الماء

مصادره وخصائصه ومواصفاته

تأليف

الأستاذ الدكتور/ محمد أمين منديل

٥

جمعية علوم وتقنية المياه

الماء

مصادره وخصائصه ومواصفاته

تأليف

الأستاذ الدكتور/ محمد أمين منديل

٥ جمعية علوم وتقنية المياه

مطبوعات جمعية علوم وتقنية المياه

* موسوعة المياه : تحلية ومعالجة المياه
* كتيب الماء : مصادره ، خصائصه ، مواصفاته
* مبادئ التحلية

حقوق الطبع والنشر محفوظة للمؤلف
ولجمعية علوم وتقنية المياه

الماء

مصادره ، خصائصه ، مواصفاته

جمعية علوم وتقنية المياه

الجهات المشاركة فى تمويل هذه المطبوعة

مجلس التعاون لدول الخليج العربية
مصلحة المياه والصرف الصحى بالمنطقة الشرقية
مصلحة المياه والصرف الصحى بالمدينة المنورة
دار التقنية
شركة إبراهيم الجفالى وإخوانه
شركة الكوثر للتصنيع
شركة أميانتيت العربية السعودية

قائمة المحتويات

	الصفحة
الماء فى الآيات القرآنية	١
(١) المصادر الطبيعية للماء	٤
(٢) الدورة الهيدرولوجية للماء	٥
(٣) خصائص الماء وطبيعته	٥
خصائص الماء	٥
طبيعة الماء	٧
الخواص الفريدة للماء	٨
تأثير الروابط الهيدروجينية وخاصة القطبية الثنائية	١٠
خواص المحاليل المائية	١١
ترسيب القشور من محاليل الأملاح	١٢
(٤) مواصفات الماء من مصادره الطبيعية والشوائب الموجودة فيه	١٦
مياه الأمطار والأنهار	١٦
مياه البحار	١٧
مياه مالحة من مصادر أخرى	٢١
العوالق والشوائب الأخرى الموجودة فى مياه البحر	٢٣
(٥) ملوثات الماء	٢٤
ملوثات كيميائية	٢٤
ملوثات فيزيائية	٢٥
(٦) إستخدامات الماء المختلفة والمواصفات اللازمة لها	٢٦
أنماط إستهلاك المياه	٢٦
الإستخدامات الآدمية	٢٨
مياه الصناعة	٣٣
مياه الزراعة	٤٣
(٧) تعريف بالمصطلحات المستخدمة	٤٥

«أَنَّا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا » (عبس/٢٥) ، ولا يعنى ذلك أن الماء ينزل بلا حدود فكل شئ عنده جل وعلا بمقدار « وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ » (المؤمنون/١٨) .

والماء قد يصل إلى الأرض بالقدر الذى تسيل به الأودية « أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا » (الرعد/١٧) ، وهو إما يجرى على سطح الأرض أو يختزن داخلها « وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الأَرْضِ » (المؤمنون/١٨) ، ويظل كذلك حتى يشاء الله له « وإِنَّ مِنَ الْحِجَارَةِ لَمَا يَتَفَجَّرُ مِنْهُ الأَنْهَارُ وإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَشَّقَّقُ فَيَخْرُجُ مِنْهُ الْمَاءُ » (البقرة/٧٤) ، وقد يظهر على شكل ينابيع « أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنَابِيعَ فى الأَرْضِ » (الزمر/٢١) ، أو على هيئة عيون « وَفَجَّرْنَا الأَرْضَ عُيُوناً فَالْتَقَى الْمَاءُ عَلَى أَمْرٍ قَدْ قُدِرَ » (القمر/١٢) .

ولقد أنعم الله على عباده بالماء ليكون لهم طهورا « وَيُنَزِّلُ عَلَيْكُمْ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لِيُطَهِّرَكُمْ به » (الأنفال/١١) ، وليشربوا منه « هُوَ الَّذِى أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ » (النحل/١٠) ، وتظل الأرض قاحلة جرداء « فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنْبَتَتْ مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ » (الحج/٥) ، والله جل شأنه يوجه الماء إلى حيث يشاء « أَوَ لَمْ يَرَوْا أَنَّا نَسُوقُ الْمَاءَ إِلَى الأَرْضِ الْجُرُزِ فَنُخْرِجُ بِهِ زَرْعاً تَأْكُلُ مِنْهُ أَنْعَامُهُمْ وَأَنْفُسُهُمْ أَفَلاَ يُبْصِرُونَ » (السجدة/٢٧) ، والماء واحد ولكن الزرع متنوع مختلفة أصنافه « وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا

به اَزْوَاجاً مِنْ نَبَاتٍ شَتّى » (طه/٥٣) ، « وَفِى الْاَرْضِ قِطَعٌ مُتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِنْ اَعْنَابٍ وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنْوَانٌ وَغَيْرُ صِنْوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفَضِّلُ بَعْضَهَا عَلَى بَعْضٍ فِى الْاُكُلِ اِنَّ فِى ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ » (الرعد/٤) .

والله إما أن ييسر السبيل إلى الماء أو يجعله بعيد المنال « قُلْ اَرَاَيْتُمْ اِنْ اَصْبَحَ مَاؤُكُمْ غَوْرًا فَمَنْ يَاْتِيكُمْ بِمَاءٍ مَعِينٍ » (الملك/٣٠) ، وقد ينعم به على الإنسان أو يمنعه عنه « وَاِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ » (المؤمنون/١٨) ، وليس لأحد أن يحتكر الماء فلكل الأحياء فيه نصيب « وَنَبِّئْهُمْ اَنَّ الْمَاءَ قِسْمَةٌ بَيْنَهُمْ كُلُّ شِرْبٍ مُحْتَضَرٌ » (القمر/٢٨) .

ويضرب الله المثل للحياة الدنيا بالماء فيقول جل من قائل « اِنَمَا مَثَلُ الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَاءٍ اَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ الْاَرْضِ مِمَّا يَاْكُلُ النَّاسُ وَالْاَنْعَامُ حَتَّى اِذَا اَخَذَتِ الْاَرْضُ زُخْرُفَهَا وَازَّيَّنَتْ وَظَنَّ اَهْلُهَا اَنَّهُمْ قَادِرُونَ عَلَيْهَا اَتَاهَا اَمْرُنَا لَيْلاً اَوْ نَهَارًا فَجَعَلْنَاهَا حَصِيدًا كَاَنْ لَمْ تَغْنَ بِالْاَمْسِ كَذَلِكَ نُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ » (يونس/٢٤).

(١) المصادر الطبيعية للمياه

بالرغم من أن الماء يغطى ٨٠٪ من سطح الأرض إلا أننا لايمكننا إستخدام هذا الكم الهائل منه إستخداما مباشرا ، إذ أن ٤ر٩٧٪ من هذا الماء موجود فى البحار والمحيطات ، وأن حوالى ٢٪ منه مجمد فى الطبقات الجليدية فى القطبين الشمالى والجنوبى .

وينقسم الماء حسب مصادره إلى الأقسام الثلاثة التالية :

(٠/١/١) مياه تسقط على سطح الأرض من السحب على هيئة مطر أو ثلج .

(٠/٢/١) مياه سطحية .

(٠١/٢/١) مياه تجرى فى مسارات ، مثل الأنهار ، تمتد من منابع عالية وتأخذ طريقها إلى مصابها ، وتأتى هذه المياه إما من الأمطار التى تهطل على أعالى الجبال ، أو تنتج عن ذوبان الثلوج الموجودة على قمم المرتفعات ، وسواء كانت من مطر أو ثلج فماؤها أصلا من أنقى أنواع المياه ، ولكنه ينحر فى الصخور التى يجرى خلالها فتحمله بمواد متعددة بكميات تختلف حسب نوع هذه الصخور وطبيعتها ، ويبقى بعضها عالقا فى الماء فيما يذوب البعض الآخر فيه . كما أن النهر يتعرض خلال مساره من المنبع حتى المصب إلى تغيرات فى تكوينه ومحتواه بما قد يتسرب إليه من مواد صلبة كانت أو سائلة .

(٠٢/٢/١) مياه تتجمع على هيئة بحيرات ، وهذه إما أن تكون مياهها عذبة أو مالحة ، ويبقى محتوى هذه البحيرات ثابتا فى نوعيته إذا ماكانت تصب فيه الأنهار مايعوض الذى تفقده من مياه عن طريق البخر . أما إذا كان مايصلها من مياه عذبة أقل مما يتبخر منها فإنها تزداد على الأيام تركيزا .

(٠٣/٢/١) مياه البحار والمحيطات وهى مياه مالحة تختلف ملوحتها من مكان إلى آخر .

(٠٤/٢/١) مياه متجمدة فى المناطق القطبية وهذه مياه عذبة على أكبر جانب من النقاء .

(٠/٣/١) مياه جوفية تتكون مما يتسرب خلال طبقات الأرض المسامية من المياه السطحية ، وهذه تختلف فى نوعيتها حسب نوعية المياه السطحية التى بدأت منها وحسب نوعية الصخور التى تسربت خلالها وتجمعت بينها .

(٢) الدورة الهيدرولوجية للماء

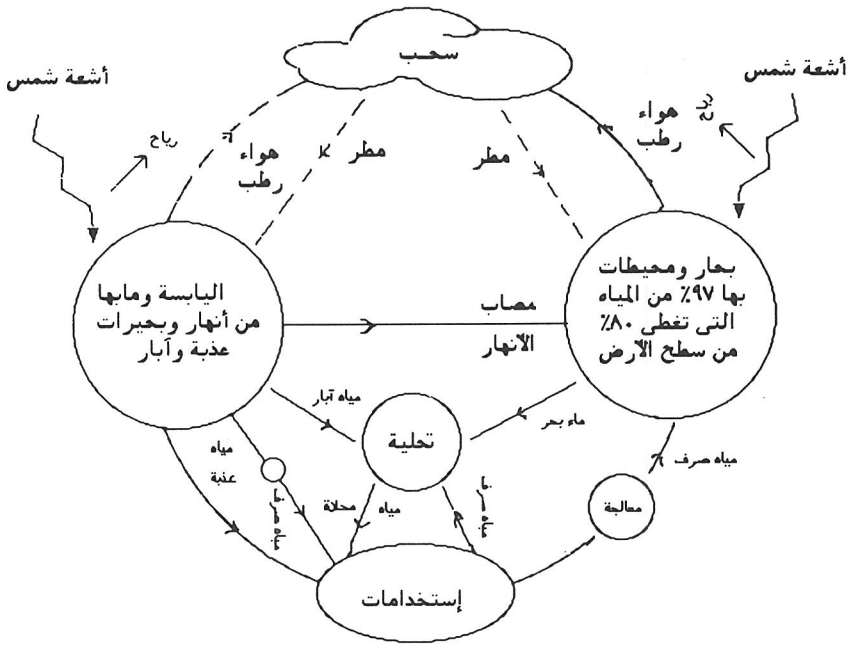
بالرغم من أن البحار والمحيطات التى تحتوى على أكثر من ٩٧٪ مما على الأرض من ماء لاتسمح ملوحة مائها بإستخدام النباتات والحيوانات لها ، إلا أنها تبقى المصدر الرئيسى للمياه العذبة . ويتم ذلك عن طريق مايعرف بالدورة الهيدرولوجية للماء . وخلال هذه الدورة يتبخر ماء البحار والمحيطات بواسطة الطاقة الحرارية التى تصل إلى الأرض مع أشعة الشمس حيث تمتص المياه هذه الطاقة مما يسبب البخر الذى يسبب بدوره زيادة درجة رطوبة الهواء الملامس لسطح الماء ، وتحرك الرياح هذا الهواء الرطب إلى أماكن أخرى من طبقات الجو حيث تسود درجات الحرارة المنخفضة ، وعندما يبرد الهواء الرطب ينفصل محتواه من الماء ليتساقط على هيئة مطر أو ثلوج حسب مدى إنخفاض درجة الحرارة .

والجزء من هذا الماء الذى يتساقط على اليابسة هو الذى يعوض مايستهلكه الإنسان من مياه الأنهار والبحيرات والآبار والينابيع . وبعد أن يستخدم الإنسان الماء يأخذ الجزء الأكبر منه طريقه إلى البحار كمياه صرف فتكتمل بذلك الدورة الهيدرولوجية (شكل ١) .

(٣) خصائص الماء وطبيعته

(٠١/٣) خصائص الماء

لعل من أهم مايميز الماء عن غيره من المواد هو ثباته كمركب كيميائى ، وربما يكون الماء أثبت مركب كيميائى معروف ، فالكميات الموجودة منه على ظهر الأرض هى نفسها التى كانت منذ ملايين السنين .



شكل (١) : الدورة الهيدرولوجية للماء

يسخن الماء ويبرد ويتجمد ويتبخر ويستخدم كمذيب لمواد أخرى ويتعرض لكافة التغيرات الكيميائية والفيزيائية ، ولكنه يرجع مرة أخرى كما كان ماءً سائلا . فى حين أن أكثر مايستعمله الإنسان من مواد كالمعادن والكيماويات والوقود والمواد العضوية الأخرى تفقد ذاتيتها الأصلية بالأكسدة أو غيرها من التغيرات ، ويتطلب إرجاعها إلى حالتها الأولى عناءً كثيراً . وخاصية ثبات الماء هذه هى التى تمكننا من إستخدام وسائل شتى وطرق متنوعة لتنقيته من الشوائب التى تعلق به أو تنوب فيه .

