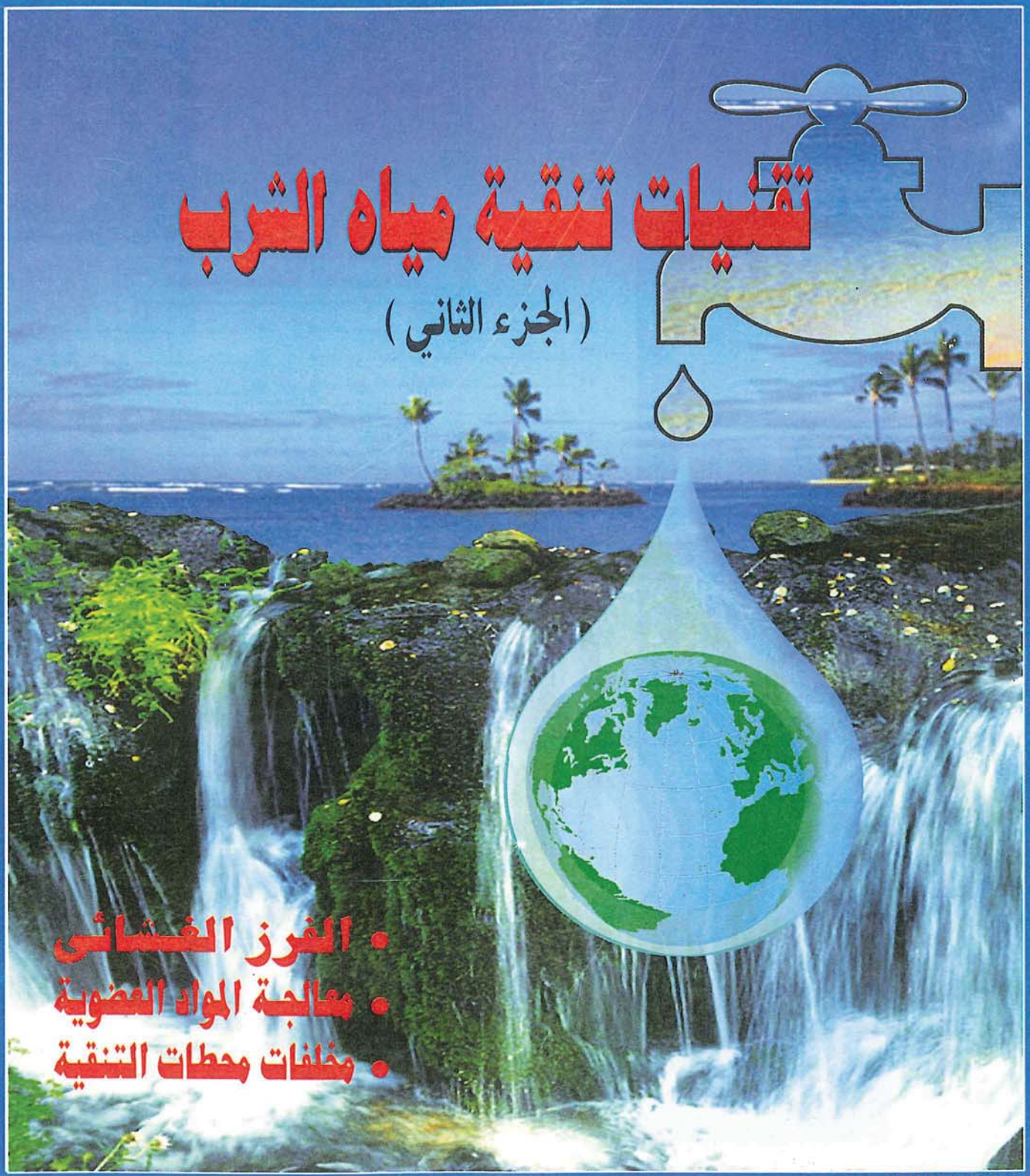
السعر ٥ ريالات

العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ● السنة الحادية عشر ● العدد الرابع و الأربعون ● شوال ١٤١٨هـ / فبراير ١٩٩٨م.

تقنيات تنقية مياه الشرب

(الجزء الثاني)



- الفرز الغشائي
- معالجة المواد العضوية
- مخلفات محطات التنقية

ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-

١- يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢- أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣- في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤- أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥- إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

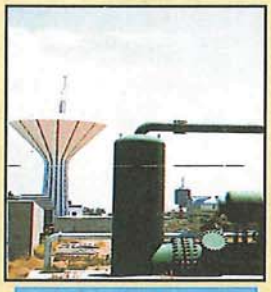
٦- إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧- المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

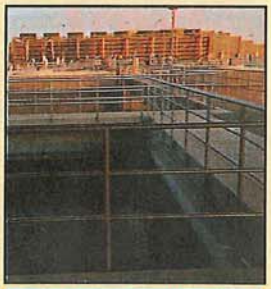
يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويات العدد

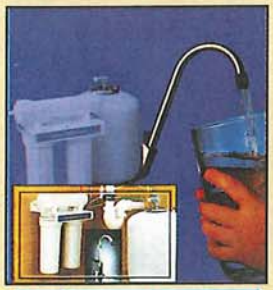
- مشروع مياه صلبوخ ـــــ ٢
- الفرز الغشائي الكهربي ـــــ ٤
- التبخير متعدد المراحل ـــــ ٧
- المواد العضوية في مياه الشرب ـــــ ١٠
- مخلفات محطات التنقية ـــــ ١٦
- المعالجة النهائية لمياه الشرب ـــــ ١٩
- معالجة المياه في المنزل ـــــ ٢٥
- عالم في سطور ـــــ ٣١
- تكلفة إنتاج مياه الشرب ـــــ ٣٢
- كتب صدرت حديثاً ـــــ ٣٥
- عرض كتاب ـــــ ٣٦
- من أجل فلذات أكبادنا ـــــ ٣٩
- كيف تعمل الأشياء ـــــ ٤٠
- مساحة للتفكير ـــــ ٤٢
- مصطلحات علمية ـــــ ٤٤
- الجديد في العلوم والتقنية ـــــ ٤٥
- بحوث علمية ـــــ ٤٦
- شريط المعلومات ـــــ ٤٧
- مع القراء ـــــ ٤٨



التبخير المتعدد المراحل



المعالجة النهائية



معالجة المياه بالمنزل

المراسلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الاقتباس من المجلة بشرط ذكر اسمها مصدراً للمادة المقتبسة

الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها

العلوم والتقنية

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المشرف العام

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام ورئيس التحرير

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئة التحرير

د. عبد الرحمن العبد العالي

د. خالد السليمان

د. إبراهيم المعتاز

د. محمد أمين أمجد

د. محمد فاروق أحمد

د. أشرف الخيري

* * *

العلوم والتقنية

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

يصدر هذا العدد بعد إنقضاء شهر رمضان الكريم وعيد الفطر المبارك ، لذا يسر أسرة تحرير المجلة والقائمين عليها أن يتقدموا بخالص التهاني والتبريكات بهذه المناسبة الجليلة ، ويسألون الله تعالى أن يتقبل من الجميع صيامهم وقيامهم .

قراءنا الاعزاء

نظراً لأهمية مياه الشرب في الحياة ، ولأهمية وصولها إلى المستهلك بصورة نقية خالية من الملوثات الضارة بصحة الإنسان ، فإنه يسرنا إستكمالاً لموضوع العدد السابق أن نغطى ماتبقى من مواضيع حول تقنيات تنقية مياه الشرب .

سنتطرق في هذا العدد إلى طريقتين من طرق التنقية ، هما : الفرز الغشائي ، وتحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل ، ثم نواصل الحديث عن معالجات مكملة لاتتعلق بطريقة معينة من الطرق السابقة ، ولكنها تعد من المراحل النهائية لمعالجة المياه ، وهي معالجة المواد العضوية ، والتخلص من مخلفات التنقية ، والمعالجة النهائية.

ونظراً لما قد تتعرض له المياه من ملوثات أثناء التوزيع من خلال شبكات المياه أو التخزين سواءً في الخزانات العامة أو في الخزانات المنزلية ، فقد أفردنا مقالاً يتعلق بتقنية معالجة المياه داخل المنزل ، وقد أختتم هذا العدد بمقال يوضح للقارىء العزيز تكلفة إنتاج مياه الشرب والجهود التي تبذل في ذلك ، آملين من القارىء الكريم أن يحافظ عليها ولا يسرف في استخدامها ، فالله يقول في محكم التنزيل ﴿إِنَّ الْمُبَذِّرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيَاطِينِ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُورًا﴾ [الإسراء: ٢٧] .

