المليون لمدة ساعة وذلك لمنع الأمراض مثل التيفود . وفيما يلى موجز لدورة المياه فى الكون .

تسقط الأمطار والثلوج فوق سطح الأرض من اليابس وفوق المسطحات المائية من الأنهار والبحار والمحيطات .

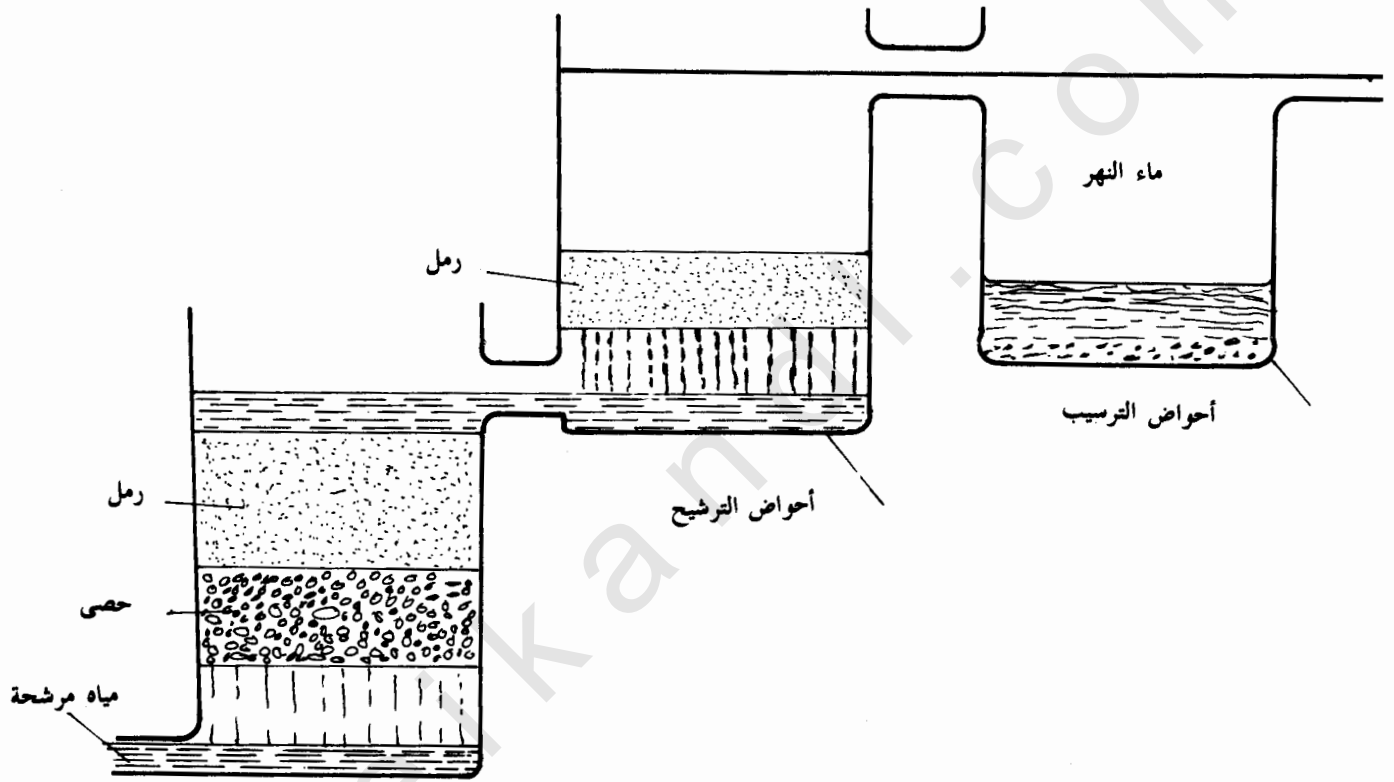
ويقوم الإنسان والحيوان على حد سواء بشرب واستخدام المياه من الموارد المائية المتوافرة لأداء الوظائف الحيوية لكل منهما ولمختلف مظاهر الحياة للإنسان ويخرج الماء الزائد سواء من الإنسان واستخداماته أو من الحيوان فى صورة صرف صحى ومخلفات صناعية وزراعية وعرق وبول وغيره تتبخر .