والخاصية الثانية الهامة للماء هى قدرته الفائقة على الإذابة ، ويمكن للماء أن يذيب مواد صلبة وسائلة وغازية ، وينتج عن ذلك محاليل قد تحتوى على المذاب فى حالة تأين مثل كلوريد الصوديوم أو غير متأين كالأكسجين الذي ينوب فى حالته الجزيئية ، وقدرة الماء الفائقة على الإذابة التى تسبب إزدياد ملوحته وبالتالى تزيد من الحاجة إلى إزالة هذه الملوحة .

(٠٢/٣) طبيعة الماء [٤]

إذا إستعرضنا الخواص الفيزيائية للماء من درجة تجمد ودرجة غليان وحرارة نوعية وحرارة كامنة ، وقارنا هذه الخواص بمثيلاتها للمواد التى تتقارب مع الماء فى أوزانها الجزيئية ، لوجدنا أن جميع خواص الماء أعلى بكثير مما يمكن التنبؤ به من وزنه الجزيئى إذا ماقورن بمركبات الهيدروجين الأخرى المشابهة . فمثلا كان من المفروض أن يتجمد الماء عند درجة -١٠٠° فى حين أنه يتجمد عند الصفر المئوى ، كما أنه كان من المفروض أن يغلى عند درجة ٩٠° فى حين أنه يغلى عند درجة ١٠٠°. وإذا حاولنا تعليل ذلك فمن الضرورى أن نرجع إلى التركيب الكيميائى للماء والترتيب الموضعى للذرات المكونة لجزيئه.

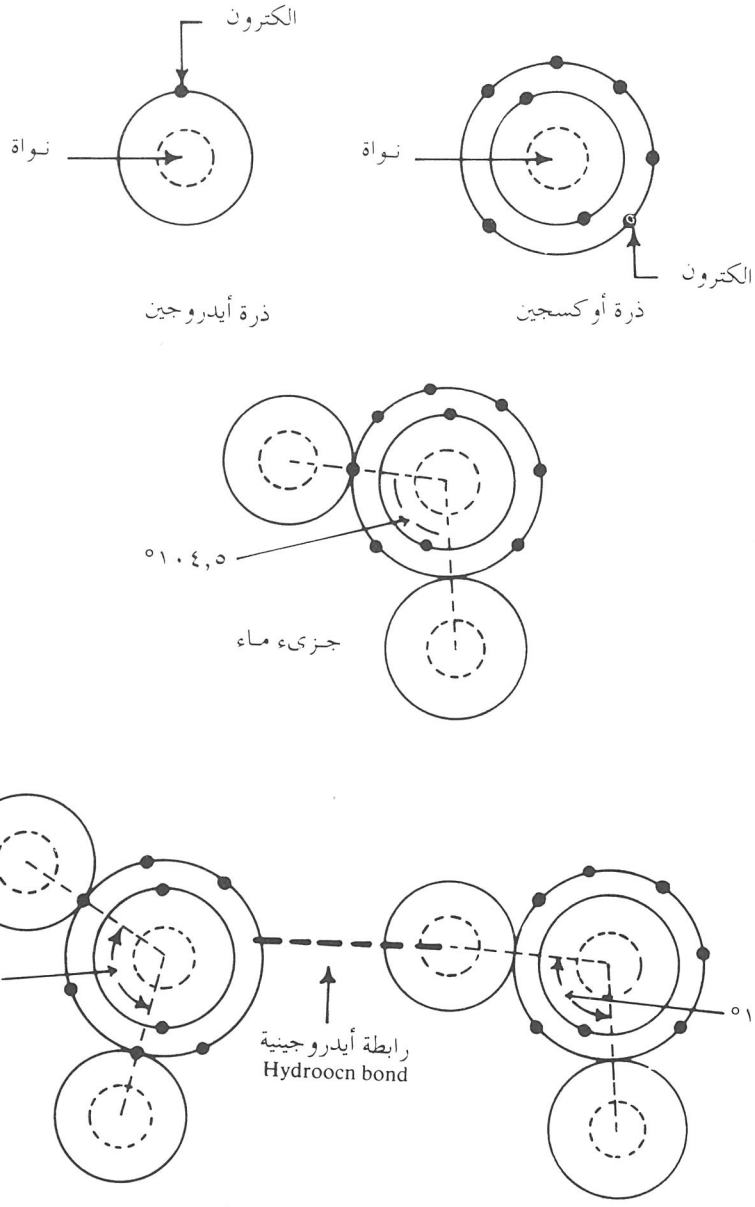
صحيح أن الماء ليس كله $H^1{}_2O^{16}$بل أنه خليط من مركبات تجمع بين الهيدروجين (H^1) والديوتيريوم (D^2) والتريتيوم (Tr^3) مع أى نظائر الأكسجين

الثابتة O^{16}, O^{17}, O^{18} وأهم هذه المركبات هى H_2O^{18} و H_2O^{16} و D_2O^{16} و HDO^{16} و H_2O^{17} إلى جانب H_2O^{16} نجد أن المركبات الأخرى لاتوجد إلا بكميات ضئيلة جدا لاتتعدى مثلا ٢٠٠٠ جزء فى المليون بالنسبة للمركب H_2O^{18} و ٢٠٠ جزء فى المليون للمركب D_2O^{16} المعروف بالماء الثقيل (Heavy Water) ولهذا فمن الناحية العلمية يمكننا أن نعتبر أن الماء يتكون من مركب واحد هو H_2O^{16} وعليه فيمكننا أن نقول أن الزيادة الطفيفة التى تترتب على وجود المركبات الأثقل من H_2O^{16} لايمكن أن تعلل الإرتفاع الكبير فى الخصائص الفيزيائية للماء .

وإذا رجعنا إلى التركيب الفراغى لجزئ الماء (شكل ٢) نجد أن وضع ذرتى الهيدروجين بالنسبة لكل ذرة أكسجين هو أن الخطين الممثلين لقوة الجذب بين نواة الأكسجين ونواتى ذرتى الهيدروجين ليسا على إمتداد واحد ولكنهما يكونان زاوية قدرها ١٠٤ر٥° درجة وهذا يعطى جزئ الماء خاصيته القطبية الثنائية Dipole Nature والتى يترتب عليها أن الجزئ يصبح وكأنه مغناطيس ذو قطبين أحدهما موجب ناحية ذرة الهيدروجين والآخر سالب ناحية ذرة الأكسجين ومن ثم يتقارب القطب الموجب لأحد الجزيئات بالقطب السالب لجزئ آخر ويتكون عن ذلك رابطة بين الجزيئين تسمى رابطة هيدروجينية (Hydrogen bond) ونتيجة لتكون مثل هذه الراوبط تكون جزيئيات الماء تجمعات (Clusters) فى كل منها على الأقل خمس جزيئيات من جزيئات الماء . وتعزى كثير من الخواص الفريدة للماء لخاصية القطبية الثنائية ولوجود جزيئاته على هيئة تجمعات .

(٠/٣/٣) الخواص الفريدة للماء

إذا قورن الماء بغيره من المواد التى لها نفس الوزن الجزيئى فإنه يتضح أن أغلب خصائص الماء لاتتفق مع تدرج هذه الخواص مع الوزن الجزيئى ، ومن



جزيئان من جزيئات الماء بينهما رابطة أيدورجينية

شكل (٢) التركيب الفراغي لجزيئات المـاء

الروابط الداخلية ــ ــ ــ ــ

الروابط الهيدروجينية ــ ــ ــ ــ

أهم الخواص الفريدة هذه :

إرتفاع درجة التجمد

إرتفاع درجة الغليان .

كبر الفرق بين درجة التجمد ودرجة الغليان .

إرتفاع الحرارة الكامنة اللازمة للتبخير .

إرتفاع التوتر السطحى .

إنخفاض كثافة الماء فنظريا كان يجب أن تكون كثافة الماء ١ر٨٤ جم/سم٣ ولكنها فى المتوسط ١ جم/سم٣ .

وهناك درجتا حرارة عند كل منهما يظهر للماء خصائص فريدة :

فعند درجة ٤°م تصل كثافة الماء إلى أعلى قيمة لها .

وعند درجة ٣٥°م تصل حرارته النوعية إلى أقل قيمة لها .

وعند درجات حرارة أعلى من ٣٥م لاتتأثر اللزوجة بإرتفاع الضغط .

(٠٤/٣) تأثير الروابط الهيدروجينية وخاصية القطبية الثنائية

(٠١/٤/٣) قدرة الماء على إذابة المواد

عندما تذوب مادة مثل كلوريد الصوديوم NaCl فإن كل من أيون الصوديوم Na^+ وأيون الكلوريد Cl^- يحاط بمجموعة من جزيئات الماء وتحبسه هذه داخلها فيما يشبه القفص Cagelike Formation بواسطة الروابط الهيدروجينية ، وتعمل القطبية الثنائية على أن تصطف جزيئات الماء المحيط بأيون الكلوريد فتكون ذرات الهيدروجين بها موجهة إلى الداخل (شكل ٣) وتمنع هذه الأقفاص الجزيئية أيونى الصوديوم والكلوريد من التقارب وعودتهما إلى تكوين جزئ من كلوريد الصوديوم . وتعود قدرة الماء الفائقة على الإذابة إلى قدرته على إبعاد الأيونات بعضها عن بعض .

(٣/٤/٠٢) إرتفاع الحرارة الكامنة للتبخر Latent Heat of Vaporization

لكى يتم التبخر يجب على جزيئات الماء أن تتخلص من القوة التى تربطها مع بعضها ، ثم تتخلص من السطح منطلقة إلى الطور الغازى Gas Phase الملامس لسطح السائل ، ولما كان كل جزئ من جزيئات الماء مرتبط على الأقل بأربعة جزيئات أخرى بواسطة الروابط الهيدروجينية ، فإن وصول الماء من الطور السائل إلى الطور الغازى يحتاج إلى قدر كبير من الطاقة لكى يتغلب على الروابط الهيدروجينية . وإذا عرفنا أن الحرارة الكامنة لتبخر الماء حوالى ضعف الحرارة الكامنة لتبخر النوشادر NH_3 أو كبريتيد الهيدروجين H_2S لأدركنا الأثر الكبير للروابط الهيدروجينية .

(٣/٥/٠٣) خواص المحاليل المائية

(٣/٥/٠١) الرقم الهيدروجينى (pH Value) :

الماء مركب قطبى يساعد على تأين الأملاح ، وهذا بالتالى يسهل ذوبان هذه الأملاح فى الماء ، والماء يتأين هو نفسه إلى أيونات الهيدروجين H^+ والهيدروكسيل OH^- ويصل حاصل ضرب تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) وتركيز الهيدروكسيل (OH^-) عند درجة حرارة ٢٥م إلى $١٠^{-١٤}$ وهو مايسمى ثابت تأين الماء .

ثابت تأين الماء = $(H^+)\ (OH^-) = ١٠^{-١٤}$

ولقد أتفق على تعريف – لو (H^+) بالرقم الهيدروجينى أو الأس الهيدروجينى

$$pH = -\log_{10} (H^+)$$

فإذا تساوى تركيز أيونات الهيدروجين وأيونات الأيدروكسيل فإن الماء (أو الوسط) يسمى متعادلا ، وفى هذه الحالة يكون الأس الهيدروجينى حسب التعريف السابق هو (٧) . أما إذا زاد تركيز أيونات الهيدروجين لسبب أو لآخر عن $١٠^{-٧}$ ليصبح مثلا $١٠^{-٥}$ فإن تركيز أيونات الهيدروكسيل يكون $١٠^{-٩}$ وفى هذه الحالة يكون الماء أو الوسط حمضيا ، ويكون الأس الهيدروجينى (٥) ،

وإلى الجانب الآخر إذا قل تركيز أيونات الهيدروجين ليصبح مثلا $١٠^{-٨}$ فإن تركيز أيونات الهيدروكسيل يكون $١٠^{-٦}$ وعليه يكون الأس الهيدروجينى (٨) ، ويسمى الماء أو الوسط فى هذه الحالة قلويا .

الوسط الحمضى	المتعادل	الوسط القلوى
$(OH^-) < (H^+)$	$(OH^-) = (H^+)$	$(OH^-) > (H^+)$
$^{-٧}١٠ < (H^+)$	$^{-٧}١٠ = (H^+)$	$^{-٧}١٠ > (H^+)$
$pH > ٧$	$pH = ٧$	$pH < ٧$

(٣/٥/٠٢) حدود النوبانية

هناك حدود لنوبانية أغلب الأملاح فى الماء ، ويعبر عن هذا الحد عادة بما يسمى حاصل النوبانية Solubility Product ويرمز له بـ K_{sp} ، فإذا كان ملح ما يتأين كما يلى :

$$CA = C^+ + A^-$$

وإذا رمزنا إلى تركيز الأيون الموجب بـ (C^+) والأيون السالب بـ (A^-) فإن حاصل النوبانية

$$K_{sp} = (C^+)\ (A^-)$$

(٣/٦٠) ترسيب القشور من محاليل الأملاح (Scale Deposition)

إذا وجد فى الماء أيونات من الممكن أن تتجمع لتكون جزيئات قليلة النوبان بحيث يصبح الماء فائق التشبع بالنسبة لهذه المواد فإذا كانت الظروف ملائمة فإنها تترسب مكونة قشورا على السطوح الصلبة التى يلامسها المحلول .