وكما عودنا القارىء الكريم في كل عدد أدرجنا الأبواب الثابتة التي لاتقل أهمية عن المواضيع الأساسية لما تحتوية من معلومات لانشك في أنها تفيد القارىء ، آملين أن تحوز على رضاكم.

والله من وراء القصد ،،،

العلوم والتقنية

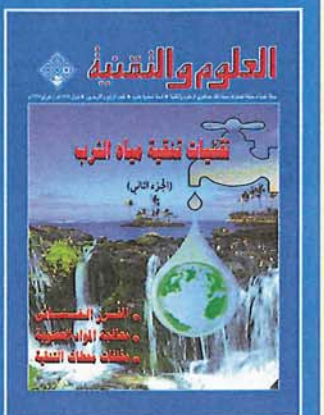
سكرتارية التحرير

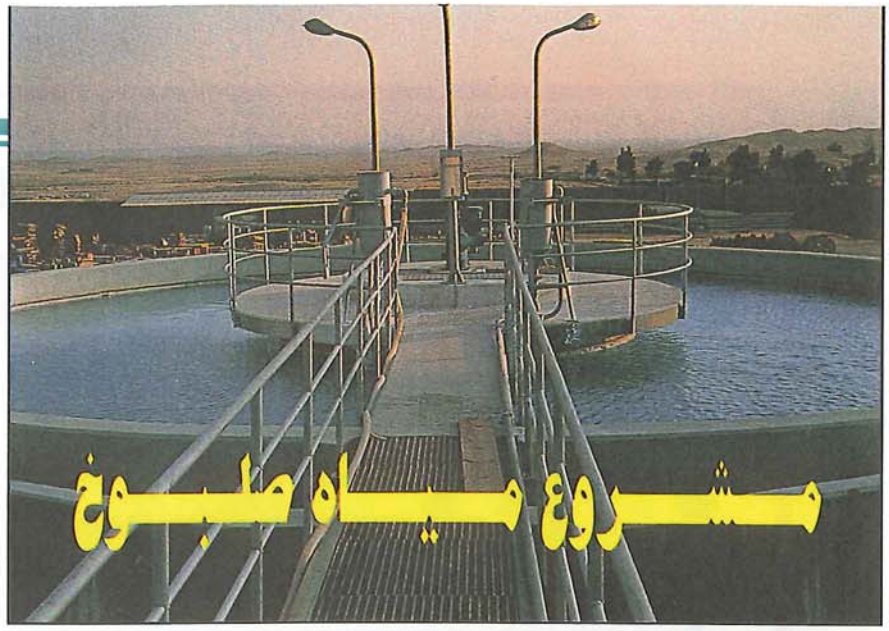
د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
د. محمد حسين سعد
أ. محمد ناصر الناصر
أ. عطية مزهر الزهراني

التصميم والإخراج

عبد السلام ريان
عرفه السيد العزب
النعيمة يونس حارن

*****





مشروع مياه صلبوخ

مواصلة للحديث عن مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض والذي تناولنا جزء منه في العدد الثالث والأربعين من المجلة ، واستكمالاً لذلك يتناول هذا العدد من المجلة الجانب التطبيقي لجزء من نشاط المصلحة فيما يتعلق ببرنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض والمتمثل في مشروع مياه صلبوخ أحد المشاريع التابعة للبرنامج .

تم افتتاح مشروع مياه صلبوخ تحت رعاية صاحب السمو الملكي الامير سلمان بن عبدالعزيز أمير منطقة الرياض ورئيس مجلس ادارة مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض وذلك يوم الثلاثاء ١٣٩٨/١٢/٢٨هـ الموافق ١٩٧٨/١١/٢٨م ، ويقع المشروع شمال الرياض وعلى بعد ٦٠ كم تقريبا منها.

ويمارس المشروع نشاطه من خلال ثلاثة أجزاء أساسية متمثلة في حقل الآبار ، ومحطة المعالجة ، والقرية السكنية .

حقل الآبار

يحتوى حقل الآبار (Wells Field) على (١٨) بئراً عميقاً ، يتراوح عمقها مابين (١٢٠٠م ـ ١٨٠٠م) ويتم تشغيل مابين (٨) إلى (١١) بئراً بحسب الاحتياج والظروف خلال فصلي الشتاء والصيف ، أما بقية الآبار فيتم تشغيلها احتياطياً ، ويتراوح معدل انتاج الماء من الآبار المشغلة مابين ٤٥ر٠٠٠م٣ الى ٦٢ر٠٠٠م٣ /يوم ، تصل درجة ملوحة المياه فيها إلى حوالى (١٤٠٠)جزء في المليون ، وتضخ المياه المنتجة للمعالجة لتصبح صالحة للاستخدام الآدمي من خلال محطة المعالجة التابعة للمشروع .

محطة المعالجة

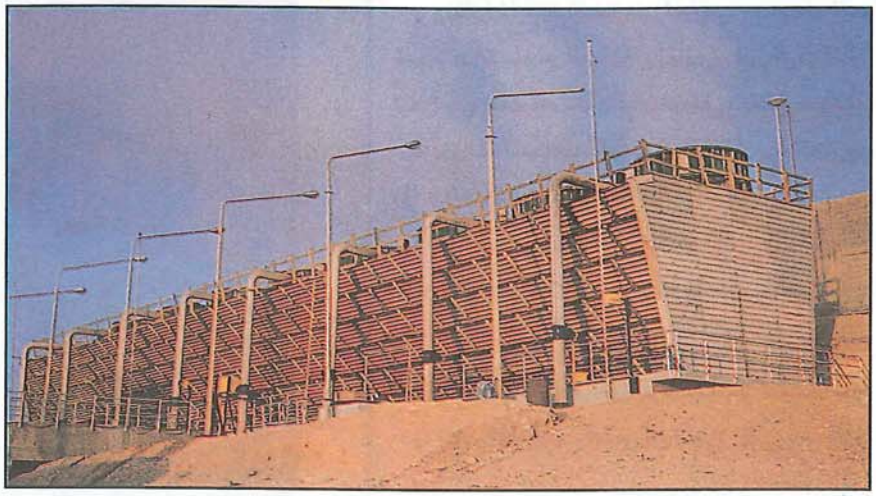
يتم من خلال محطة المعالجة (Treatment Plant) معالجة المياه الواردة من آبار المشروع على خمس مراحل على النحوالتالي :

● مرحلة التبريد

تصل درجة حرارة المياه المنتجة من الآبار إلى حوالى (٦٠°م) ولذا يلزم تبريدها إلى حدود(٣٠ ـ ٣٥°م) ، وتتم تلك العملية من خلال ثمانية مبردات (Coolers) تبلغ طاقة كل مبرد ٣٠٠م٣/ساعة ، وتعمل هذه المبردات جميعها في فصل الصيف ، أما في فصل الشتاء فيتم تشغيلها بالتناوب ، حيث يتم إجراء عمليات الصيانة ، وتتم عملية التبريد في هذه المبردات عن طريق نشر الماء على عوارض بلاستيكية وشفط الهواء من خلال مراوح شفط خاصة لكي تتم عملية المبادلة الحرارية وتنخفض على إثرها درجة حرارة الماء الى الدرجة الملائمة لمراحل المعالجة اللاحقة ، وينقسم الماء الخارج من المبردات إلى قسمين ، يتجه أحدهما مباشرة إلى المرشحات بدون معالجة وله مرشحات خاصة ـ يسمى (Blending Bypass) ـ ويمثل مانسبته ١٠ـ٢٠٪ من كمية المياه الخارجة من المبردات ، أما القسم الآخر فيمثل مانسبته ٨٠ـ٩٠٪ وتسري هذه الكمية عبر قناة الى المرسبات حيث تضاف اليها مادة ألومينات الصوديوم بهدف التخلص من السيليكا بالاضافة الى أنها تعمل كمادة مجمعة ، ثم يتجه الماء الى المرسبات .