ويقوم النبات كذلك بعملية امتصاص للمياه الموجودة بالتربة ويخرج الماء الزائد عن حاجة النبات فى عملية النتح .

وتتبخر المياه فى مسطحات الماء على اليابسة تحت تأثير أشعة الشمس والرياح حيث تصعد كبخار ماء يتكاثف بفعل برودة الجو مكوناً الضباب والسحب .

وتسقط السحب على هيئة أمطار (فى البلاد الدافئة) وعلى هيئة جليد (فى البلاد الباردة) ، حيث تتكرر الدورة بانتظام وأى خلل بها يؤدى إلى اختلال توازن البيئة مما يؤدى إلى موت الكائنات الحية ويكون الخلل عادة من صنع الإنسان بعلم أو بجهل ونادراً ما يكون بفعل الطبيعة كالكوارث وغيرها .

ويوضح الرسم شكل (٨ ــ ٢) ، رسم تخطيطى لعملية معالجة مياه أخذ الأنهار بغرض الشرب .



شـــكل (٨ ـ ٢)
تنقية مياه النهر للشرب

obeikandl.com

[٨ ـ ٣] الماء العُسر والماء اليُسر

hard and soft water.

الماء العُسر هو الماء الذى لا يُرّغى سريعاً مع الصابون ، والمياه كلها يمكنها أن تُرّغى مع الصابون إذا استخدمنا كميات وفيرة من الصابون وهنالك فرق كبير بين المياه النقية (المقطّرة) والتى تحتاج إلى بضعة قطرات فقط من محلول الصابون لإعطاء رغوة دائمة (فقاعات صابونية كثيرة على راحة اليد) ، وبين الماء العسر الذى يحتاج إلى مزيد من الصابون لإظهار رغوة وفيرة .

ويطلق على الماء النقى بالماء اليُسر "Pure Water = Soft Water" والصابون هو ملح الصوديوم لحامض عضوى (حامض الاستياريك $C_{17}H_{35}$ (COONa – stearic acid) .

فعند إضافة الصابون إلى الماء العسر فإنه تتكون أملاح الكالسيوم لهذا الحامض والتى لا تذوب فى الماء ، حيث يتكون ريم "scum" ـــ والذى يعتبر فاقد فى مادة الصابون ذاتها ويترك علامات على الملابس عند غسيلها .

وهناك نوعان من أنواع عُسر الماء :

١ ـــ عسر مؤقت ينشأ من وجود الكالسيوم الكربوهيدروجينى وكلمة مؤقت هنا بسبب أن عملية الغليان لهذا الماء تؤدى إلى تحول الكالسيوم الكربوهيدروجينى إلى كربونات الكالسيوم والتى تطرد أثناء الغلى (ترسب) وبذلك يتم معالجة هذا العُسر المؤقت .

٢ ـــ عُسر دائم لوجود كبريتات الكالسيوم Calcium Sulphate وهو عُسر دائم لأنه لا يتغير بعملية الغليان لهذا الماء .

وهنالك مميزات عديدة للماء العُسر ، فمن وجهة النظر الصحية ، فإن هذا الماء يوفر مركبات الكالسيوم التى يحتاجها الإنسان لبناء العظام والأسنان بالإضافة إلى أنه تبين أن أولئك اللذين يعيشون فى مناطق بها ماء عسر يعانون أقل من غيرهم من نوبات القلب . ويستخدم الماء العُسر فى عمليات تخمير « البيرة » .

ويؤدى الماء اليسر (النقى) إلى تحلل أنابيب المياه الرصاصية وهنالك فى بعض الدول المتقدمة بعض الجمعيات شكلت من أجل المطالبة بالإقلال من استخدام

الأنابيب الرصاصية فى نقل مياه الشرب إلا أن هنالك عيوب للماء العسر ، وكما ذكر من قبل فهو يؤدى إلى زيادة الاستهلاك فى المواد المنظفة (الصابون) .

وهنالك عيب آخر للماء العُسر « المؤقت » ألا وهو ترسب كربونات الكالسيوم عند تسخينه مما يؤدى إلى تكون طبقة كلسية على جدران أوعية غلى الماء بالإضافة إلى قشور على الجدران الداخلية للمواسير وعند إعادة استخدام أوعية غلى الماء فإن عملية الغلى تطول زمنياً لطول مسار الحرارة عبر معدن الوعاء وعبر الطبقة الكلسية حتى تصل إلى الماء المراد غليه .