وبالرغم من أن موادا كثيرة من الممكن أن تترسب مكونة قشورا ، إلا أنه فيما يتعلق بالتحلية فإن أهم الأيونات التى تتصف بهذه الصفة وتوجد فى جميع

المياه المالحة هى الكالسيوم Ca^{++} والماغنسيوم Mg^{++} والكبريتات $SO^{=}_4$ والكربونات $CO^{=}_3$ ولقد وجد أن أكثر الأملاح شيوعا فى القشور التى تترسب من المياه المالحة هى كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وهيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$ وكبريتات الكالسيوم $CaSO_4$. كما وجد أن كبريتات الكالسيوم تظهر على ثلاثة صور : لامائية $CaSO_4$ (انهيدريت Anhydrite) أو مائية كل جزيئين كبريتات مع جزئ ماء $CaSO_4.1/2\ H_2O$ أو كل جزئ كبريتات مع جزيئين ماء $CaSO_4.2H_2O$.

ولهذه الأملاح خصائص لاتتفق مع غيرها من الأملاح . فذوبانيتها تتناقص بإزدياد درجة الحرارة ، كما يتضح من الشكل (٣) . كما أن هذه الذوبانية تتأثر بوجود أملاح أخرى فى الماء . فمثلا ذوبانية كربونات الكالسيوم فى الماء النقى على ضآلتها (٥٠ جزء فى المليون) فإنها تصل إلى ١٠٠ جزء فى المليون فى ماء البحر ، هذا بالإضافة إلى أن كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم (مكونا القشور القلوية) تتأثر ذوبانيتهما إلى حد كبير بالرقم الهيدروجينى ، فى حين أن كبريتات الكالسيوم كأغلب الأملاح لا تتأثر ذوبانيتها بالرقم الهيدروجينى .

(٣/٦/٠١) مكونات القشور القلوية

إن الأيون الذى يعتبر أساسا لتكون قشور كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم هو البيكربونات $(HCO_3)^-$ وهذا الأيون الشائع فى غالبية المياه يتكسر بإرتفاع درجة الحرارة عن ٧١ درجة مئوية ليعطى أيون الكربونات وغاز ثانى أكسيد الكربون

$$2HCO\text{-}3 \text{ --->} H\ CO^{-}_3 + CO_2 + H_2O$$

فإذا أنتزع ثانى أكسيد الكربون من المحلول فإن أيون الكربونات يترك ليتحد مع أيونات الكالسيوم الموجودة بالماء مكونا كربونات الكالسيوم ، أما أيونات الكربونات الباقية فتتكسر إذا إستمر تسخين الماء لتعطى أيونات هيدروكسيل

$$HCO^{-}_3 + H_2O \text{ ---> } CO_2 + 2(OH)^-$$

ويتصاعد ثانى أكسيد الكربون تاركا أيونات الهيدروكسيل لتتحد مع أيونات الماغنسيوم مكونة هيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$ وهو مركب نوبانه قليل إلى أقصى حد .

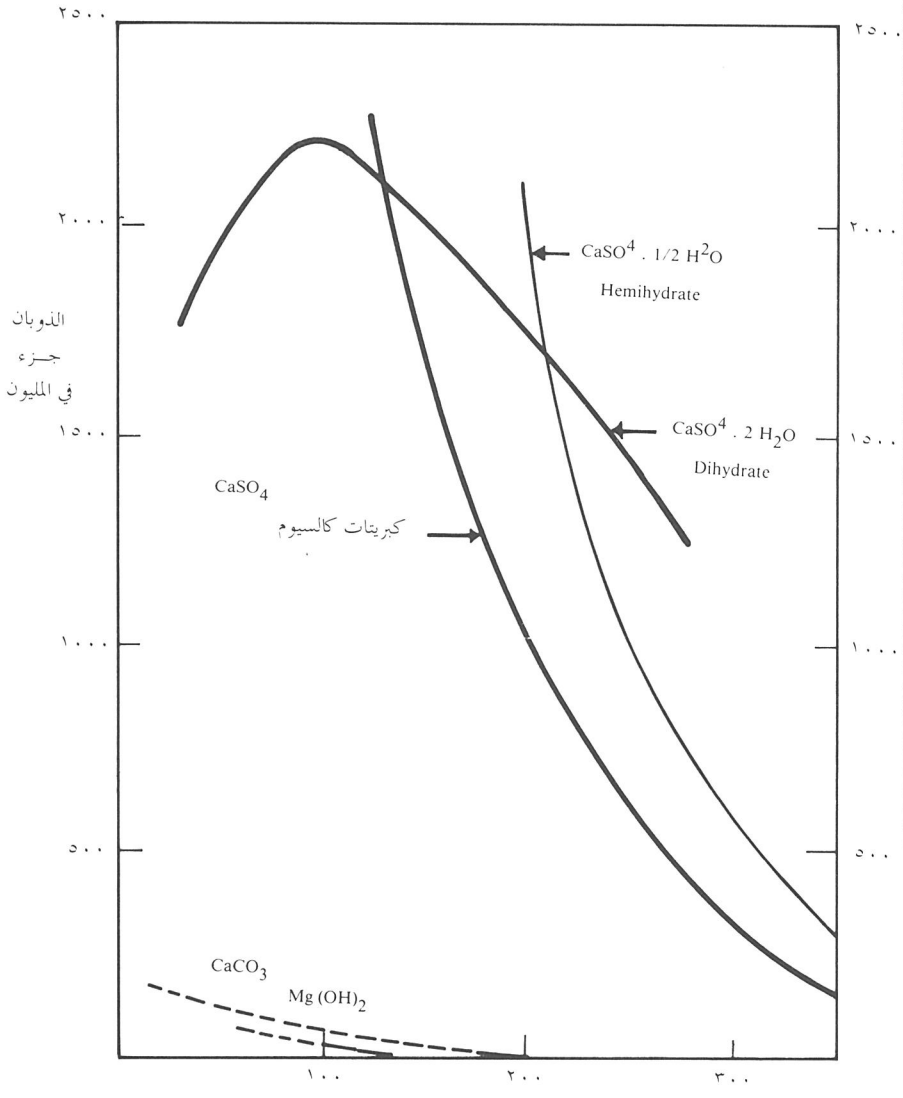
وهكذا يتضح أن كلتا المادتين المكونتين للقشور القلوية تنتجين من تكسر أيونات البيكربونات . وكما أسلفنا فإن هاتين المادتين يتأثر نوبانهما بالرقم الهيدروجينى ، ولذلك نجد أنهما ينوبان فى الأحماض ، فزيادة الرقم الهيدروجينى لماء البحر من ٧ إلى ٨ يضاعف نوبانية كربونات الكالسيوم عشر مرات ، والحامض لايزيد من نوبانية هاتين المادتين فحسب بل أنه يمنع تكونها لأنه يزيل أيونات البيكربونات التى هى السبب الأساسى فى تكونهما .

$$HCO^-_3 + H^+ \text{ ---> } CO_2 + H_2O$$

وعلى ذلك فمعادلة البيكربونات الموجودة فى الماء المالح بالأحماض قبل دخوله إلى أجهزة التحلية هى إحدى الطرق المستخدمة لمنع تكون القشور حيث تضاف كمية من الحامض تكفى فقط للمعادلة ، وبعد ذلك يتم إنتزاع ثانى أكسيد الكربون ، وفى حالة وجود أى زيادة من الحامض فيجب معادلته حتى لايتسبب فى تاكل الأجهزة .

(٠٢/٦/٣) قشور الكبريتات

إن المحاليل التى أزيلت منها أيونات البيكربونات بالمعالجة بالحامض قد تحتوى على أيونات كالسيوم وكبريتات وهذه تحت الظروف المواتية من درجات الحرارة والتركيز تتحد مكونة رواسب على هيئة قشور من كبريتات الكالسيوم ويعتمد تكون هذه القشور أساسا على حدود النوبانية للأيونات التى تكونها ، ويبين الشكل (٣) تأثير الحرارة على نوبانية كبريتات الكالسيوم بصورها المختلفة ، والذى يتضح منه أن من المتوقع أن تتفاقم مشاكل ترسيب قشور الكالسيوم كلما إرتفعت درجات الحرارة ، ولذلك فإنه إذا لزم رفع درجة الحرارة



شكل (٣) ذوبانية الأملاح المكونة للقشور في الماء

Solubility of scale-forming salts in pure water

عن حدود معينة فإن ذلك يستوجب إزالة إما أيونات الكالسيوم أو الكبريتات ، وهناك ثلاثة طرق يمكن إستخدامها للقيام بذلك :

(أ) التبادل الأيونى لإحلال أيونات الصوديوم محل الكالسيوم والكلوريد محل الكبريتات .

(ب) المعالجة بكربونات الماغنسيوم لترسيب أيونات الكالسيوم على هيئة كربونات كالسيوم ثم المعالجة بالجير المطفأ لإزالة كمية أخرى من الكالسيوم

$$CaCl_2 + MgCO_3 \longrightarrow MgCl_2 + CaCO_3$$

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2H_2O + 2CaCO_3$$

(جـ) التناضح العكسى بإستخدام أغشية معينة لها إنتقائية تسمح بإزالة الأيونات ذات التكافؤ الأعلى مثل الكالسيوم .

وبالرغم من ذلك فإن أنجح طريقة لتلافى ترسب قشور كبريتات الكالسيوم هى بالتشغيل عند درجات الحرارة التى تكون عندها نوبانية كبريتات الكالسيوم أعلى من تركيزها فى المحاليل .

(٤) مواصفات الماء من مصادره الطبيعية والشوائب الموجودة فيه

(٤/٠١) مياه الأمطار والأنهار

مياه المطر أو الثلوج المتساقطة من أنقى أنواع المياه ، فمصدرها بخار الماء النقى ، ولكن المقدرة الفائقة للماء على الإذابة تمكن مياه المطر من إذابة ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الجو حتى قبل أن تصل هذه المياه إلى سطح الأرض ، كما أنها قد تذيب بعض الغازات الأخرى الموجودة فى الجو .

وما أن تصل المياه إلى سطح الأرض وتلامس موادا قابلة للذوبان حتى تبدأ فى إذابتها . وكلما طال مسار المياه على سطح الأرض أو خلالها كلما زاد

هذا المحتوى . ففى حين نجد أن مياه البحيرات الجبلية قد لايزيد محتواها من المواد الصلبة الذائبة عن ١٠٠ جزء فى المليون ، فإن هذا المحتوى يزيد بعد أن تأخذ هذه المياه طريقها نحو المصب ، وذلك لسببين : أولهما إذابة بعض المواد الموجودة فى السطوح التى تجرى عليها ، والسبب الآخر هو ماتتعرض له من إذابة بعض المواد الموجودة فى السطوح التى تجرى عليها ، والسبب الآخر هو ماتتعرض له من بخر يزيد من تركيز محتواها من المواد الصلبة الذائبة . كما أن نوعية الماء فى الأنهار قد تتدهور بفعل مايصرف فيها من مياه صرف . فمن المعروف أن إستخدام الإنسان للماء يزيد محتوى الماء من المواد الصلبة الذائبة بمقدار ٢٠٠ إلى ٣٠٠ جزء فى المليون عن محتواه الأصلى .

(٠٢/٤) مياه البحار

إن ماء البحر وغيره من أصناف المياه المالحة التى منها يستخلص الإنسان مياهه العذبة ماهى – فى الحقيقة – إلا محاليل مائية للأملاح ، ويختلف التركيز الكلى للأملاح فى مياه البحر من مكان إلى آخر . وكما يتضح من الجدول (١) فهو فى البحر الأحمر ومياه الخليج العربى يعادل تقريبا ستة أضعاف قيمته فى

	جزء فى المليون
بحر البلطيق	٧٠٠٠
البحر الأسود	١٣٠٠٠
البحر الإدرياتيكى	٢٥٠٠٠
المحيط الهادى	٣٣٦٠٠
المحيط الهندى	٣٣٨٠٠
البحر الأبيض المتوسط	٣٩٤٠٠
الخليج العربى (الكويت)	٤٢١٠٠
البحر الأحمر (جدة)	٤١٢٠٠
البحر الأحمر (ينبع)	٤٣٣٠٠

ويعزى هذا الإختلاف الكبير فى التركيز الكلى للأملاح إلى عوامل متعددة أهمها :

(أ) كمية المياه العذبة التى تصب فى البحر ، فبحر البلطيق مثلا تأتيه مياه عذبة كثيرة من الأنهار التى تصب فيه ، ومن الأمطار التى تنهمر عليه ، ومن الثلوج الذائبة التى تجد طريقها إليه ، أما البحر الأحمر فلا تصب فيه أنهار ، وحظه من المطر قليل .