● مرحلة إزالة العسر والترسيب

يوجد بالمشروع ستة مرسبات (Precipitator) سعة كل مرسب (٦٠٠م٣)، وبعد دخول الماء الى المرسبات يضاف اليه الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) والصودا (كربونات الصوديوم) لإزالة عسر الماء كما تضاف مادة عديدة الالكتروليت (Polyelectrolyte) كمادة مجمعة للعوالق الموجودة في الماء لكي تترسب على هيئة وحل (Sludge) يتم سحبه إلى المخثر (Thickner) حيث يستخلص الماء



● جانب من وحدات التبريد بمحطة مياه صلبوخ

المصاحب للوحل من أعلى المخثر ويعاد الماء المستخلص إلى ماقبل المرسبات لكي تتم معالجته مرة أخرى ، أما الوحل فيتم دفعه إلى أحواض التجفيف خارج المحطة ، ولزيادة كفاءة عمل المواد الكيميائية المضافة إلى المرسبات ، فإن المحركات الموجودة في أعلى المرسبات تعمل على استدامة حركة المياه فيها مما يؤدي إلى زيادة التفاعل ، كما أن إضافة تلك المواد تتم آلياً لكل (١٠م٣) من المياه الداخلة إلى المرسبات ، وقبل دخول الماء في المرحلة اللاحقة (مرحلة الترشيح) يضاف إليه حامض الكبريت ، وتسمى تلك العملية التحميض الأولى (Primary Acidification) وتهدف إلى خفض الرقم الهيدروجيني (pH) للماء من ٩ر٥ الى ٦ر٥ لتفادي تكون طبقة من كربونات الكالسيوم على حبيبات الرمل الناتجة من إزالة العسر في المرسبات .

● مرحلة الترشيح

يوجد بالمشروع ثمانية مرشحات رملية ستة منها للمياه المعالجة من المرسبات واثنان للمياه غير المعالجة (Bypass) ، وهذه المرشحات عبارة عن طبقات رملية بغرض التخلص من الرواسب والعوالق في المياه ، وتتم عملية الترشيح على خطوتين هما :

* **مرشحات المرحلة الأولية (Pre-Filters) :** ويكون إتجاه المياه فيها من أسفل إلى أعلى (Up- downflow) .

* **مرشحات المرحلة الثانية (Rapid Filters) :** ويكون إتجاه المياه فيها من أعلى ألى اسفل .

ويتم غسيل المرشح يومياً للتخلص من تلك العوالق والرواسب ، وبعد مرور المياه من تلك المرشحات يتم ضخها إلى وحدة التناضح العكسي .

● مرحلة التحلية بالتناضح العكسي

تنساب المياه بعد مرحلة الترشيح الى خزان المياه المرشحة وتكون هذه المياه نقية وذات عسر قليل ولكنها تحتوي على كمية عالية من الأملاح المذابة (١٤٠٠ جزء في المليون) يتحتم خفضها لكي تكون المياه صالحة للشرب ، لذا تضخ هذه المياه إلى وحدات التناضح العكسي بواسطة مضخات الضغط المنخفض (L.P.P) بضغط حوالى (٤ ـ ٥) بار (جوي) ، ويضاف إليها حامض الكبريت (تحميض ثانوي) لخفض الرقم الهيدروجيني للمياه من ٦ر٥ إلى ٥ر٥ بهدف منع ترسبات كربونات الكالسيوم على أغشية التناضح العكسي ، كذلك تضاف مادة هيكسا ميتافوسفات بهدف منع ترسب كبريتات الكالسيوم على الأغشية ، بعدها تمرر هذه المياه عبر وحدات المرشحات الدقيقة (Cartridge Filters) وهذه المرشحات تمنع دخول أي جزيئات أكبر من (٥ ميكرون) إلى الاغشية ، ومن هذه المرشحات تضخ المياه إلى وحدات التناضح العكسي بواسطة مضخات الضغط العالي (٢٥ـ٢٧) بار . وتوجد ست مضخات يعمل منها خمس ، أما السادسة فتعمل إحتياطياً لبقية المضخات ، ويوجد في المشروع ١٠ مجمعات من وحدات التناضح العكسي تعمل بنظام الرجيع (Brine System) ويتكون كل مجمع من سبعة أعمدة يحتوى كل عمود منها على عشرين وحدة يتم تمرير الماء خلالها على ثلاث مراحل هي :

* **المرحلة الأولى:** وتتكون من الأربعة أعمدة الأولى المكونة للبلوك، وتتغذى من المياه المرشحة المدفوعة من مضخات الضغط العالي ، ويتم فيها فصل المياه إلى مياه محلاة ومياه مشبعة بالأملاح تضخ مرة أخرى إلى المرحلة الثانية كمياه مغذية .

* **المرحلة الثانية** :وتتكون من العمودين الخامس والسادس ويتغذيان من مياه الرجيع الناتجة من المرحلة الأولى ، حيث يتم فصلها إلى مياه محلاة ومياه مشبعة بالأملاح والتي بدورها تضخ كمياه مغذية للمرحلة الثالثة.

* **المرحلة الثالثة :** وتتكون من العمود السابع والأخير للبلوك حيث يتم فصل المياه إلى مياه محلاة وأخرى مشبعة بالأملاح ، ويتم تجمع المياه المحلاة في جميع المراحل ، أما المياه المشبعة بالأملاح فيتم طردها إلى خارج المحطة .

● مرحلة المعالجة النهائية

يتم في مرحلة المعالجة النهائية (Post Treatment) إضافة مادة الصودا للمياه المحلاة الناتجة لرفع الرقم الهيدروجيني (pH) إلى (٥ر٧) تقريباً ، وكذلك يضاف إليها المياه الفائضة عن حاجة مرحلة التناضح العكسي وكذلك المياه غير المعالجة والتي تمر على المرشحات فقط ، وذلك لإنتاج مياه ذات ملوحة في حدود (٤٠٠ ـ ٥٠٠) جزء في المليون ، وتخلط هذه المياه في خزان الخلط ويضاف إليها الكلور للتعقيم ، ومن ثم تنساب المياه إلى خزان تجميع بسعه (١٥٫٠٠٠م٣) ومنه إلى مدينة الرياض عبر أنابيب ينساب الماء فيها بواسطة قوى الجاذبية الأرضية ، أو عن طريق ثلاث مضخات عند الحاجة إلى زيادة ضخ المياه ، وبصفة عامة ينتج المشروع ما مقداره (١٦) مليون جالون يومياً ، ويتم فحص مياه الشبكة للتأكد من وجود الكلور الحر المتبقي لضمان تعقيم المياه حتى وصولها للمستهلك .

● القرية السكنية

رغبة في توفير الظروف الملائمة للعاملين في المشروع فقد تم انشاء مجموعة من الفلل السكنية للعوائل والعزاب إضافة إلى نادي رياضي وعيادة طبية ومدارس لمختلف المراحل .

● جانب من وحدات التحلية بواسطة التناضح العكسي بمحطة مياه صلبوخ

الفرز الغشائي الكهربي

د. فرج عبدالسلام عبدالعليم

يتم فصل الماء العذب عن الماء المالح في جميع طرق التحلية باستخدام الفرق في الخواص الفيزيائية بين الماء والملح ، فمثلاً تعتمد طرق التحلية الحرارية كلها على الفرق بين درجة غليان الماء ودرجة غليان الملح بينما تعتمد الطرق الأخرى مثل التناضح العكسي على الفرق في الحجم لكل من جزيء الماء وجزيء الملح ، حيث يمكن لجزيء الماء الصغير النفاذ من خلال الأغشية الخاصة المستخدمة لهذا الغرض ، أما جزيء الملح فإنه لاينفذ خلال تلك الأغشية نظراً لكبر حجمه ليتم بذلك فصل الماء عن الملح تحت تأثير فرق الضغط الكبير المستخدم في هذه العملية .

من جانب آخر تعتمد طريقة الفرز الغشائي الكهربي " الديلزة الكهربية " أساساً على استخدام الطاقة الكهربائية لفصل أيونات الملح عن الماء ، وذلك من خلال أغشية خاصة تستخدم لهذا الغرض، وهي تشبه في ذلك عملية التناضح العكسي إلا أنها لاتحتاج إلى فرق الضغط العالي المستخدم فيها .

ونظراً لأن طرق التحلية الحرارية هي أسهل وأقدم طرق التحلية على الإطلاق فإنها لاتزال هي الأكثر استخداماً من الناحية التطبيقية على المستوى العالمي وفي المملكة ، يليها في ذلك طريقة التناضح العكسي خاصة بعد التقدم الكبير في صناعة الأغشية وتقنياتها المختلفة ، أما طريقة الفرز الكهربائي فإن مستقبلها الواعد بالنسبة للمملكة يتركز في مجال معالجة المياه الجوفية لاستخدامها في الشرب والزراعة ، وكذلك معالجة المخلفات المائية للمصانع أو مياه الصرف لإعادة إستخدامها في الصناعة أو في الري .