بالإضافة إلى أن زيادة الرواسب الكلسية والقشور على المواسير يؤدى إلى إعاقة سريان المياه واحتمال إنسدادها .

[٨ ـ ٤] طرق معالجة الماء العُسر إلى ماء يُسر :

تنحصر عملية معالجة الماء العُسر لتحويله إلى ماء يُسر ، فى إزالة مركبات الكالسيوم منه . إلا أنه لا يتم هذا كلية بإزالة مركبات الكالسيوم كلية ، وذلك لأن الماء اليُسر يكون عديم الطعم insipid وغير صحى مائة بالمائة كما سبق وأن ذكرنا فى مميزات الماء العُسر .

ويمكن إزالة العُسر المؤقت بغلى الماء ثم ترشيحه للتخلص من كربونات الكالسيوم العالقة .

وهناك طريقة بديلة تستخدم أحياناً للكميات الكبيرة وذلك بإضافة هيدوركسيد الكالسيوم [طريقة كلارك Clark's method] إلا أنه يلزم أن تتم عمليات الإضافة بأناة ودقة حيث أن الزيادة فى الماء المضافة تؤدى إلى رجوع الماء إلى عُسره .

وهنالك عدة طرق لمعالجة كل من نوعى الماء العُسر « عُسر مؤقت وعسر دائم » فعملية التقطير distillation للمياه عملية مكلفة خاصة للكميات الضخمة منها . وفى بعض الأماكن من العالم ، لا يوجد أى بديل لعملية التقطير وماء البحر ، ماء عُسر والسبب الرئيسى الذى يؤدى لعدم وجود رغوة عند استخدامه مع الصابون ، هو وجود كلوريد الصوديوم والذى يعتبر أحد مركبات الصوديوم الأكثر ذوباناً عن الصابون ذاته وهنالك طريقة لإزالة كلا من نوعى عُسر الماء

وذلك بإضافة صودا الغسيل ـــ كربونات الصوديوم ـــ ١٠ ـــ washing soda ويستخدم بعض الناس والمعاهد أجهزة لمعالجة عُسر المياه .

[٨ ـ ٥] الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء :

حيث أن الماء هو المادة الوحيدة تقريباً الشائعة الاستخدام والمتوفرة فى كل مكان ، لذلك تؤخذ الخواص الفيزيائية للماء كمقياس standard وفيما يلى بعض الخواص الفيزيائية الهامة للماء والتى يمكن الاسترشاد بها عند التفريق بين الماء النقى والمحاليل والسوائل النقية الأخرى .

فالماء الخالص يتجمد عند صفر°م وكذلك ينصهر الثلج عند صفر°م فإذا كانت هنالك شوائب بالماء ولتكن كلوريد الصوديوم مثلاً وذائبة به فإن درجة تجمد الماء تنخفض إلى ما تحت الصفر .

ولهذا يوضع ملح الطعام على الطرق المغطاة بالثلوج للمساعدة على إذابته وعدم تجمده مرة ثانية .

وعادة يكون سطح الثلج مغطى بطبقة رقيقة من المياه وتؤدى الحرارة المتولدة من الأقدام أثناء السير ومن إطارات السيارات على سطح الثلج إلى إذابة المزيد من المياه .

وتؤدى هذه المياه المنصهرة إلى إذابة الأملاح وينشأ محلول من ملح الطعام والماء ، لا يتجمد إلا عند درجات حرارة منخفضة جداً وكلما زادت كمية ملح الطعام المذابة كلما إنخفضت درجة تجمد المحلول .

وهنالك تطبيق آخر لهذا المبدأ وهو استعمال سوائل منع التجمد Anti – freeze solutions ، تمنع تجمد مياه دورة تبريد المحركات بالرديياتير . وتستخدم كذلك فى محركات الطائرات والمادة الأساسية به هو جليكول الإيثيلين ethylene glycol. .

والخاصية الفيزيائية الثانية للماء هى غليانه عند درجة ١٠٠°م عندما يكون موضوعاً تحت الضغط الجوى العادى .