(ب) أثر العوامل المناخية على كمية المياه المتبخرة ، والأحوال الجوية السائدة فى المناطق الحارة كمنطقة الخليج العربى والبحر الأحمر التى تساعد على كثرة البخر ، وبالتالى على زيادة تركيز الأملاح .

وبالرغم من أن الإختلاف فى التركيز الكلى للأملاح كبير إلا أن تحليل عينات كثيرة من مياه البحار فى أنحاء مختلفة من العالم أثبت أن التركيب الكيميائى لمكونات الأملاح لايختلف كثيرا من مكان لآخر بحيث يمكننا أن نعتبر التركيب المبين فى الجدول (٢) لعينة من مياه البحر ممثلا للتركيب النسبى لمياه البحر على وجه العموم .

(جدول ٢)

التركيب النسبى لمكونات الأملاح الذائبة فى عينة قياسية من مياه البحر

المركب		حامض بوريك التركيز (جزء فى المليون)	النسبة المئوية
كلوريد صوديوم	$NaCl$	٢٣٤٧٦	٦٨ر٠٨
كلوريد ماغنسيوم	$MgCl_2$	٤٩٨١	١٤ر٤٤
كبريتات صوديوم	Na_2SO_4	٣٩١٧	١١ر٣٦
كلوريد كالسيوم	$CaCl_2$	١١٠٢	٣ر٢٠
كلوريد بوتاسيوم	KCl	٦٦٤	١ر٩٢
بيكربونات صوديوم	$NaHCO_3$	١٩٢	٠ر٥٦
بروميد بوتاسيوم	KBr	٩٦	٠ر٢٨
حامض بوريك	HBO_3	٢٦	٠ر٠٨

كلوريد سترنشيوم	$SrCl_2$	٢٤	٠ر٠٧
فلوريد صوديوم	NaF	٣	٠ر٠١
المجموع الكلـــــــى		٣٤٤٨١	١٠٠ر٠٠

هذا وبالرغم من أنه أمكن إثبات وجود حوالى ٤٠ أيونا فى مياه البحر إلا أن أحد عشر فقط من هذه الأيونات هى التى يزيد تركيزها عن جزء واحد فى المليون ، ويبين الجدول (٣) التركيب الأيونى لعينة قياسية من مياه البحر .

جدول رقم (٣)

التركيب الأيونى لعينة قياسية

من مياه المحيطات (٤)

الأيونات الموجبة	(Cations)	جزء فى المليون
الصوديوم	Na^+	١٠٥٥٦
الماغنسيوم	Mg^{++}	١٢٧٢
الكالسيوم	Ca^{++}	٤٠٠
البوتاسيوم	K^+	٣٨٠
سترنشيوم	Sr^{++}	١٣
مجموع الأيونات الموجبة		١٢٦٢١

الأيونات الموجبة	(Cations)	جزء فى المليون
كلوريد	Cl^-	١٨٩٨٠
كبريتات	$SO4^{--}$	٢٦٤٩
بيكربونات	HCO_3^-	١٤٠
فلوريد	F^-	١ر٤
بروميد	Br^-	٦٥
	مجموع الأيونات الموجبة	٢١٨٣٥ر٤
حامض بوريك	$H_3 BO_3$	٢٦
	المجموع الكلى	٣٤٤٨٢ر٤

وتأكيدا لما سبق أن ذكرناه من أن مياه البحر مهما إختلف مصدرها والتركيز الكلى للأملاح بها فإن نسبة وجود الأيونات فيها لاتختلف إلا إختلافا بسيطا عن بعضا البعض ، ويبين الجدول (٤) التركيب الأيونى لعينة قياسية لمياه البحر مقارنة بالتركيب الأيونى لعينة من مياه الخليج عند الجبيل ، وأخرى من مياه البحر الأحمر عند ينبع .

جدول رقم (٤)

مقارنة التركيب الأيونى لمياه البحار (٤)

	جزء فى المليون			النسبة المئوية		
	*	الجبيل	ينبع	*	الجبيل	ينبع
Na^+	١٠٥٥٦	١٣١٦٢	١٣٣٦٠	٣٠٫٦١	٣٠٫٦٤	٣٠٫٩١
K^+	٣٨٠	٤٧٣	٤٠٠	١٫١٠	١٫١٠	٠٫٩٣
Ca^{++}	٤٠٠	٤٩٧	٤٧٥	١٫١٦	١٫١٦	١٫١٠
Mg^{++}	١٢٧٢	١٥٨٤	١٥٥٥	٣٫٦٩	٣٫٦٩	٣٫٦٠
Cl^-	١٨٩٨٠	٢٣٥٩٠	٢٣٥٠٠	٥٥٫٠٤	٥٤٫٩٢	٥٤٫٣٧
SO_4^{--}	٢٦٤٩	٣٤٥٨	٣٦٧٥	٧٫٦٨	٨٫٠٥	٨٫٥٠
HCO_3^-	١٤٠	١٧٣	١٤٦	٠٫٤١	٠٫٤٠	٠٫٣٤
TDS	٣٤٤٨٢	٤٢٩٥٣	٤٣٢٢١			

* عينة عيارية من ماء البحر / Typical Sea Water Sample

(٠٣/٤) مياه مالحة من مصادر أخرى

ليست البحار والمحيطات هى المصدر الوحيد للمياه المالحة ، فهى قد تأتى أيضا من جوف الأرض أو من الآبار والينابيع ، غير أن هذه المياه تختلف عن مياه البحر ليس فقط فى كون التركيز الكلى للأملاح فيها أقل بكثير من مياه البحر ، ولكنها تختلف فى نسب أملاحها عن مياه البحر ، كما تختلف أيضا فيما بينها من حيث التكوين الكيميائى (أنظر جدول رقم ٥) وهذا يرجع إلى إختلاف الطبقات الجيولوجية التى تمر خلالها هذه المياه ، والتى تختلف فى محتواها من المواد ، ويطلق على المياه التى يكون التركيز الكلى للأملاح فيها أقل من مياه البحر ، ولكنه أعلى مما يسمح بإستخدام الكائنات الحية له إسم المياه متوسطة الملوحة (Brackish Water) كما يطلق عليها أيضا إسم الماء الزعاق أو الماء الأخضم أو المياه الصليبية .

جدول (٥) الماء متوسط الملوحة Brackish Water
والإختلاف فى التركيز والمكونات تبعا لمصدره (٤)

		مصدر ١ جزء فى المليون	مصدر ٢ جزء فى المليون	مصدر ٣ جزء فى المليون	مصدر ٤ جزء فى المليون	مصدر ٥ جزء فى المليون
الأيونات الموجبة						
الصوديوم	Na^{+}	١١٧٠	٥٠٠	٤٩٤	٥٤٢	٧٤
الكالسيوم	Ca^{++}	١٤٨	١٢٠	٦٥	١٠٢	٢٠٤
الماغنسيوم	Mg^{++}	٤٧	٧٢	٤٠	٥٤	١٢٧
البوتاسيوم	K^{+}	–	٩	–	–	–
الحديد	Fe^{++}	١	–	٢	–	–
المنجنيز	Mn^{++}	–	–	١	–	–
البورون	B^{+++}	–	٣	–	–	–
مجموع الأيونات الموجبة		١٣٦٦	٧٠٤	٦٠٢	٦٩٨	٤٠٥
الأيونات السالبة						
الكلوريد	Cl^{-}	٢٠٤٠	٢٥٢	٧٢	١٠٩٠	٥٠
الكبريتات	SO_4^{--}	١٣٧	١١٧٠	١٠٦٠	٣٨	٩٨٤
البيكربونات	HCO^{-}_3	٩٦	–	٢٦٠	١١٠	١٥٩
الكربونات	CO_3^{--}	–	–	–	–	–
النترات	NO_3^{-}	–	٠ر٨	٤	–	–
الفلوريد	F^{-}	–	٠ر٢	–	–	–
مجموع الأيونات السالبة		٢٢٧٣	١٤٢٣	١٣٩٦	١٢٣٨	١١٩٣
السيليكا	SiO_2	٢٥	–	–	–	–
المجموع الكلى		٣٦٦٤	٢١٢٧	١٩٩٨	١٩٣٦	١٥٩٨
الرقم الهيدروجينى		٧ر١		٧ر٤	٧ر٨	٧ر٢

ومن الممكن تقسيم المياه حسب درجة ملوحتها إلى الأقسام التالية :

مـــــاء عـــــذب	به ٥٠ – ١٥٠٠ جزء فى المليون أملاح ذائبة
مـاء مـتـوسط الملوحـة	به ١٥٠٠ – ٢٥,٠٠٠ جزء فى المليون أملاح ذائبة
مـــــاء بـحـــــر	به ٢٥,٠٠٠ – ٥٠,٠٠٠ جزء فى المليون أملاح ذائبة
محاليل ملحية (Brine)	بها أكثر من ٥٠,٠٠٠ جزء فى المليون

(٠٤/٤) العوالق والشوائب الأخرى الموجودة فى مياه البحر

يوجد فى مياه البحر عدد كبير من الكائنات الحية منها ماله قابلية واضحة للإلتصاق والنمو على الأسطح المعرضة لهذه المياه مما يسبب خشونة هذه الأسطح ، وضيق المسارات التى يمر فيها الماء . كما أن هناك بعضا من الأحياء المائية لديه القدرة على حفر ثقوب فى الخشب والبلاستيك ، بل وفى الخرسانة ، وتوجد طرق عديدة يمكن إستخدامها للتغلب على هذه المتاعب ، ومن هذه الطرق إستخدام أيون النحاس Cu^{++} ، كما تستخدم الدهانات الواقية المحتوية على النحاس أو غيره من المواد السامة للكائنات الدقيقة ، هذا بالإضافة إلى أن المعالجة بالكلور تجد إستخداما واسعا فى هذا المجال .

وبالإضافة إلى المواد العضوية التى توجد فى مياه البحر على هيئة كائنات حية أو ميتة سواءً كانت من أصل حيوانى أو نباتى ، فإن مياه البحر تحتوى على تشكيلة كبيرة من المركبات العضوية الذائبةمثل الهيدروكربونات (التى تأتى من تلوث مياه البحر بالنفط الخام المتسرب من الناقلات) وغيرها من المركبات التى تشتمل عليها المخلفات والعوادم التى تجد طريقها إلى البحر ، وفى الحالات العادية فإن تركيز المواد العضوية يكون فى حدود ٢ جزء فى المليون .

ومن المحتويات الأخرى لمياه البحر العوالق الصلبة ، وبالذات فى المياه القريبة من الشواطئ التى قد تحتوى على مواد معدنية نقلتها مياه البحر من مصاب مياه الأنهار أو نتجت عن نحر التيارات والأمواج للشواطئ . بالإضافة

إلى أن مياه البحر تحمل جسيمات غروية Colloidal Particles وهى جسيمات أحجامها بين أحجام المواد الذائبة والمواد العالقة وتتراوح هذه الأحجام بين ١٠ - ١٠٠ انجستروم ، وهذه عادة تكون مواد طينية تتكون أساسا من سيليكات الألومنيوم . والمواد الغروية هذه تسبب مشاكل كثيرة فى وحدات التحلية التى تستخدم الأغشية ، مثل التناضح العكسى Reverse Osmosis على وجه الخصوص لأنها قد تصل إلى سطح الأغشية وتتراكم عليه فى حالة غياب المعالجات الكيماوية ، مسببة غلق مسام هذه الأغشية التى تقوم بدور رئيسى فى عملية فصل الماء العذب من المياه المالحة .

(٥) ملوثات الماء

تنقسم ملوثات الماء حسب طبيعتها إلى ثلاثة أقسام:

(٠١/٥) ملوثات كيميائية ، وهذه بدورها تنقسم إلى قسمين :

(٠١/١/٥) ملوثات غير عضوية

ويتوقف مدى ضرر وجود هذه المواد على الغرض الذى يستخدم الماء من أجله ، فدرجة تركيز المواد الذائبة هى التى تحدد مدى صلاحية إستعمال الكائنات له من نبات وحيوان ، كما أن هناك بعض العناصر التى يسبب وجودها بأكثر من حدود معينة ، أخطار التسمم فى الإنسان والحيوان مثل بعض الفلزات الثقيلة والزرنيخ . كما أن هناك بعض الإستعمالات الأخرى التى تتأثر بنوعية المواد غير العضوية الموجودة فى الماء مثل المواد التى تسبب عسر الماء Hardness وهى أملاح الكالسيوم والماغنسيوم التى تجعل إستعماله فى الغسيل معوقا لفاعلية المنظفات المختلفة كالصابون والمنظفات الصناعية .

ومن المواد الملوثة أيضا الحديد والمنجنيز والخارصين التى تؤثر على خواص الماء المؤثرة على الحواس Organoleptic Properties ، والنحاس الذى يحتاجه الإنسان بكميات قليلة ولكنه يصبح ساما إذا زاد تركيزه عن حدود معينة ، هذا بالإضافة إلى المواد المشعة .