تتميز هذه الطريقة باعتمادها على الطاقة الكهربائية النظيفة والخالية من التلوث الناشيء عن المحطات الحرارية ، بالإضافة إلى إمكانية استخدام الطاقة الكهروضوئية المنتجة من الطاقة الشمسية المتوفرة في المملكة ، التي ترتبط جدواها الأقتصادية بتطوير الخلايا الكهروضوئية وجعل أسعارها تنافس أسعار الطاقة الكهربائية المتوفرة حالياً .

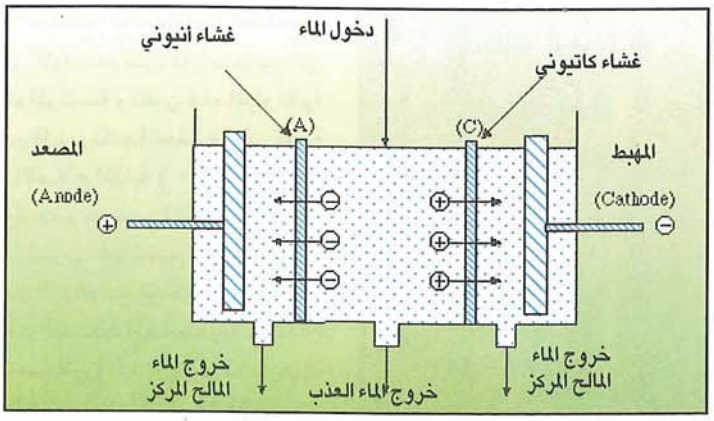
ومن الناحية التاريخية فقد كانت طريقة الفرز الكهربي أقدم من طريقة التناضح العكسي ، حيث تم إستخدامها فعلاً في معالجة مياه الصرف في بعض الدول مثل الولايات المتحدة الأمريكية ، كما أمكن إستخدامها أيضا في معالجة مياه الغلايات بدلاً من طرق التبادل الأيوني المعروفة والتي تحتاج لكميات كبيرة من المواد الكيميائية ، مما يشكل مصدراً آخر من مصادر التلوث سواء أثناء التشغيل أو التنشيط .

آلية الفرز الغشائي الكهربي

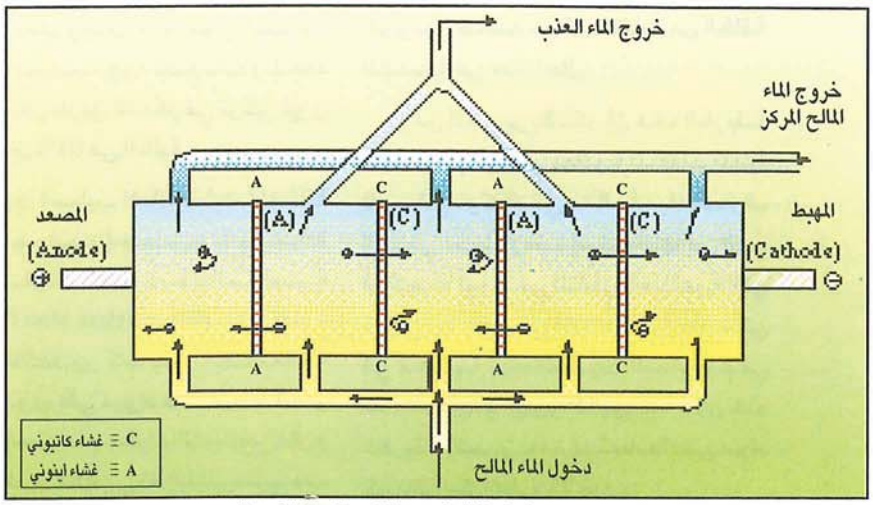
عند إمرار تيار كهربائي على محلول ملحي فإن الأملاح تتفكك إلى أيونات موجبة مثل الصوديوم (Na^+) والبوتاسيوم (K^+) والكالسيوم (Ca^{++}) والمغنيسيوم (Mg^{++}) وأيونات سالبة تتمثل في الكلور (Cl^-) والكبريتات ($SO4^{--}$) والكربونات ($CO3^{--}$) والنترات ($NO3^-$) .

ويتم تبعاً لذلك ، وتحت فرق الجهد الكهربائي المستخدم ، جذب الأيونات الموجبة (Positive ions) نحو المهبط (Cathode) والأيونات السالبة (Negative ions) نحو المصعد (Anode)، وبذلك يتم فصل شوائب الأملاح عن الماء الذي يصبح نقياً كما هو موضح في شكل (١)

ونظراً لأن خلية الفرز الكهربائي الواحدة ذات إنتاجية محدودة فإنه يتم إستخدام أكثر من خلية للوصول إلى مستوى الإنتاج المطلوب من الناحية العملية ، ومن ثم فإن وحدات الفرز الكهربائي تتركب من عدد من هذه الخلايا كما هو موضح في شكل (٢) . تتركب هذه الوحدات من عدد من الحجيرات الضيقة



● شكل (١) خلية الفرز الكهربائي « الديلزة الكهربية »



● شكل (٢) الوحدة الصناعية للفرز الكهربي

التي يضخ الماء المالح من خلالها ، بينما تنفصل هذه الحجيرات عن بعضها بواسطة الأغشية شبه المنفذة التي تنفذ نوع واحد فقط من الأيونات ، حيث أن بعضها ينفذ الأيونات الموجبة فقط ، وتسمى بالأغشية الكاتيونية (Cationic membranes) ، أما البعض الآخر فينفذ الأيونات السالبة فقط ، وتسمى بالأغشية الأنيونية (Anionic membranes) ، وعندما يمر التيار الكهربائي في هذه الخلايا فإن الأغشية شبه المنفذة تقوم بحجز الأيونات على هيئة شوائب في الحجيرات الصغيرة المخصصة لذلك في الخلية ، وينتج عن ذلك – في آخر العملية – وجود ماء عذب داخل الحجيرات الخاصة به في الخلايا ، بينما توجد الأملاح والكاتيونات أو الأنيونات في الحجيرات المجاورة كما هو موضح في شكل (٢)

ومن الجدير بالذكر أن الأغشية الأيونية هي أكثر الأجزاء حساسية في وحدة الفرز الكهربائي ، وهي تماثل من حيث الأهمية كل من أغشية التناضح العكسي وأسطح التبادل الحراري في الطرق الحرارية للتحلية ، كما أنها تحدد تكلفة الوحدة من الناحية الإقتصادية ، وهي أيضاً عرضة للإتساخ بسبب تكون القشور الملحية وترسبها عليها ، مما يستدعي تنظيفها ميكانيكياً أو كيميائياً بشكل دوري ، ومهما كانت هذه الأغشية متينة فإنه يلزم إستبدالها بعد فترة ، وقد تضافرت الجهود الهندسية والأبحاث العلمية لإنتاج أغشية مناسبة ، تم إنتاج أنواع متطوره من الأغشية تتوافر حالياً بسمك يتراوح بين ٠,١ مم و ١ مم وبأشكال مختلفة ، وأما من الناحية العلمية فقد تم تطبيق طريقة الديلزة الكهربائية في محطات تحلية تقدر طاقتها الإنتاجية اليومية بآلاف المترات المكعبة من المياه العذبة ، كما تم إستخدام الطريقة في وحدات منزلية صغيرة تصل إنتاجيتها إلى مائة لتر في اليوم بالإضافة إلى وحدات عديدة ذات إنتاجية متوسطة .

وقد تم كثير من التطوير والتحسين لتقنية الانتقال بالتبادل الأيوني في الأغشية ، حيث أمكن تطبيقها في الأغشية الحيوية مثل أجهزة الكلية الصناعية وغيرها .