ويحدث تبخر الماء ، من بركة مياه مثلاً عند أى درجة حرارة . وكلما زادت درجة الحرارة كلما زاد احتمال حدوث البخر . ويغلى الماء عندما يكون ضغط بخاره مساوياً للضغط الخارجى .

وبزيادة الضغط فإن الماء يغلى عند درجات حرارة أعلى من ١٠٠°م وبذلك فإن الماء الموضوع فى قدور الطهى الكاتمة (البريستو) يغلى عند درجة ١٢٠°م عندما يتعرض لضغط ناشىء من كتم البخار ، مقداره ٢ جوى .

ويغلى الماء فى رديـاتير السيارة (عند وجود عيب فنى) عند هذه الدرجة تقريباً ١٢١°م وذلك لوجود غطاء الرديـاتير المزود بصمام ضغط فى حين أن الماء يغلى عند درجة حرارة أقل من ١٠٠°م عند الضغوط المنخفضة عن ١ جوى كما فى المناطق الجبلية العالية .

فمثلاً يغلى الماء عند قمة جبل إفرست (٨٨٠٠ متر فوق سطح البحر) عند درجة حرارة حوالى ٧٢°م .

ويؤدى وجود الشوائب فى الماء إلى رفع درجة الغليان فوجود ملح الطعام بالماء يؤدى إلى رفع درجة الغليان فوق ١٠٠°م وكلما زادت كمية الملح كلما ارتفعت درجة الغليان ويتوقف هذا على مدى ذوبان الملح بالماء وتشبع الماء به

ومعظم المواد تكون ذات كثافة أكبر عندما تكون فى صورتها الفيزيائية الصلبة عن سوائلها إلا أن الثلج وهو الصورة الصلبة للماء يكون أقل كثافة من الماء ولذلك يطفو الثلج فوق سطح الماء وكذلك فإن كثافة السوائل تقل كلما ارتفعت درجة حرارتها عادة إلا أن كثافة الماء تزيد بارتفاع درجة حرارته (فوق درجة الانصهار بقليل) ثم تقل بعد ذلك .

وتبلغ كثافة الثلج ٠,٩ جم/سم^{٣} عند درجة الصفر المئوى .

وتبلغ كثافة الماء النقى ١ جم/سم^{٣} عند درجة حرارة ٤°م .

وتتفاعل المواد المختلفة مع الماء فى صوره المختلفة (ماء ــ بخار ــ رطوبة ــ ندى) بدرجات متفاوتة وبعضها بطىء التفاعل مثل الحديد والنحاس والرصاص وتستغل هذه الخاصية فى أن مواسير المياه تصنع عادة من هذه المواد وخاصة الرصاص .

ويتفاعل الحديد مع الماء المحتوى على هواء مكوناً صدأ الحديد ويذوب الرصاص فى الماء النقى ويصبح ساماً . وتؤدى هذه العيوب إلى تفضيل استخدام البوليثين Poly thene (نوع من أنواع البلاستيك) .

وفى الصناعة يُستغل تفاعل البخار مع الميثان فى الحصول على الهيدروجين ويتفاعل الماء مع أكاسيد بعض المعادن حيث نحصل على هيدروكسيد هذه المعادن فمثلاً يتفاعل أكسيد الكالسيوم بشدة مع الماء حيث يعطى هيدروكسيد الكالسيوم .

ويُذيب الماء ثانى أكسيد الكربون ويُعرف المحلول الناتج بحامض الكربونيك Carbonic acid وهو أحد الأحماض الموجودة فى المياه المعدنية .

[٨ ـ ٦] التحليل الكهربى للماء

The electrolysis of Water.

يُعتبر الماء النقى غير موصل للكهرباء أو محلول لا إلكتروليتى إلا أن وجود حامض الكبريتيك بالماء يؤدى إلى التحليل الكهربى للماء ويتحلل الماء إلى مكوناته الأصلية ويقال حينئذ أنه تحلل كهربياً حيث ينشأ حجمان من الهيدروجين لكل حجم واحد من الأكسجين فإذا ما أضفنا هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الكالسيوم ، للماء وقمنا بتحليل الماء فإنه ينشأ لنا هيدروجين وأكسجين (مرة ثانية) .