(٠٢/١/٥) ملوثات عضوية

وهناك مواد عضوية كثيرة تعتبر من ملوثات الماء ، وهذه عادة تنقسم إلى أربعة أقسام :

الفينولات ومشتقاتها :

وجود هذه المواد فى الماء يشير إلى تلوثه من الصرف الصناعى ، وأسوأ آثار وجود هذه المواد أنها فى وجود الكلور تتحول إلى كلوروفينولات تجعل طعم الماء غير مستساغ ، وبالرغم من أن الفينول لايعطى للماء طعما حتى يصل تركيزه إلى ١ مكروجرام/لتر ، فإن الكلوروفينولات تغير طعم الماء حتى إذا كان تركيزها ٠,٠١ ميكروجرام/لتر ، ومركبات الفينول قد تسبب الأمراض الخبيثة للإنسان .

المنظفات :

وهذه مصدرها مياه الصرف المنزلى والصناعى على حد سواء ، ومن مساوئ هذه المواد تكوين الرغاوى التى قد تعوق عمليات معالجة المياه ، كما أن وجود طبقة منها على سطح الماء يعوق ذوبان الأكسجين فيه .

المبيدات الحشرية :

وهذه مصدرها مياه الصرف الزراعى أو الصناعى ، وترجع خطورتها إلى أنها إذا وجدت طريقها إلى جسم الإنسان ولو بكميات قليلة فإنها تتراكم بمرور الزمن فى بعض أعضائه مسببة آثاراً سيئة .

مواد عضوية قابلة للتكسر بيولوجيا Biodegradable :

وتحصر الخواص الضارة لهذه المواد فى كونها تستهلك الأكسجين الذائب فى الماء أثناء تكسرها .

(٠٢/٥) ملوثات فيزيائية

(٠١/٢/٥) مواد صلبة عالقة

(٠٢/٢/٥) درجة الحرارة :

يتسبب إلقاء مياه التبريد الساخنة فى المسطحات المائية فى إرتفاع درجة الحرارة عن الحد الذى تتحمله الأسماك ، ولما كانت المياه الساخنة أقل كثافة فإنها تطفو على السطح مسببة غوص الأسماك إلى الطبقات السفلى من الماء التى يقل فيها تركيز الأكسجين المذاب مما يعرض الثروة السمكية إلى آثار سلبية ، هذا بالإضافة إلى أن إرتفاع درجة الحرارة يزيد من التفاعلات البكتريولوجية التى تؤدى إلى نفاذ الأكسجين الذائب فى الماء .

(٠٣/٢/٥) اللون :

إن تغير لون الماء بالإضافة إلى أنه مظهر واضح من مظاهر التلوث فإنه يقلل من نفاذ ضوء الشمس مما يعوق التمثيل الضوئى فى المسطحات المائية .

(٠٤/٢/٥) الزيوت الطافية تعوق مسار الضوء كما أنها تمنع ذوبان أكسجين الهواء فى الماء ، وإذا أستخدمت مثل هذه المياه للتبريد أو التحلية فإن ذلك يسبب كثيرا من المتاعب .

(٠٣/٥) ملوثات بيولوجية

(٠١/٣/٥) البكتريا والفيروسات وينحصر أثرها فيما تسببه من أمراض .

(٠٢/٣/٥) إفرازات الكائنات الدقيقة حيوانية كانت أو نباتية ، وهذه قد تسبب تغير طعم الماء أو رائحته ، كما أن بعضها قد يكون ساما .

(٦) إستخدامات الماء المختلفة والمواصفات اللازمة لها

(٠١/٦) أنماط إستهلاك المياه [١]

تختلف أنماط إستهلاك المياه فى العالم إختلافا كبيرا ، ففى حين يصل فى البلاد المتقدمة صناعيا إلى ٦٠٠ لتر للفرد فى اليوم ، فإنه ينخفض إلى حوالى

٣٠ لترا للفـــرد فى اليوم فى البـــلاد الفقـيرة فى مصـــادرها المائيـــة ، ويبين الجدول التالى أنماط الإستهلاك فى بعض بلدان العالم :

الدولـــــة	إستهلاك الفرد لتر/يوم	إستهلاك الفرد جالون/يوم
الولايات المتحدة الأمريكية	٥٦٨	١٥٠
اسكتلندة	٤١٥	١١٠
الدانمرك	٣٤٠	٩٠
اليابان	٣٠٣	٨٠
إنجلترا	٢٩٠	٧٧
المملكة العربية السعودية	٢٤٥	٦٥
تركيا	٢٢٥	٦٠

وفى الولايات المتحدة الأمريكية تمثل الإستخدامات المنزلية ٤٠٪ من مجموع الإستـهـلاك فى حين أن حوالى ٣٣٪ يستـخدم للأغراض الصناعيـة . ويعطى الجدول التالى صورة لتوزيع الإستـهلاك المنزلى فى أحد مدن الولايات المتحدة على الأوجه المختلفة لإستعمال المياه :

تنظيف المنزل	٣٪
رى الحدائق	٣٪
الشرب وإعداد الطعام	٥٪
غسل الملابس	٤٪
غسل الأوعية	٦٪
الإستحمام والتغسيل	٣٨٪
دورات المياه	٤١٪

(٠٢/٦) الإستخدامات الآدمية

(٠١/٢/٦) مياه الشرب

لقد حددت هيئة الصحة العالمية وغيرها من الهيئات القومية والعالمية مواصفات لمياه الشرب الصالحة لإستعمال الإنسان ، وقد إتفقت جميع هذه المواصفات على إعتبار ٥٠٠ جزء فى المليون هو الحد المرغوب فيه لمجموع المواد الصلبة الذائبة فى ماء الشرب ، والذى يجب أن ندركه هو أنه ليس كل مايستعمله الإنسان فى جميع أنحاء العالم مطابقا لهذه المواصفات ، ففى مناطق كثيرة من العالم هناك من يعيشون على مياه تزيد ملوحتها عن ١٥٠٠ جزء فى المليون . ففى شمال المكسيك يستعمل السكان ماءً تزيد ملوحته عن ٤٠٠٠ جزء فى المليون ، وفى السنغال ٣٤٠٠ جزء فى المليون ، وفى بعض أجزاء أستراليا ٣١٣٠ جزء فى المليون ، بل وفى وقت من الأوقات إستعمل المستوطنون فى أستراليا ولفترات طويلة ماءً وصلت ملوحته إلى ٦١٠٠ جزء فى المليون .

وتختلف الأملاح الذائبة فى تأثيرها على الإنسان أو خطورتها عليه ، فكربونات الكالسيوم مثلا ليس لها أثر فسيولوجى ، فى حين أن الكربونات القلوية ضررها كبير ، والكبريتات القلوية قليلة الضرر ، والكلوريدات القلوية ومنها ملح الطعام متوسطة فى هذا الخصوص ، وكبريتات الماغنسيوم (ملح أبسوم) تعطى طعما مراً للماء ، أما الحديد فإن نصف جزء فى المليون منه يجعل طعم الماء غير مستساغ .

وتتلخص المواصفات العالمية لمياه الشرب فيما يلى :

أولا – المواد السامة والمواد التى حدد لها أعلى تركيز مسموح به هى :

المـــادة		أعلى تركيز مسموح به (ملجم/لتر)
رصاص	Pb	٠ر٠٥
سيلينيوم	Se	٠ر٠١
زرنيخ	As	٠ر٠٥
سيانيد	CN	٠ر٠١
كادميوم	Cd	٠ر٠١
زئبق	Hg	٠ر٠٠١

ثانيا – الفلوريدات تتوقف الحدود المقترحة لتركيزها فى الماء على درجة الحرارة السائدة فى المنطقة :

المتوسط السنوى للحد الأعلى لحرارة الجو (درجة مئوية)	الحد الأدنى للفلور (ملجم/لتر)	الحد الأعلى للفلور (ملجم/لتر)
١٠ – ١٢	٠ر٩	١ر٧
١ر١٢ – ٦ر١٤	٠ر٨	١ر٥
٧ر١٤ – ٦ر١٧	٠ر٨	١ر٣
٧ر١٧ – ٤ر٢١	٠ر٧	١ر٢
٥ر٢١ – ٢ر٢٦	٠ر٧	١ر٠
٣ر٣٦ – ٤ر٣٢	٠ر٦	٠ر٨

ثالثا – رأت منظمة الصحة العالمية أن تضع فى مواصفاتها حدين ، أحدهما الحد المطلوب أو المرغوب فيه ، والحد الآخر هو الحد الأعلى الذى لايسمح بتخطيه ، والجدول رقم (٦) يبين هذه المواصفات . (مواصفات دول مجلس التعاون/ السعودية أنظر جدول رقم ٧) .

جدول رقم (٦) : مواصفات منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب (١٩٨٤م)

الخاصية أو المادة	الوحدات	أعلى حد مسموح به
المواد الصلبة الذائبة TDS	ملجم/لتر	١٠٠٠
اللون	وحدة لون *	١٥
الشفافية	وحدات قياس التعكير**	٥
الطعم		المستساغ
الرائحة		المقبولة
الحديد (Fe)	ملجم/لتر	٠ر٣
المنجنيز (Mn)	ملجم/لتر	٠ر١
الصوديوم (Na)	ملجم/لتر	٢٠٠ر٠
مجموع المواد المسببة للعسر محسوبة ككربونات الكالسيوم	ملجم/لتر	٥٠٠
الكبريتات (SO_4)	ملجم/لتر	٤٠٠ر٠
الكلوريدات (Cl)	ملجم/لتر	٢٥٠ر٠
النيترات (NO_3)	ملجم/لتر	٤٤ر٣
النحاس (Cu)	ملجم/لتر	١ر٠
الخارصين (Zn)	ملجم/لتر	٥ر٠
الألومنيوم (Al)	ملجم/لتر	٢ر٠
السيانيد (CN)	ملجم/لتر	١ر٠
الزرنيخ (As)	ملجم/لتر	٠ر٠٥
الكاديوم (Cd)	ملجم/لتر	٠ر٠٠٥
الكروميوم (Cr)	ملجم/لتر	٠ر٠٥
الرصاص (Pb)	ملجم/لتر	٠ر٠٥
الزئبق (Hg)	ملجم/لتر	٠ر٠٠١
الأس الهيدروجيني		٦ر٥-٨ر٥
بكتريا Faecal Coliforms	عدد فى ١٠٠ مل	صفر
بكتريا Coliform	عدد فى ١٠٠ مل	< ٣

* وحدة على مقياس اللون True Color Units (TCU)

** وحدة على مقياس التعكير Nephelometeric Turbidity Units (NTU)

جدول رقم (٧) : المواصفات السعودية (دول مجلس التعاون)

لمياه الشرب

المادة أو الخاصية	لمياه الشرب الغير المعبأة فى زجاجات		لمياه الشرب المعبأة فى زجاجات
	أعلى حد مرغوب ملجم/لتر	أعلى حد مسموح به ملجم/لتر	أعلى حد مسموح به ملجم/لتر
اللون	٥ وحدات	٥٠ وحدة	—
الشفافية	JTU ٥	JTU ٢٥	—
الطعم	مستساغ مقبولة	مستساغ مقبولة	مستساغ مقبولة
الرائحة	مقبولة	مقبولة	مقبولة
الأس الهيدروجينى	٧	٨ر٥	٦ر٥ – ٨ر٥
الموصلية (ميكروموه)	٨٠٠	٢٤٠٠	٨٠٠
مجموع الأملاح الذائبة	٥٠٠	١٥٠٠	٥٠٠
نحاس	٠ر٠٥	١ر٥	١
حديد	٠ر١	١	٠ر٠٣
ماغنسيوم	٣٠	١٥٠	٣٠
منجنيز	٠ر٠٥	٠ر٥	٠ر٠٥
سلفات	٢٠٠	٤٠٠	٢٥٠
زنك	٥	١٥	٥
كالسيوم	٧٥	٢٠٠	٧٥
كلورايد	٢٠٠	٦٠٠	٢٥٠
كربونات الكالسيوم	١٠٠	٥٠٠	١٠٠
بكتيريا	٠ر٠٠١	٠ر٠٠٢	٠ر٠١
زيوت معدنية	٠ر٠١	٠ر٣	٠ر٠٥
آرسنيك	—	٠ر٠٥	٠ر٠٥
صوديوم	—	٠ر٠١	٠ر٠١
سيانيد	—	٠ر٠٥	٠ر٠٥
زئبق	—	٠ر٠٠١	٠ر٠٠١
سلينيوم	—	٠ر٠١	٠ر٠١
رصاص	—	٠ر١	٠ر٠٥
كروم	—	٠ر٠٥	٠ر٠٥
باريوم	—	٠ر١	٠ر١
فضة	—	٠ر٠٠٥	٠ر٠٠٥
نترات	٢٠	٤٥	٢٠
كلورين	٠ر٢	٠ر٥	—
فلورايد	—	١	١

والماء كعامل من العوامل التى تؤثر تأثيرا كبيرا على صحة الإنسان سيظل دائما محل تدقيق لأنه يكون جزأ رئيسيا مما يدخل جوف الإنسان . والمستقبل يوحى بأن الإهتمام سيتركز على الكميات المتناهية فى الصغر من المركبات العضوية التى قد يحملها الماء والكشف عنها وتحديد تركيزها مهما تناهى فى الصغر فى الوقت الذى تستمر الأبحاث لتحديد أثر هذه المواد كمسببات للأمراض السرطانية (Carcinogenic) ، وأثرها على إنقسامات الخلية (Mutagenic effects) وآثارها على الخواص الوراثية (Genetic effects) .