طاقة الفرز الكهربي

عند استخدام طريقة الفرز الغشائي الكهربي لفصل الماء من الملح لابد من وجود حد أدنى من فرق الجهد الكهربائي ، يسمى **فرق جهد الفصل** ، ويعتمد فرق الجهد الكهربي المذكور على تركيز الأملاح في الخلية ونوع الأيونات الموجودة في الماء المستخدم ، حيث يتساوى في المقدار ويتعاكس في الإتجاه مع فرق الجهد الناشيء بين أقطاب الوحدة في حالة التوقف . وفي هذه الحالة يمكن إعتبار الوحدة بطارية صغيرة ، ويجب من الناحية العملية زيادة فرق الجهد الكهربائي الفعلي المستخدم عن هذا الحد الأدنى ليتم تحريك الأنيونات والكاتيونات وفصلها عن الماء ، ويمثل الفرق بين الجهد الفعلي ـ الصادر من الخلية – والحد الأدنى لفرق جهد الفصل مايعرف بجهد الإستقطاب ، ويمكن القول من الناحية العملية أنه يلزم لكل زوج من الأغشية الموجودة بوحدة الفصل الكلية وجود فرق جهد في حدود ٠,١ إلى ٠,٢ فولت ، وبذلك تحتاج الوحدة التي بها مائة زوج من الأغشية إلى فرق جهد كهربائي يتراوح بين ١٠ إلى ٢٠ فولت ، أما بالنسبة للتيار الكهربائي اللازم لعملية الفرز فإنه يتم حسابه بإستخدام قانون فاراداي Faraday كالآتي :

حيث :

$$I = \frac{FQNEr}{E_c}$$

I : التيار الكهربي اللازم للعملية " الأمبير "

F : ثابت فاراداي وقيمته ٩٦٥٠٠ كولوم

Q : معدل سريان الماء في الوحدة (لتر/ثانية)

N : تركيز الأملاح في الماء المستخدم " جرام مكافىء/لتر "

Er : معدل إنتاج الماء العذب = نسبة فصل الماء العذب من الماء المالح المستخدم

Ec : كفاءة استخدام التيار الكهربي بواسطة الوحدة وتتراوح قيمتها بين ٠,٨٥ إلى ٠,٩٥

أما بخصوص القدرة الكهربائية اللازمة لوحدة الفرز الكهربي فإنها تحسب عادة باستخدام القانون

$$P = IV = I^2R$$

حيث :

P : القدرة الكهربائية بالوات

I : التيار الكهربي بالأمبير

R : مقاومة الوحدة بالأوم

V : الجهد بالفولت

مشاكل تقنية الفرز الغشائي

تتعرض تقنية الفرز الغشائي الكهربائي إلى عدة مشاكل عملية من أهمها مايلي :-

● ظاهرة الأستقطاب

وجد عملياً أن هناك حد أقصى لكثافة التيار الذي يمكن استخدامه في وحدات الفرز الكهربائي ، يعرف بالتيار الحدى

(Limiting Current) ،وتتوقف قيمة هذا الحد على التركيب الكيميائي للماء المستخدم في الوحدة ، وسرعة سريان الماء في الخلية ، وعوامل أخرى تتعلق بسرعة إنتقال الأيونات داخل الخلية ، وعند بدء عملية الفرز الغشائي الكهربائي ينشأ تغير في تركيز الأنيونات والكاتيونات عند سطح الأغشية المستخدمة مصحوباً بزيادة كبيرة في مقاومة الخلية الكهربائية ، وهو مايعرف **بظاهرة الاستقطاب (Polarization)** والذي يسبب حدوثها ازدياد في جهد الاستقطاب المعاكس بدرجة كبيرة يصعب معها أي زيادة في تيار الخلية مهما زادت قيمة الجهد الكهربائي الخارجي المستخدم في الوحدة . وينشأ عن ذلك فقد كبير في الطاقة الكهربائية بدون أي زيادة في معدل إنتاج الماء العذب .

وللتغلب على هذه المشكلة يلزم إختيار تيار الخلية ، بحيث يكون أقل من هذا التيار الحدى (التيار المستخدم عادة في حدود ٧٠ – ٩٠٪ من التيار الحدى) .

● الترسبات

تنشأ مشكلة الترسبات بسبب زيادة تركيز الملح بالقرب من سطح الغشاء المواجه للماء المالح ، فيحدث الترسيب مباشرة إذا تعدى تركيز الملح حدود الذوبانية الخاصة به ، ومن المعتاد عملياً أن تترسب كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم وكبريتات الكالسيوم على غشاء التبادل الأيوني من جهة الماء المالح .

ومن الجدير بالذكر أن التصاق هذه القشور الملحية بالأغشية يؤدي إلى إنخفاض كبير في إنتاجية الوحدة من الماء العذب ، كما أنه يتسبب في إرتفاع المقاومة الكهربائية للخلية ، مما يؤدي إلى فقد كبير في الطاقة الكهربائية المستخدمة ، وبذلك تتدنى كفاءة هذه الوحدات كثيراً مع استمرار تشغيلها ، مما يحتم تنظيفها بين آن وآخر مع استمرار معالجة الماء المستخدم للتخلص من الأملاح المسببة للعسر مثل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم قبل دخولها إلى وحدات الفرز الكهربائي ، ومن أمثلة هذه المعالجة حقن الماء بحامض كلوريد الهيدروجين أو حامض الكبريت بجرعة محسوبة تمنع حدوث هذه الترسبات عن طريق التحكم في تركيز أيون الهيدروجين (H^+) في الخلية .

ومن بين أساليب المعالجة أيضاً إضافة كميات صغيرة محسوبة من مادة ميتافوسفات الصوديوم السداسية (Sodium Hexa Meta Phosphate) ، التي تقاوم تكوين هذه القشور كما يجب أيضاً معالجة الماء المحتوي على مواد صلبة معلقة أو غروية ، باستخدام عمليات الترشيح خارج وحدات الفرز الكهربي تلافياً لترسيب هذه المواد العالقة على سطح الأغشية التي قد تؤدي إلى إنسدادها أو تلفها .

ومن بين الأفكار العملية الجيدة المستخدمة للتغلب على مشكلة القشور والترسبات ، هي الفكرة التي يتم فيها العكس الدوري لقطبية الأقطاب المستخدمة في العملية ، بحيث يصبح المصعد مهبطاً والمهبط مصعداً بعد فترة تشغيل معينه، وبذلك يتم إذابة الاملاح كهربائياً وبدون إستخدام مواد كيميائية خارجية ، وهناك شركات تقوم بتصميم وحداتها بحث يتم عكس هذه الأقطاب بطريقة آلية ، وقد ثبتت جدوى هذه الطريقة عملياً .

تطبيقات تقنية الفرز الغشائي

على الرغم من تشغيل الكثير من وحدات تنقية مياه البحر بالفرز الكهربائي ، إلا أن هذه الطريقة لم تثبت جدواها الإقتصادية لإنتاج الماء العذب من مياه مرتفعة الملوحة إلا في بعض الحالات الخاصة التي يتوفر فيها مصدر رخيص للطاقة الكهربائية ، أو باستخدام الخلايا الشمسية على مستوى صغير أو متوسط من ناحية الإنتاجية .

وعلى الجانب الآخر فقد تم تطوير وحدات صغيرة منها تنتج ما بين ٥٠ – ١٠٠ لتر من الماء العذب يومياً ، ويمكن تعليقها فوق حوض المطبخ بالمنزل بعد توصيلها بشبكة المياه المنزلية مباشرة ، كما تم تطوير وحدات صغيرة وبسيطة نسبياً للاستخدام في المزارع النائية التي تعتمد على المياه الجوفية خاصة مع الاستفادة من الطاقة الشمسية في هذا المجال .

ومن الجدير بالذكر أن هذه الطريقة تستخدم بكثرة في معالجة المخلفات المائية للمصانع ، وكذلك في معالجة مياه الصرف الصحي سواء لإعادة إستخدامها في الري أو كمياه تبريد في المناطق الصناعية التي تعاني من نقص في الموارد المائية ، أو حتى في معالجة مياه الغلايات المستخدم في محطات توليد القوى الكهربائية ، لأن هذه الطريقة تتميز بعدم إعتمادها على مواد كيميائية مثل الطرق الأخرى .

تقنية الفرز الغشائي بالمملكة

على ضوء ما تقدم فإن المستقبل الحقيقي لتقنية الفرز الغشائي الكهربي يعتمد على مدى الاستفادة من الطاقة الرخيصة كمصدر أساسي للطاقة اللازمة لتشغيل هذه الوحدات .

وبذلك تصبح هذه الطريقة مناسبة للحصول على الماء العذب من مياه الآبار ، خاصة في مجال الزراعة ، والري ، وفي الأماكن النائية ، التي لايتوفر فيها مصادر الكهرباء العادية ، وهي في هذا المجال تتميز عن طريقة التناضح العكسي بعدم حاجتها إلى مضخات الضغط العالي ، كما أن الكهرباء المتولدة بواسطة الخلايا الشمسية تستخدم مباشرة في خلايا الفرز الكهربائي التي تعمل مباشرة بواسطة التيار المستمر .

ومما يجدر ذكره أن هذه التقنية تستخدم في بعض محطات المياه بالمملكة مثل محطتي القويعية ولبخة تصل طاقتها الإنتاجية على التوالي إلى ٦٧٠٠م٣/يوم و ١٠٠٠م٣/يوم من المياه العذبة .