وكما وأن إضافة أياً من كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنسيوم (فى صورة بللورية وبكمية صغيرة) للماء تؤدى إلى تكون الهيدروجين والأكسجين كذلك .

[٨ ـ ٧] استخدامات الماء :

كلما ارتفع مستوى معيشة الشعوب كلما زاد استهلاك الفرد فيها للمياه ، ويبلغ متوسط استهلاك الفرد فى الدول المتقدمة فى حدود ١٦٠ ـــ ١٨٠ لتر مياه يومياً .

وفيما يلى مفردات استهلاك الفرد فى انجلترا .

الغسيل والاستحمام	٥٧ لتر
دورات المياه	٥٧ لتر
ماكينات الغسيل (مغاسل)	١٦ لتر
غسيل أطباق	١٦ لتر
حدائق	٧ لتر
طبخ وشرب	٥ لتر
غسيل سيارات	٣ لتر

وفى بعض الدول يبلغ استهلاك محطات توليد الكهرباء أكثر من نصف كميات المياه المتاحة بغرض إدارة التوربينات البخارية وبغرض التبريد ويستخدم الماء بكميات كبيرة فى الصناعة وفيما يلى جدول يبين إستهلاك المياه بالطن اللازم لإنتاج طن من الخامات المختلفة ، انظر جدول (٨ ــ ١) .

كيماويات	أكثر من ١١٠٠ طن
الرايون (حرير صناعى)	أكثر من ٧٠٠ طن
الصوف	أكثر من ٦٠٠ طن
الحرير	أكثر من ٢٥٠ طن
ألياف صناعية	أكثر من ١٤٠ طن
صناعة الورق	أكثر من ٩٠ ــ ٢٧٠
إنتاج الصلب	أكثر من ٤٥ طن
المكوك	أكثر من ١٨ طن
حفظ الخضروات	أكثر من ١٠ طن
تكرير السكر	أكثر من ٨ طن
فحم حجرى	أكثر من ٥ طن
صناعات ألبان	أكثر من ٤ طن
الأسمنت	أكثر من ٤ طن
البيرة	أكثر من ٢ طن
التغليف	أكثر من ٤ طن

جدول (٨ ـ ١)
استهلاك الماء بالطن لكل طن منتج

ويلزم ٤٥٠ طن مياه لإنتاج سيارة واحدة . وتستهلك شجرة (البلوط القزو) ٠,٦٧ طن مياه يومياً فى صورة بخار .

كما أن الكرنب (الواحدة منه) يزلم لها ٠,١٥ طن مياه حتى تنمو وتصبح ناضجة تماماً .

وفى الصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية (أكل وشرب) فإنه يلزم كميات كبيرة من المياه داخلة فى تركيب هذه الصناعات أو المنتجات بالإضافة لاستخدامه فى أغراض التنظيف .

وفى صناعات تكرير سكر البنجر وصناعات الورق فإن الماء يستخدم فى تحريك الخامات ذاتها .

ويلزم الماء المقطر للعديد من الاستخدامات مثل المعامل (للمحاليل) ولتزويد مياه البطاريات ولتبريد كابلات الكهرباء ولغسيل الترانزستورات ويتم تجهيز هذا الماء المقطر بالتقطير أو بأى طريقة أخرى مناسبة ويوضح جدول (٨ ــ ٢) نسب المواد الداخلة فى تركيب مياه البحر بالوزن (سواء المادة ذاتها أو مركباتها) .

أوكسجين	٪ ٨٥,٤
هيدورجين	٪ ١٠,٧
كلور	٪ ١,٨٥
صوديوم	٪ ١,٠٣
مغنسيوم	٪ ٠,١٢٧
كبريت	٪ ٠,٠٨٧
كالسيوم	٪ ٠,٠٤٠
بوتاسيوم	٪ ٠,٠٣٨
برومين	٪ ٠,٠٠٦٥
كربون .	٪ ٠,٠٠٢٧
نتروجين	٪ ٠,٠٠١٦
سترونتيوم	٪ ٠,٠٠٠٧٩
بورون	٪ ٠,٠٠٠٤٣
سيكيلون	٪ ٠,٠٠٠٢٨
فلورين	٪ ٠,٠٠٠١٣

جدول (٨ ـ ٢)

نسب المواد الداخلة فى تركيب مياه البحر وزنا