(٠٢/٢/٦) مياه حمامات السباحة

تقضى المواصفات الخاصة بمياه حمامات السباحة بالآتى :

* أن يكون الماء شفافا (يقل درجة التركيز فيه عن ٥ نقط من الماستيك) .
* رقمه الأيدروجينى بين ٧.٢ ، ٧.٨ إذا كان معالجا بالكلور ، وبين ٧.٥ و ٨.٢ إذا كان معالجا بالبروم .
* ألا يزيد محتوى المواد العضوية فيه عن الماء الأصلى بأكثر مما يعادل ٤ ملجم/لتر أكسجين ناتج عن معاملة الماء ببرمنجنات البوتاسيوم فى وسط قلوى .
* لايحتوى على نوشادر أو نيتريتات .
* لايزيد محتواه من الكلوريدات عن الماء الأصلى بأكثر من ٢٠٠ ملجم/لتر (محسوبة على أنها كلور) .
* لايحتوى على مواد سامة .
* لايزيد العد البكتريولوجى لكل ١٠٠ مل فيه عما يلى :

كوليفورم	Coliform	٢٠>
	E. Coli	لاتوجد
	Feacal streptococci	٥
	Staphylococci	١٠
	Pathogenic staphylococci	لاتوجد
	Aerobic bacteria	١٠٠ >

* بالنسبة لحمامات السباحة المغطاة ، يجب أن تكون درجة حرارة مياهها بين ٢٥ – ٢٧ درجة مئوية .

(٠٣/٦) مياه الصناعة

تختلف إحتياجات الصناعة من المياه إختلافا كبيرا تبعا لنوعية الصناعة . ومن الصناعات ماتصل إحتياجاتها إلى مايقارب النصف مليون جالون لكل طن إنتاج ، ومنها مالايحتاج لأكثر من ١٠٠٠ جالون (٥) ، والشكل رقم (٤) يبين إحتياج الصناعات المختلفة من المياه مقسمة إلى ثلاثة مجموعات : المجموعة الأولى هى الصناعات التى تحتاج لأكثر من ١٠٠,٠٠٠ جالون ماء لكل طن إنتاج ، والمجموعة الثانية هى مايتراوح إحتياجها مابين ١٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ جالون ماء لكل طن إنتاج ، والمجموعة الثالثة هى ماتقل إحتياجاتها عن ١٠,٠٠٠ جالون ماء لكل طن إنتاج . ومن الممكن تقسيم المياه التى تحتاجها الصناعات إلى قسمين رئيسيين : القسم الأول مياه تستخدم للتبريد ، وهذه لاتلامس المنتج فى أى من مراحل إنتاجه (Non-contact Cooling Water) ، والقسم الثانى مياه تلامس الخامات أو المنتج أو تدخل فى عملية الإنتاج نفسها وتسمى مياه العمليات (Process Water) ، ولكل من هذه الأصناف مواصفاته الخاصة ، وتختلف نسبة المطلوب للتبريد ، ونسبة المطلوب من مياه العمليات . ففى حين نجد أن نسبة مياه التبريد تصل إلى ٩٥٪ فى بعض الصناعات مثل تكرير البترول ، نجد أنها لاتتعدى ١٥٪ فى بعض

شكل (٤) إحتياجات الصناعات المختلفة من المياه

المجموعة الأولى : تحتاج لأكثر من ١٠٠ر٠٠٠ جالون ماء لكل طن إنتاج

- خيوط صناعية سيلولوزية ٢٠٠ ٤٦٢ جالون/طن
- خيوط صناعية غير سيلولوزية ١٠٠ ٢٠٢ ج/ط
- عجينة الورق وتصنيعه ٠٠٠ ١٣٠ ج/ط
- كيماويات عضوية صناعية ٧٠٠ ١٢٤ ج/ط
- مطاط صناعي ٦٠٠ ١١٠
- نحاس ٠٠٠ ١٠٦

المجموعة الثانية : تحتاج مابين ٠٠٠ر١٠ و ٠٠٠ر١٠٠ جالون ماء لكل طن إنتاج

- الألومنيوم ٣٠٠ ٩٨ جالون/طن
- صلب ٦٠٠ ٦٢ جالون/طن
- الغزل والنسيج ٨٠٠ ٦٩ جالون/طن
- البلاستيك والراتنجات ٠٦٠ ٤٧ جالون/طن
- الأسمدة الفوسفورية ٦٠٠ ٣٥ جالون/طن
- القلويات والكلور ٨٠٠ ٢٩ ج/ط
- الأسمدة النيتروجينية ٥٠٠ ٢٨ ج/ط
- تجليد الخضروات ٢٢٤٠٠ ج/ط
- تعليب فواكه وخضروات ٧٠٠ ١٩ ج/ط
- كيماويات غير عضوية ١٤٥٠٠ ج/ط
- تكرير بترول ٩٠٠ ١٣ ج/ط
- مسابك حديد وصلب ٤٠٠ ١٢ ج/ط

المجموعة الثالثة : تحتاج إلى أقل من ١٠٠ر٠٠٠ جالون لكل طن إنتاج

- ذبح وتنظيف الدجاج ٧٣٨٩ جالون/طن
- تحويل الورق ٦٠٨٤ جالون/طن
- منتجات الألبان ١٦٩٢ جالون/طن
- الإسمنت

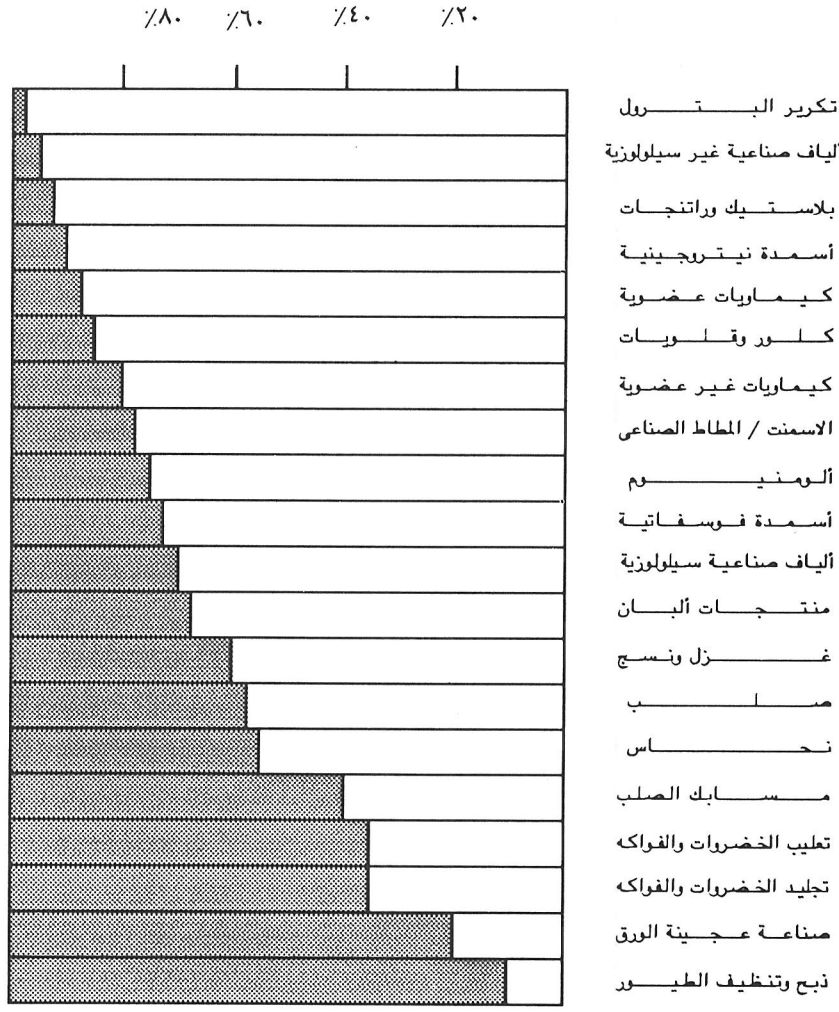
الصناعات الأخرى والشكل رقم (٥) يبين هذه النسب فى الصناعات المختلفة .

(٠١/٣/٦) مياه التبريد

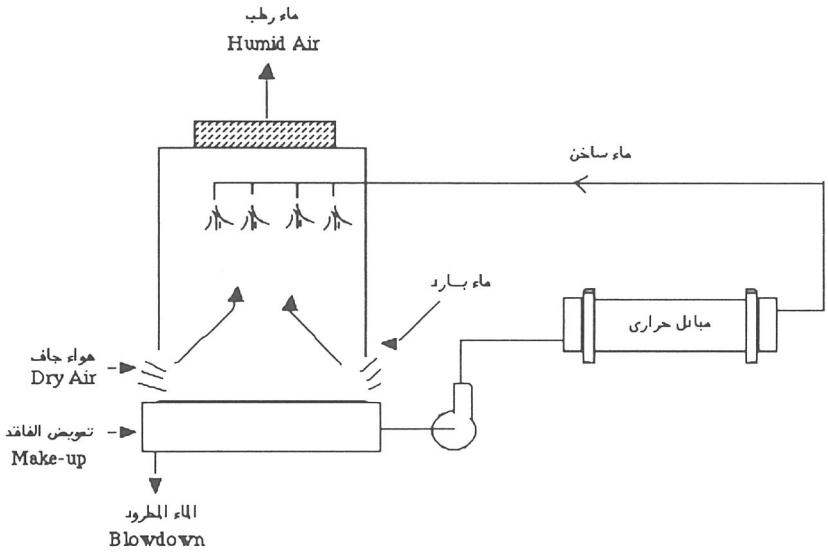
يتم إستخدام المياه للتبريد فى الصناعة فى دائرة مفتوحة (Open Circuit) أو دائرة مغلقة (Closed Circuit) أو شبه مفتوحة (Semi-open Circuit) . فإذا أتت مياه التبريد من مصدرها ومرت فى المبادلات الحرارية أو المكثفات أو الأجهزة المراد تبريدها ثم تم التخلص من الماء الساخن فى مجرى ماء كنهر أو خلافه فهذه هى الدائرة المفتوحة ، أما إذا مر الماء الساخن فى مبادل حرارى لتبريده بالهواء البارد وإعادته لإستخدامه فى عمليه التبريد فهو بذلك يمر فى دائرة مغلقة ، وفى البديل الثالث وهو الدائرة شبه المفتوحة يتم تبريد الماء مرة أخرى بإمراره فى أبراج التبريد حيث يتم تبريده بتبخير جزء منه فى تيار من الهواء .

وإستعمال الدائرة المفتوحة قليل إلا إذا كانت المياه متوفرة بكميات كبيرة جدا وبنوعيات تسمح بضغط تكاليف المعالجة بحيث لاتتعدى أن تكون لضبط الرقم الهيدروجينى ، أو بإضافة مانعات ترسيب القشور Scale Inhibitors ، أو المعالجة بالكلور أو الهيبوكلوريت لمنع نمو الطحالب والبكتريا .

أما الدائرة المغلقة فهى تستعمل فى الغالب فى بعض الإستخدامات المحدودة والمياه فى هذه الحالة لاتلامس الجو ويجب معالجتها بمانعات التآكل Corrosion Inhibitors . أما طريقة الدائرة شبه المفتوحة فهى الأكثر شيوعا ، وهى التى سنركز عليها هنا . ويبين الشكل (٦) دائرة شبه مفتوحة .



شكل (٥) توزيع المياه المستخدمة فى الصناعات المختلفة على أغراض إستخدامها



شكل (٦) رسم تخطيطى لدائرة تبريد شبه مفتوحة

والماء يدخل برج التبريد ساخنا ويتناثر على هيئة رذاذ ليلاقى تيارا من الهواء الجاف فيتبخر جزء منه (E_v) آخذا الحرارة اللازمة لتبخره من نفس الماء الذى يبرد أثناء تساقطه إلى المستودع الموجود أسفل البرج ، وبالإضافة إلى الفاقد البخارى ، الذى هو أمر لامفر منه فإن الفاقد الرذاذى (Entrainment Loss) هو الجانب الذى يمكن الإقلال منه بتحسين تصميم البرج ، وهو ماتوجه له جهود المصممين دائما . ولقد كان هذا الجزء فى الماضى يعادل حوالى ١٪ من معدل دوران الماء فأصبح بفضل هذه الجهود ٠,١٪ والأمل معقود على خفضه فى المستقبل .

ومما هو جدير بالذكر أن التبخير يعمل على زيادة تركيز المواد الذائبة فى الماء ، ولكى لايصل هذا التركيز إلى الحد الذى تبدأ عنده بعض هذه المواد فى الترسب فإنه يجب طرد كمية من الماء عند معدل معين يطلق عليه معدل الطرد Blowdown rate ، ولكى يبقى معدل دوران الماء ثابتا يجب إضافة كمية منه كمعوض للفاقد Make-up يساوى مجموع مايطرد من الماء ومايفقد منه على هيئة سائل وعلى هيئة بخار .