أما بالنسبة لمعالجة المخلفات المائية لبعض المصانع فإنه يمكن إقتراح هذه الطريقة – مثلاً – لمصانع الطلاء الكهربائي سواء في المنطقة الصناعية بالرياض أو في منطقتي الجبيل وينبع ، خاصة في ظل الإهتمام الحالي الكبير بالمحافظة على البيئة في هذه المناطق الإستراتيجية بالنسبة للنهضة الصناعية في المملكة .

عرف الإنسان التبخير كوسيلة للحصول على الماء العذب منذ زمن بعيد، وقد لجأ لذلك أثناء سفره وتنقله خاصة على ظهر البحار والمسالك المائية الأخرى التي غالباً لم تكن مياهها صالحة للشرب بطريقة مباشرة.

تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل

د. إبراهيم صالح المعتاز

تعتمد عملية تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل على تبخير الماء بتسخينه بمصدر خارجي للحرارة، ثم تكثيف البخار الناتج بالتبريد، وقد بدأت هذه العملية بمبخرات مياه ضخمة الحجم ذات وحدات متعددة تعمل كل واحدة منها مباشرة بحرق الوقود أسفل الوعاء الحاوي للمياه، ثم شهدت بعد ذلك تطوراً كبيراً أمكن معه الاستفادة من الحرارة المستخدمة في تبخير المياه في إحدى المبخرات في تبخير مياه مبخر آخر، ودعا ذلك إلى إستخدام وحدات تبخير متعددة تعمل كل واحدة منها معتمدة على الوحدة التي تسبقها، وهذا ما عرف بمسمى التقطير أو التبخير متعدد المراحل أو متعدد الفعالية.

تبلغ سعة محطات تحلية المياه العاملة بنظام التبخير متعدد المراحل حوالي ٥٪ من السعة الكلية للمياه المحلاة في العالم ولاتزيد سعة أكبر وحدة لتحلية المياه بهذه الطريقة كثيراً عن ٢٠,٠٠٠م٣/يوم.

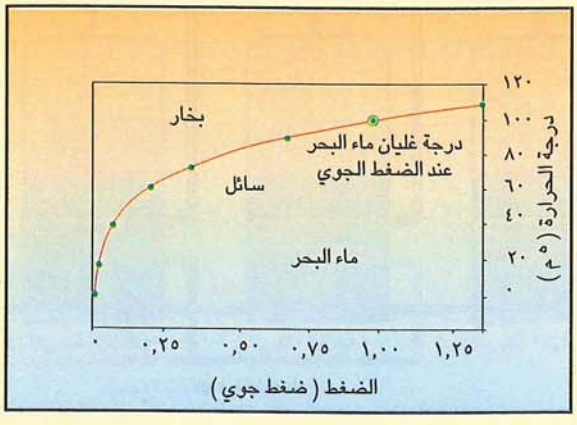
توجد وحدات التبخير متعدد المراحل في منطقة الخليج العربي في دولة الامارات العربية المتحدة، والبحرين، وقطر، والكويت ـ لا تزيد نسبة المياه المحلاه بهذه الطريقة عن ٠,١٪ من السعة الكلية للمياه المحلاه بهذه المنطقة ـ وعلى سبيل المثال فقد أنشئت ثلاث وحدات لتحلية المياه في الكويت ما بين عامي ١٩٥٤م إلى ١٩٥٦م تصل سعتها إلى ٣٦٥، و ٥٠٩٠، و ٤٧٧٠ م٣/يوم على التوالي. وتعد الكنداسة أول وحدة تبخير في المملكة العربية السعودية إذ تم إنشاؤها عام ١٩٠٧م في مدينة جدة.

آلية التبخير متعدد المراحل

شاع استخدام مصطلح التقطير (Distillation) في مجال تحلية المياه، ولذا سميت هذه الطريقة - في بداية معرفتها - بالتقطير متعدد المراحل (Multiple Effect Distillation - MED)، وهذا خطأ علمي صريح، فالتقطير هو عملية فصل السوائل المختلطة والمكونة لمحلول واحد، حيث تتبخر جزيئات هذه السوائل بنسب مختلفة عند ارتفاع درجة الحرارة، فيحتوي البخار المتكون على نفس المواد الذائبة بنسب متفاوته، في حين أنه في تحلية المياه يتم فصل الماء عن الأملاح الذائبة فيه، وذلك برفع درجة حرارة المياه إلى درجة الغليان ليتكون البخار الخالي من الأملاح وتبقى هذه الأملاح دون تبخير، وهذا ما يعرف بعملية التبخير. لذا فالصواب أن تسمى هذه الطريقة بالتبخير متعدد المراحل. (Multiple Effect Evaporation - MEE)

تهدف طريقة التبخير متعدد المراحل إلى زيادة الاستفادة من حرارة التسخين الداخلة إلى وحدات التبخير، وذلك بالاستفادة من البخار المتكون من الوحدة الأولى في رفع حرارة المياه في الوحدة الثانية، وكذلك الاستفادة من البخار المتكون من الوحدة الثانية في رفع حرارة المياه في الوحدة الثالثة، وهكذا في باقي الوحدات، ويمكن للبخار المتكون من الوحدة الأولى أن يعمل على تبخير مياه الوحدة الثانية إذا ما انخفضت درجة غليان المياه فيها عن درجة غليان المياه في الوحدة الأولى، ويتم ذلك بخفض الضغط في الوحدة الثانية عنه في الوحدة الأولى، إذ أن درجة الغليان تنخفض بانخفاض الضغط. ويعد هذا المبدأ هو الأساس النظري لعمل وحدات التبخير المتتابعة (المبخرات)، ويبين الشكل (١) التغير في درجة غليان الماء مع الضغط.

وهكذا يستمر التبخير في الوحدات المتتالية بخفض الضغط بشكل متتابع في وحدات التبخير. وبذا يعمل البخار المتكون في الوحدة الأولى على تبخير المياه في الوحدة الثانية عند تكثفه داخل هذه الوحدة، ثم يستفاد من البخار المتكون في هذه الوحدة بتبخير مياه الوحدة الثالثة، وهكذا تتكرر فعالية البخار وتزيد نسبة إنتاج المياه العذبة (المتبخرة) بالنسبة لمصدر الحرارة الخارجي المستخدم في تبخير الوحدة الأولى، وتعرف هذه النسبة بنسبة العائد (Gain Output Ratio - GOR) أو اقتصاد البخار (Steam Economy) أو نسبة الأداء (Performance Ratio)، وتتراوح هذه النسبة بين ٤٪ إلى ١٠٪ في



● شكل (١) التغير في درجة غليان مياه البحر عند الضغوط المختلفة.

معظم وحدات التبخير متعدد المراحل، وتدل على كفاءة وحدات التبخير، فالمبخرات ذات الكفاءة العالية لها نسبة أداء عالية. ويمكن حساب هذه النسبة تقريباً بضرب ٠,٨ في عدد مراحل التبخير (عدد وحدات التبخير أو المبخرات) للوحدات التي تزيد عن ثلاثة.

يستخدم البخار غالباً كمصدر خارجي للحرارة لتبخير مياه الوحدة الأولى، ويوضح شكل (٢) مخططاً لآلية تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل حيث تدفع المياه المالحة إلى داخل وحدة التبخير الأولى وعند مرور البخار الخارجي في الأنابيب الداخلية لهذه الوحدة ترتفع درجة حرارتها إلى درجة الغليان، ثم يتوجه البخار المتكون في الوحدة الأولى إلى الأنابيب الداخلية للوحدة الثانية، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء المالح في هذه الوحدة إلى درجة الغليان، بينما يتكثف البخار داخل الأنابيب مكوناً مياهاً عذبة، تتكرر هذه العملية بتوجيه البخار المتكون في الوحدة الثانية للتكثف داخل أنابيب الوحدة الثالثة ـ مكوناً مياهاً عذبة ـ وعاملاً على تبخير المياه المالحة فيها، وهكذا يتكثف بخار الماء المالح داخل الأنابيب الداخلية للوحدات – إبتداء من الوحدة الثانية – ، شكل (٢)، مكوناً مياهاً عذبة يتم تجميعها للاستفادة منها في الأغراض المختلفة.