وتتوقف كمية الماء اللازمة لتعويض الفاقد على معدل دوران الماء والخفض المطلوب لدرجة الحرارة اللذان يحددان بدورهما الفاقد البخارى ، كما أن نسبة التركيز Concentration Ratio التى يمكن الوصول إليها مع تفادى ترسيب القشور وتآكل المعادن تحددها أعلى درجة حرارة فى الدائرة وتركيز ونوعية الأملاح الذائبة فى الماء الداخل إلى الدائرة .

وهناك فرق بين تكون القشور Scale Formation وبين التآكل Corrosion . فالقشور تتكون بترسيب بعض الأملاح الذائبة ، أما نواتج التآكل فهى أكاسيد الحديد التى يتراوح لونها بين الأحمر والبرتقالى والأسود ، وهذه تنتج عن تفاعل بعض محتويات الماء مع سطح المعدن . ومما يجب أخذه فى الإعتبار أن ترسيب قشرة رقيقة من الأملاح يمنع الماء من ملامسة سطح المعدن ملامسة مباشرة .

وبذلك يحمى هذا السطح من التآكل إلى حد ما فى الوقت الذى يجب ألا ننسى أن تراكم القشور يقلل من فاعلية المبادلات الحرارية نظرا لأن هذه القشور تزيد مقاومة إنتقال الحرارة لكون معامل توصيلها للحرارة منخفض .

ومن الواجب أن نضع كل هذه العوامل فى الإعتبار عند معالجة مياه التبريد بحيث يكون الماء فى وضع متوازن بين هذين الإتجاهين لأننا لانريد أن نمنع ترسيب القشور منعا باتا فيزداد التآكل ، ولا أن نترك القشور تترسب بكميات كبيرة فتزيد المقاومة لإنتقال الحرارة إلى حد غير مرغوب فيه .

وهناك شروط ثلاثة لتكون هذا الغطاء الواقى Protective Layer وهذه هى:

(أ) أن يكون الرقم الهيدروجينى بحيث يحقق توازن الكربونات عند درجة الحرارة السائدة .

(ب) أن يكون تركيز بيكربونات الكالسيوم أعلى مما يتطلبه حاصل ذوبانية كربونات الكالسيوم عند سطح المعدن (على الأقل ٧٠ ملجم/لتر كربونات كالسيوم) .

(جـ) أن توجد كمية لاتقل عن ٤ – ٥ ملجم/لتر من الأكسجين الذائب فى الماء.

وكثير من المياه لاتحقق هذه الشروط ، وعندئذ تتخذ بعض أو كل الخطوات التالية :

(أ) إذا كانت كمية ثانى أكسيد الكربون الذائب كبيرة يعادل حمض الكربونيك حتى يصل إلى الرقم الهيدروجينى المطلوب للإتزان Equilibrium pH value .

(ب) إذاً كان الماء خاليا من بيكربونات الكالسيوم (كما فى حالة المياه الجوفية التى مصدرها صخور جرانيتية أو المياه الناتجة من عمليات التحلية) فيتم إضافة مايلزم من بيكربونات الكالسيوم للوصول إلى التركيز المطلوب .

(جـ) زيادة تركيز الأكسجين إلى الحد المطلوب .

ولقياس إحتمال تكون الغطاء الواقى من مياه التبريد فى الصناعة يستخدم مايسمى بمعامل ثبات رايزنر (I_R) :

$I_R = 2pH_S - pH$: وهو Ryznar Stability Index

حيث أن pH هو الرقم الهيدروجينى عند التشبع

و pH_S هو الرقم الهيدروجينى للماء عند درجة الحرارة المطلوبة .

وعندما تكون قيمة هذا المعامل :

٤ – ٥ يكون الماء ميالا إلى تكوين القشور إلى حد كبير Heavy scale formation .

٥ – ٦ يكوّن الماء القشور بكمية قليلة Slight scale formation .

٦ – ٧ يكون الماء فى حالة إتزان Equilibrium .

٧ – ٧,٥ تآكل إلى حد قليل Slight corrosive action .

٧,٥ – ٨,٥ تآكل شديد Heavy corrosive action .

ومما هو جدير بالذكر أن عملية تكوين الغطاء الواقى تلقائية التحكم Self-limiting ، بمعنى أن ترسيب كربونات الكالسيوم يتوقف تلقائيا عندما يتم تغطية سطح المعدن تغطية كاملة ، غير أنه إذا كان الرقم الهيدروجينى أعلى مما يتطلبه الإتزان (لقلة ثانى أكسيد الكربون مثلا) فإن ترسب الكربونات يستمر ولا يتوقف . وللتحكم فى عملية ترسيب القشور تستخدم مواد معوقة Retarding agents مثل البولى فوسفات ، والفوسفونات التى تعمل على المستوى الجزيئى Molecular level بالإضافة إلى مواد مشتتة Dispersants وهذه تعمل على المستوى الميكروسكوبى Microscopic level .

(٠٢/٣/٦) مياه العمليات – Process Water

مياه العمليات هى المياه التى تلامس الخامات وتستخدم فى غسلها أو نقلها أو تدخل فى عمليات الإنتاج أو تختلط بالمنتج بطريقة أو بأخرى ، وتختلف

المواصفات المطلوبة طبقا للغرض الذى يستخدم فيه المياه :

(أ) من الأغراض التى لاتستلزم سوى التحكم فى ترسيب القشور و/أو مسببات التآكل نجد :

* نقل المواد الخام والعوادم مثلما يحدث فى صناعة الورق ومناجم الفحم وإستخلاص المعادن .
* حقن آبار البترول للتحكم فى الضغط داخل الآبار .
* غسل الغازات لتخليصها من الشوائب .
* تكييف الهواء لضبط درجة الرطوبة كما فى صناعة الغزل والنسيج .

(ب) وهناك أغراض تتطلب مياها لها مواصفات مياه الشرب ، مع الإهتمام بمسببات عسر الماء كصناعة الغزل والنسيج وصناعة الورق .

(جـ) وللصناعات الغذائية على وجه العموم مواصفات محددة ودقيقة فى المياه المستخدمة فى الإنتاج والتى - إلى جانب مواصفات مياه الشرب - تتطلب مستوى أقل من محتوى الأملاح ، كما توجه عناية كبيرة للتعقيم.

(د) توليد البخار ، وهذا يستلزم ماءً على درجة عالية من النقاء ، ويتوقف المسموح به من الأملاح الذائبة على ضغط البخار المراد توليده كما هو موضح فى الجدولين (٨ و ٩) .

(هـ) توليد البخار عند الضغط العالى والصناعات الألكترونية وصناعة الأدوية تتطلب مياها فائقة النقاء Ultrapure Water وهى مياه منزوعة الأيونات Deionized Water .

(٣/٣/٦) إعادة إستخدام مياه الصناعة

نظرا للإزدياد المضطرد فى كميات المياه اللازمة للصناعة من جانب ، وإزدياد الإحتياج إلى درجات عالية من النقاء لبعض الإستخدامات ، ورغبة فى الإقتصاد فى كميات الماء ، وفى تكاليف معالجتها على حد سواء ، بالإضافة إلى اللوائح والقوانين التى تتحكم فى كمية ومواصفات المسموح به من مياه

جدول (٨) : مواصفات مياه مراجل البخار (*)

الضغط (جوى)	أقل من ١٥	١٥–٣٠	٣٠–٤٥	٤٥–٧٥	٧٥–١٠٠
الأس الأيدروجينى					
حد أعلى	١١ر٥ – ١٢	١١ر٥ – ١٢	١١ – ١١,٥	١١	١٠,٨
حد أدنى	١٠ر٥ – ١١	١٠ر٥ – ١١	١٠ر٤ – ١١	١٠ر٣–١٠ر٨	١٠ – ١٠ر٥
تركيز كلى للأملاح					
حد أعلى جم/لتر	٢ – ٤	٢ – ٣	١ر٥ – ٢	٠ر٥ – ١	٠ر١ – ٠ر٥
NaOH	٢٥٠–٧٠٠	٢٠٠–٥٠٠	١٥٠–٢٥٠	٥٠–١٥٠	١٥ – ٥٠
حد أعلى مجم/لتر					
SiO_2	١٠٠–٣٠٠	٥٠–١٥٠	٢٥ – ٦٠	١٠ – ٣٠	٢ – ٥
حد أعلى مجم/لتر					
$Na_3 PO_4$					
حد أدنى مجم/لتر	٥٠	٥٠	٥٠	٢٠ – ٤٠	١٠ – ٢٠
حد أعلى مجم/لتر	—	—	١٢٠–٢٥٠	٥٠–١٥٠	٢٠ – ٥٠

جدول (٩) : الحدود القصوى لمحتوى الحديد والنحاس والأوكسجين فى مياه مراجل البخار

الضغط	أقل من ٤٠ جوى	مابين ٤٠ – ٧٠	٧٠ – ١٠٠
حديد (مجم/لتر)	٠ر١	٠ر٠٥	٠ر٠١
نحاس (مجم/لتر)	٠ر٠٥	٠ر٠٥	٠ر٠٠٥
أوكسجين (مجم/لتر)	٠ر٠٠٧	٠ر٠٠٧	٠ر٠٠٧

(*) Water Treatment Handbook, P. 684.

الصرف الصناعى ، ورغبة فى الحد من تكاليف معالجة مياه الصرف . فقد عمدت أغلب الصناعات إلى إتباع وسيلتين رئيسيتين لتحقيق هذه الأغراض :

(أ) إعادة الإستخدام ، أو الإستخدام المتتابع Reuse or Use in series ، والذى يعنى إستخدام الماء فى غرضين متتاليين قد يفصل بينهما عملية معالجة ، وعادة مايكون للغرض الأول متطلبات ومواصفات أعلى وأكثر دقة من الغرض الثانى الذى يمكن إستخدام ماء على درجة أقل من النقاء فيه ، ومن أمثلة ذلك إستخدام الماء للتبريد فى المبادلات الحرارية والمكثفات ، ثم إستخدامه فى الغسيل .

(ب) إستمرار دوران الماء Recirculation وهذا يعنى أن الماء يظل يستخدم للغرض نفسه إلى مالانهاية مع تعويض الفاقد ومثال ذلك ماسبق أن قدمناه فى دوائر التبريد المغلقة وشبه المفتوحة . ومن المتعارف عليه أن يطلق على نسبة الكمية الكلية للماء المستخدم فى المصنع إلى الكمية الداخلة من الماء للمصنع إسم معدل دوران الماء Water recirculation rate .

(٤/٦) مياه الزراعة

تستهلك مياه الزراعة كميات كبيرة من المياه وإستهلاك المياه فى الزراعة يعتمد على نوع المحاصيل المطلوبة وعلى طريقة الرى المستخدمة وعلى نوعية المياه ، والجدول (١٠) يبين أمثلة لمدى تأثير كل من هذه العوامل على كمية المياه المطلوبة (م٣/هكتار/الموسم) لزراعة ثلاثة من المحاصيل المختلفة .

الجدول (١٠) تأثير المحاصيل وطريقة الرى على كمية المياه المطلوبة لزراعة بعض المحاصيل (٨)

كمية الأملاح الموجودة فى المياه	المحصول / طريقة الرى	كمية المياه المطلوبة للزراعة م٣/هكتار/الموسم		
جزء فى المليون		الشعير	القمح	الأذرة
٥٠٠	سطحى	٨٨٠٠	٩٣٠٠	١٥٤٠٠
	رش	٧٠٠٠	٧٦٠٠	١٢٠٠٠
١٠٠٠	سطحى	٩٢٠٠	١٠٢٠٠	١٦٧٠٠
	رش	٧٢٠٠	٨٢٠٠	١٢٣٠٠
١٥٠٠	سطحى	٩٤٠٠	١٠٦٠٠	١٩٢٠٠
	رش	٧٣٠٠	٨٥٠٠	١٢٦٠٠
٢٠٠٠	سطحى	٩٦٠٠	١٠٩٠٠	٢٣٨٠٠
	رش	٧٤٠٠	٨٦٠٠	١٣٠٠٠
٢٥٠٠	سطحى	٩٩٠٠	١١٣٠٠	٢٦٦٠٠
	رش	٧٦٠٠	٩٠٠٠	١٣٦٠٠

تعريف بالمصطلحات المستخدمة

المصطلح		الصفحة	التعريف
Anhydrite	كبريتات كالسيوم لامائية	١٣	كبريتات كالسيوم لاتحتوى على ماء تبلور وهى إحدى مكونات القشور التى تترسب عندما يزيد الموجود فى الماء منها عن حد الذوبانية علما بأن ذوبانية "الأنهيدريت" تقل مع إرتفاع درجة الحرارة .
Biodegradable	قابل للتكسر بيولوجيا	٢٥	تسمى المواد التى تتكسر جزيئاتها بفعل البكتريا بهذا الإسم لأن التكسر يتم عن طريق تفاعلات بيولوجية .
Blowdown Rate	معدل الطرد	٣٨	هو المعدل الذى يتم به التخلص من المواد على هيئة تيار يترك دائرة مغلقة أو شبه مغلقة لعملية من عمليات المعالجة الفيزيائية أو الكيميائية وغالبا مايكون ذلك من لوازم الإحتفاظ بتركيز مادة أو أكثر بحيث لايزيد عن حدود معينة .
Brackish Water	ماء متوسط الملوحة (ماء مويلح ، ماء زعاق ، الماء الأخضم ، المياه الصليبية)	٢١ و ٢٢	هو الماء الذى يكون تركيز الأملاح الذائبة فيه أقل من مياه البحر ولكنه أعلى مما يسمح بإستخدام الكائنات الحية له ويكون طعمه زاعقا لاهو بالأجاج كماء البحر ولا العذب كمياه الشرب .