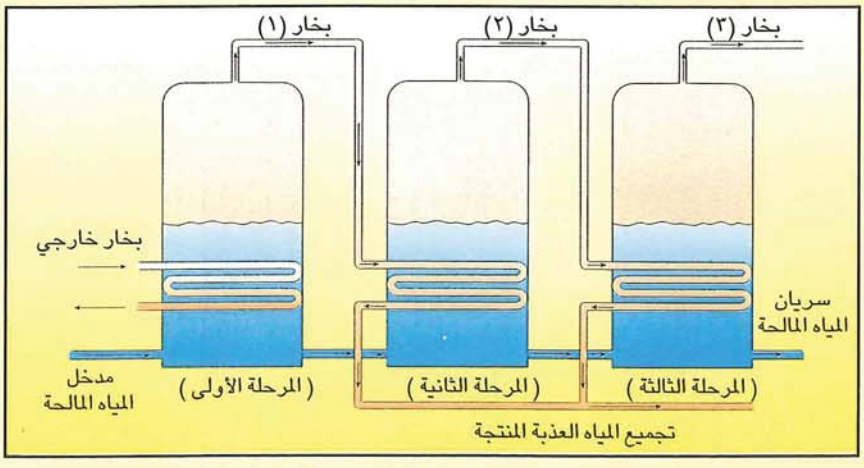
يستخدم ـ في الغالب ـ في تحلية المياه بطريقة التبخير متعدد المراحل من ستة إلى عشرة مبخرات، وتصنع فيها أنابيب التسخين عادة من سبائك مختلفة ـ من النحاس والنيكل أو غيرهما ـ جيدة التوصيل للحرارة ومقاومة للتآكل، وتضاف كميات من حامض الكبريت إلى المياه المراد تحليتها لخفض الرقم الهدروجيني، ومنع ترسب الأملاح على أسطح المبخرات خاصة أملاح كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم. ويمكن إضافة عديد الفوسفات (Polyphosphates) للحد من ترسبات كبريتات الكالسيوم. وتعتمد درجة الحرارة التشغيلية القصوى للمبخرات على نوع المواد الكيميائية المضافة، إذ يمكن أن تصل هذه الدرجة إلى نحو ٩٠°م كحد أقصى في حالة إضافة عديد الفوسفات، وتصل إلى حوالي ١٢٠°م عند استعمال حامض الكبريتيك دون التعرض لمشاكل ترسب الأملاح.

عدد مراحل التبخير

تزيد كمية المياه المحلاة عملياً بزيادة عدد مراحل التبخير (عدد وحدات التبخير المتتابعة)، مما يؤثر إيجابياً على تكاليف إنتاج المياه المحلاة لتوفر كميات أكبر من المياه المنتجة، غير أن الزيادة في عدد المراحل هي في الحقيقة زيادة في رأس المال، ينتج عنها زيادة في تكاليف إنتاج المياه المحلاة. ويمكن حساب العدد الأمثل لمراحل التبخير ـ بالتقريب ـ حسب المعادلة التالية: العدد الأمثل = $\sqrt{\frac{ت}{م}}$ حيث:

(ت) تكاليف بخار التسخين لكل وحدة ماء منتج في مبخر أحادي المرحلة.

(م) التكاليف الثابتة لمرحلة كل وحدة ماء منتج.



● شكل (٢) مخطط توضيحي لطريقة تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل

أنواع وحدات التبخير

يمكن تصنيف وحدات التبخير متعدد المراحل إلى عدة أنواع طبقاً لعاملين أساسيين هما :-

● إتجاه سريان الماء والبخار

تصنف وحدات التبخير حسب إتجاه سريان الماء المالح والبخار المتكون في وحدات التبخير المختلفة (المبخرات) إلى نوعين رئسيين هما :-

*** وحدات التغذية الأمامية (Forward Feed) :** ويكثر استعمالها في مجال تحلية المياه، وتتم بدخول المياه المالحة إلى الوحدة الأولى، ثم تنساب إلى الوحدة الثانية فالثالثة حتى آخر وحدة، كذلك يتجه البخار من الوحدة الأولى إلى الوحدة الثانية فالثالثة وهكذا حتى آخر وحدة. وبذا فإن البخار والمياه المالحة يسيران في إتجاه واحد، ويبين الشكل (٢)، ترتيب وحدات التبخير متعدد المراحل باستخدام التغذية الأمامية.

***وحدات التغذية الخلفية (Backward Feed):** ويقل إستخدامها في مجال تحلية المياه إلا إنها تستخدم بشكل واسع في عمليات فصل المحاليل قليلة التركيز أو المحاليل التي تتأثر بارتفاع درجة الحرارة.

تتم التغذية الخلفية بدخول المياه المالحة إلى الوحدة الأخيرة، ثم تنساب إلى الوحدة التي قبلها وهكذا حتى تصل إلى الوحدة الأولى في حين أن البخار يتجه من الوحدة الأولى إلى الوحدة الثانية فالثالثة حتى آخر وحدة. وبذا فإن البخار والمياه المالحة يسيران في اتجاهين مختلفين.

● طرق نقل الحرارة

يمكن تصنيف وحدات التبخير متعدد المراحل حسب الطرق المختلفة لنقل الحرارة داخل المبخر ـ طبقاً للتصاميم المختلفة للأنابيب الداخلية ـ إلى مجموعات أهمها :

١ – الأنابيب المغمورة (Submerged Tubes).

٢- الأنابيب العمودية (Vertical Tubes) .

٣- الأنابيب الأفقية (Horizontal Tubes) .

وتختلف هذه التصاميم في مقدرتها على التغلب على ظاهرة ترسب الأملاح على أسطح المبخرات و الأنابيب الداخلية ، وتسمى هذه الظاهرة بتكون القشور (Scale Formation)والتي تحد من إنتقال الحرارة بين البخار والمياه المالحة ، كما وأن هذه التصاميم تعمل على زيادة المساحة السطحية المتاحة لإنتقال الحرارة بين البخار والمياه المالحة . وتهدف هذه الأنواع المختلفة من المبخرات إلى خفض تكاليف إنتاج المياه المحلاة .

مزايا التبخير متعدد المراحل

تتم في وحدات التبخير متعدد المراحل الاستفادة من البخار الخارجي المستخدم في تبخير المياه المالحة لإنتاج كمية أكبر من المياه العذبة تفوق كمية المياه المنتجة في حالة استخدام وحدة واحدة فقط للتبخير ، وقد قدرت كمية الماء العذب المنتجة بالطن لكل طن من بخار التسخين بحوالي ٠,٩ في حالة استخدام مبخر واحد ، و ١,٧٥ في حالة استخدام مبخرين ، وحوالي ٢,٥ عند استخدام ثلاثة مبخرات ، وحوالي ٣,٢ عند استخدام أربعة مبخرات .

تمتاز طريقة التبخير متعدد المراحل بإمكانية خفض تكاليف إنتاج المياه المحلاة ، فقد قدرت نسبة إنخفاض تكاليف إنتاج محطة تحلية مياه البحر ذات سعة نحو ٢٢,٧٠٠ متر مكعب يومياً - تعمل بطريقة التبخير متعدد المراحل ذات الأنابيب العمودية - بحوالي ٢٠٪ مقارنة بمحطة أخرى تعمل بطريقة التبخير الومضي (Multi-Stage Flash-MSF) لنفس كمية المياه المنتجة .

وبالإضافة إلى ذلك هناك عدة مزايا لطريقة التبخير متعدد المراحل مقارنة بطريقة التبخير الومضي يمكن تلخيصها في النقاط التالية :

* **توفير الطاقة :** حيث أن البخار المتكون في وحدات التبخير متعدد المراحل يستفاد منه عند نفس درجة الحرارة المتكون عندها ، ولايحتاج إلى رفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة حرارة أعلى من درجة غليانها .

* **قلة تكوين الأملاح :** إذ أن المياه الداخلة لمحطة التبخير متعدد المراحل ذات التغذية الأمامية تكون عند أقل تركيز للأملاح وعند أعلى درجة حرارة ، وبذا تقل احتمالية تكوين الأملاح وترسبها على أسطح المبخرات .

* **إنخفاض الطاقة الكهربائية المستهلكة :** حيث تستهلك طريقة التبخير الومضي طاقة كهربائية لتحريك مضخات تدوير المياه ، في حين أن طريقة التبخير متعدد المراحل لاتحتاج إلى هذه المضخات .