Colloidal particles	جسيمات غروية	٢٤	جسيمات متناهية فى الصغر تظل عالقة فى الماء لأن معدل ترسبها بطئ جدا ومما يساعدها على البقاء عالقة وجود شحنات كهربائية على سطوحها تجعل تجمعها تلقائيا غير ممكن .
Deionized water	ماء منزوع الأيونات	٤١	ماء فائق النقاء خال من الأيونات يستخدم عادة فى الصناعات الألكترونية وصناعة الأدوية وتوليد البخار عند ضغوط عالية جدا مما يستلزم خلوه من الأملاح الذائبة .
Dipole Nature	خاصية القطبية	٨	هى الخاصية التى تجعل جزئ الماء وكأنه مغناطيس ذو قطبين أحدهما موجب ناحية ذرة الهيدروجين والآخر سالب ناحية ذرة الأكسجين وتعزى كثير من الخواص الفريدة للماء لهذه الخاصية كما أنها تفسر قدرته الكبيرة على إذابة المواد المختلفة .
Entrainment Loss	فاقد رذاذى	٣٨	عندما يتلامس الماء والهواء فى عملية من العمليات فإن سرعة الهواء غالبا ماتمكنه من حمل الماء ميكانيكيا على هيئة رذاذ وكمية مايفقد من الماء بهذه الطريقة يطلق عليها الفاقد الرذاذى لتمييزه عن مايفقد عن طريق التبخر
Make-up	معوض الفاقد	٣٨	هو مايدخل عملية صناعية من المواد ليعوض مايفقد منها لسبب أو لآخر بحيث يمكن الإحتفاظ بكفاءة العملية فى الحدود المطلوبة .

pH Value	الرقم الهيدروجينى	١١	لوغاريتم تركيز أيونات الهيدروجين بالسالب (-لو) فإذا كان تركيز أيونات الهيدروجين فى محلول ما $١٠^{-٧}$ فإن الرقم الهيدروجينى لهذا المحلول يكون ٧ ويسمى المحلول فى هذه الحالة متعادلا ، أما إذا زاد التركيز عن ذلك فأصبح مثلا $١٠^{-٥}$ فإن الرقم يكون ٥ ويسمى المحلول حمضيا ، وإذا قل التركيز عن $١٠^{-٧}$ فيسمى المحلول قلويا لأن تركيز أيونات الهيدروكسيل OH^- فى هذه الحالة يكون أكبر من تركيز أيونات الهيدروجين H^+ .
Process Water	مياه العمليات	٤٠	المياه المستخدمة فى العمليات الصناعية والتى تلامس المواد الخام أو المنتج أو تدخل فى عمليات الإنتاج ذاتها .
Protective Layer	الغطاء الواقى	٣٩	طبقة رقيقة من رواسب الأملاح تتكون على أسطح المبادلات الحرارية فتقيها من التآكل ويكون سمكها صغير بحيث يكون تأثيرها ضئيل على معدل إنتقال الحرارة .
Retarding Agents	مواد معوقة	٤٠	مواد تضاف إلى الماء بغرض التحكم فى عملية ترسب القشور على الأسطح التى يلامسها الماء مثل البولى فوسفات والفوسفونات .
Solubility Product	حاصل الذوبانية	١٢	حاصل ضرب تركيز الأيون الموجب لملح ما فى تركيز الأيون السالب عند نقطة الإتزان بين الملح غير المتأين وأيوناته الموجودة فى المحلول ويحدد

			حاصل الذوبانية مقدار مايمكن أن يذوب من ملح ما عند درجة حرارة معينة بحيث إذا وجد ما يزيد عن هذا الحد فإن الملح يترسب .
Water Hardness	عسر الماء	٢٤	إن وجود أملاح الكالسيوم والماغنسيوم فى الماء يجعل من العسير تكوين رغوة مع الصابون أو غيره من المنظفات ولذلك يطلق على المياه المحتوية على هذه الأملاح مياه عسرة والمياه العسرة ترسب القشور على الأسطح التى تلامسها إذا إرتفعت درجات الحرارة وذلك لأن ذوبانية هذه الأملاح تقل بإرتفاع درجة الحرارة .
Water recirculation rate	معدل تدوير الماء	٤٣	لما كان الإقتصاد فى إستهلاك دوران مياه الصناعة ، يحتم إعادة إستخدامها فى دورات مغلقة أو شبه مغلقة فإن كفاءة هذه العملية إقتصاديا تقاس بمعدل دوران المياه الذى يساوى نسبة الكمية الكلية المستخدمة إلى كمية المياه الداخلة Fresh water intake .

المراجـــــع

1. Altinbilek, E.D., Akyurt, M., "Desalination for Municipal Supply", Proceedings of Solar Desalination workshop, Denver, Colorado, (1981), p. 145,146.

2. Degramont, "Water Treatment Handbook", Fifth Edi tion, John Wiley & Sons, (1979).

3. El-Ramly, N.A., Congdon, C.F., "Desalting Plant Inventory", Report No. 7, National Water Supply Improvement Association, Techno-Economic Services, Honolulu, Hawaii, (1981).

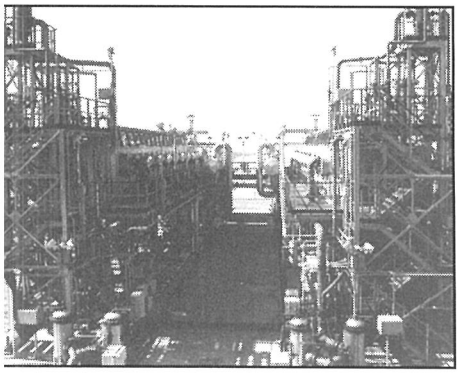
4. Howe, E.D., "Fundamentals of Water Desalination", Marcel Dekker, Inc. New York, (1974).

5. Kollar, K.L., Macauley, P., "Water Requirements for Industrial Development", J. of the American Water Works Association, 72, No.1, London, (1979)

6. Sundstrom, D.W., Klei, H.E., "Wastewater Treatment", Printice-Hall, Inc., London, (1979).

7. Taras, M.j., "The Quest for Pure Water", Vol. II, Second Edition, American Water Works Association, (1981).

8. موسى نعمة وقليح السامرائى وعصام بشور وإميل كنتاتا ومحمد أبوخيط (الإحتياجات المائية للمزروعات فى المملكة العربية السعودية) وزارة الزراعة والمياه – الرياض ١٤٠٦هـ/١٩٨٦م .



ABIGH
SAUDI ARABIA 1982)
SF - 2 x 0.12 MIGD

FROM THE SMALLEST MSF UNIT

FISIA ITALIMPIANTI
GENOVA (ITALY)
A LEADING COMPANY

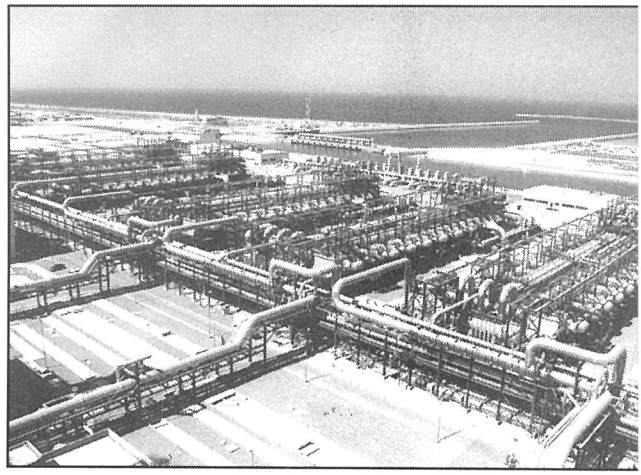
FISIA - ITALIMPIANTI DESALINATION BY M.S.F. AND R.O. TECHNOLOGIES PROVIDES PURE WATER THROUGHOUT THE WORLD SINCE 1965

FISIA - ITALIMPIANTI
GENOVA (ITALY)

H.O.
VIA DE MARINI 16 (16149)
TEL : 0039 - 10 - 6096.111
FAX : 0039 - 10 - 6096.210

ABU DHABI OFFICE - U.A.E
TEL : 0971 2 795988
FAX : 0971 2 794958
TLX : 23033 ITABU EM
P.O. BOX 3811 - ABU DHAB

TO THE LARGEST MSF UNIT



MSF - AL TAWEELAH - B - (ABU DHABI)
6 x 12.66 MIGD (1995)

نبذة عن المؤلف

الأستاذ الدكتور/ محمد أمين منديل هو من أبرز الأساتذة العرب المتخصصين فى علوم تحلية ومعالجة المياه .

حصل على شهادة الدكتوراه فى الهندسة الكيميائية من جامعة بيركلى بكاليفورنيا عام ١٩٥٣م ، وتدرج فى وظائف سلك التدريس بجامعة الإسكندرية وعمل كأستاذ زائر بمعهد الدراسات العليا للبترول والجامعة الأمريكية بالقاهرة وكلية الهندسة بجامعة الخرطوم ، ثم عمل أستاذا بكلية الهندسة بجامعة الملك سعود بالرياض لمدة خمسة عشر عاما قام خلالها بإنشاء ورئاسة قسم الهندسة الكيميائية بالإضافة إلى أعمال عضوية المجلس العلمى للجامعة ورئاسة تحرير مجلة العلوم الهندسية.

وقد شارك المؤلف فيما يزيد على العشرين من المؤتمرات والندوات المحلية والعالمية وقدم فيها العديد من الأبحاث فى مجال علوم وتقنية المياه ، وله مايزيد عن خمسة وعشرون بحثا منشورا فى المؤتمرات والمجلات العالمية والمحلية فى ذات المجال . إضافة إلى مشاركته فى وضع عدد من المؤلفات والكتب العلمية فى مجال المياه .

كما حصل المؤلف على جائزة الدولة التشجيعية بجمهورية مصر العربية عام ١٩٧١م إضافة إلى عضويته للجنة إختيار الفائزين بجائزة الملك فيصل العالمية فى مجال العلوم للفترة من عام ١٩٨٦ إلى ١٩٨٩م .

جمعية علوم وتقنية المياه

هي أول جمعية علمية خليجية يحق لكل مواطن ومقيم بدول مجلس التعاون الإنتماء إلى عضويتها كما يحق للمؤسسات التعليمية والمؤسسات العامة وبيوت الخبرة والشركات في أنحاء العالم العربي الإشتراك في عضويتها، وتهدف الجمعية إلى تشجيع ونشر الإهتمام بعلوم المياه والنهوض بها وتوثيق عرى التآزر بين العاملين في هذا الحق في العالم العربي عامة وفي دول مجلس التعاون على وجه الخصوص، وتسعى الجمعية إلى تحقيق أهدافها بوسائل عدة منها :

* تشجيع البحث العلمي والدراسات وبرامج التدريب وتطوير القدرات المحلية في مجالات علوم وتقنية المياه وتقنية ومعالجة المياه بالتعاون مع الجامعات ودور البحث العلمي.
* توفير الدراسات والمعلومات والإحصاءات المتعلقة بشئون المياه ونشرها من خلال وسائل الإعلام والنشر المختلفة.
* تبادل المعلومات والخبرات بين العاملين في مجال المياه.
* العمل على ترشيد إستهلاك المياه والمساهمة في برامج التوعية العامة وتشجيع الدراسات العلمية التي تحقق الإستعمال الأمثل للمياه.
* العمل مع الجهات المختصة في وضع وتطوير أفضل المواصفات والمقاييس لخدمات المياه ومشاريعها.
* العمل على المحافظة على المياه الجوفية والسطحية من النضوب أو التلوث.
* تشجيع إستخدام الوسائل العلمية لتطوير مصادر المياه، مثل تحلية المياه المالحة ومعالجة المياه الملوثة لإستخدامها للأغراض الصناعية والزراعية.
* تقديم المشورة والقيام بالدراسات اللازمة لرفع مستوى الأداء في المجالات التي تهتم بها الجمعية للمؤسسات والهيئات العلمية المختلفة.

يتكون مجلس إدارة الجمعية من أعضاء منتخبين يمثلون كافة دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية بالإضافة إلى مندوب الأمانة العامة للمجلس.

للمزيد من المعلومات عن نشاط الجمعية وفئات ورسوم العضوية، الرجاء الكتابة أو الإتصال بها على العنوان التالي :

ص . ب ٢٠٠١٨ المنامة – دولة البحرين
هاتف : ٥٢٢٠١٠ – فاكس : ٥٣٣٠٣٥ (٠٠٩٧٣)