* **عدم الاعتماد على ظاهرة الاتزان (Equilbrium) :** حيث يؤثر الاتزان بين البخار والسائل على أداء محطات التبخير الومضي ، إذ تعمل وحدات التبخير في هذه المحطات بكفاءة عالية عند الاتزان التام بين البخار والسائل ، في حين أن محطات التبخير متعدد المراحل لاتتأثر بظاهرة الاتزان بين البخار والسائل ، إذ أن البخار المتكون يستفاد منه عند نفس درجة الحرارة المتكون عندها ولايحتاج إلى وصوله إلى مرحلة الاتزان مع السائل .

* **قلة عدد الوحدات المطلوبة :** فللحصول على نسبة عائد (نسبة الأداء أو اقتصاد البخار) تعادل ١٠ فإنه يحتاج إلى ١٣ مبخراً تقريباً في محطة تحلية المياه بطريقة التبخير متعدد المراحل ، في حين أنه يلزم من ٣٠ إلى ٣٦ مبخراً تقريباً في محطة تحلية المياه بطريقة التبخير الومضي للحصول على نفس نسبة العائد المذكورة أعلاه .

ويبين الجدول (١) دراسة اقتصادية مقارنة بين طريقة تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل مقارنة بطريقة التبخير الومضي ، ويظهر من هذا الجدول تميز طريقة تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل اقتصادياً عن التبخير الومضي .

مستقبل التبخير متعدد المراحل

على الرغم من انحسار سوق محطات تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل عند بدء الإنتاج التجاري - على نطاق واسع - لكل من محطات التبخير الومضي في أواخر الستينيات الميلادية ، والتناضح العكسي في منتصف السبعينيات الميلادية ، إلا أن هذه الطريقة قد تشهد رواجاً في الفترة الراهنة ، وذلك لعدة عوامل هي مايلي :

١- إنخفاض إستهلاك الطاقة مقارنة بطرق التحلية الحرارية الأخرى ، مما يزيد من الإقبال عليها - في الفترة الأخيرة - خصوصاً في المناطق الريفية حيث ترتفع تكاليف الطاقة كثيراً .

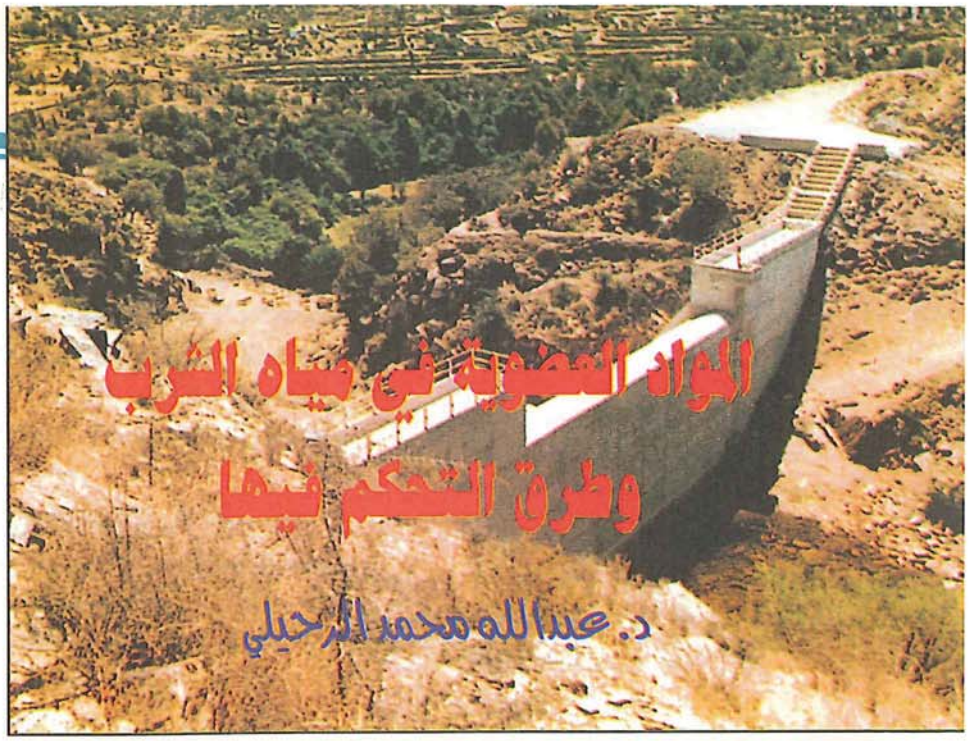
٢- العمل عند درجات حرارة معتدلة في حدود ٦٥°م إلى ٧٠°م ، كما وأن المبخر الأخير يعمل عند درجة حرارة نحو ٣٨°م ، وهذه الدرجات من الحرارة تحد من إمكانية ترسب الأملاح أو تآكل أسطح المبخرات .

٣- سهولة ربط هذه الطريقة بطرق التحلية الأخرى (مثل طريقة التناضح العكسي) ، وسهولة تشغيلها بالمصادر المختلفة من الطاقة مثل الطاقة الشمسية أو الطاقة النووية ، كما هو موجود في محطة كازاخستان في الاتحاد السوفيتي سابقاً التي بدأت العمل في ١٦ يوليو ١٩٧٣م ، وتغذى حرارياً عن طريق البخار المولد من المفاعل الولود السريع ذي التبريد الفلزي السائل (LMFBR) من نوع (BN-350) وتعمل محطات التحلية الثلاث عشرة بطريقة التبخير متعدد المراحل .

العامل	متعدد المراحل	الومضي
رأس المال (دولار/م٣ يومياً)	١,٨٥	٢,٣
صيانة وتشغيل (دولار/م٣ يومياً)	٠,٨٨	١,١١
تكلفة إنتاج المياه (دولار/م٣)	١,٤٩	١,٨

المصدر: OJ Martin etal, Design and Operating Comparison MSF & MED Systems, Desalination 93, 69,1993.

● جدول (١) مقارنة بين طريقة تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل وطريقة التبخير الومضي



المواد العضوية في مياه الشرب وطرق التحكم فيها

د. عبدالله محمد الرحيلي

أدى إكتشاف بعض المركبات العضوية في عدد من مصادر المياه وفي المياه المعالجة خلال النصف الثاني من هذا القرن إلى تحول كبير في أساليب معالجة المياه ، وفي النظرة إلى مصادر المياه وحمايتها من التلوث البيئي . كما أن مواصفات جودة المياه قد تطورت بما يتوائم مع اكتشاف مواد عضوية عديدة ومتنوعة في مياه الشرب . وتأتي المواد العضوية إلى مصادر المياه إما نتيجة لعمليات حيوية طبيعية تحدث في تلك المصادر أو كعرض من أعراض تلوث المياه بالمخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المدن .

وقد كان الاعتقاد السائد سابقاً هو أن المواد العضوية ذات المنشأ الطبيعي ، خصوصاً في المياه السطحية ، تؤثر فقط في طعم ورائحة الماء ، ويمكن التعامل معها بإستخدام بعض الأساليب التقليدية لمعالجة هذه الظاهرة ، إلا أنه اكتشف في عام ١٩٧٤م أن هذه المواد تشكل بتفاعلها مع الكلور الذي يستخدم بشكل واسع في تطهير المياه عدداً من المركبات العضوية الهالوجينية ذات الأخطار الكبيرة على الصحة .

وتشكل المركبات العضوية المصنعة خطراً كبيراً على الصحة العامة ، وقد لوحظ ذلك بوضوح في تلوث بعض مصادر المياه في العديد من الدول الصناعية ، وتتألف هذه الملوثات من مركبات عضوية عديدة بعضها لا تعرف أضرارها الصحية بدقة تكفي لوضع حد معين لتركيزها في المياه ، كما أن هناك مواد عضوية جديدة تصنع بإستمرار بمعدلات تتجاوز معدلات دراسة هذه المواد ومعرفة آثارها الصحية ، وفي كثير من الأحيان لاتوجد طرق تحليلية تكفي لقياس الملوثات وتحديد تركيزها بدقة في مياه الشرب . وتشمل هذه الفئة من المواد العضوية العديد من المواد الكيميائية التي تستخدم في الصناعات المختلفة والمبيدات الزراعية والحشرية وأدوات التنظيف . وتجدر الإشارة إلى أن تقنيات القياس الموجودة حالياً تكفي فقط لتحديد عدد قليل من المواد العضوية في المياه ، حيث أنه قد أمكن قياس حوالي ٥٠٠ فقط من المركبات العضوية البالغ عددها حوالي مليونين في مياه الشرب .

وكدليل على حجم المشكلة المتعلقة بالمواد العضوية في المياه فإن هيئة حماية البيئة الأمريكية قامت في عام ١٩٧٦م بإعداد قائمة بالملوثات ذات الاهتمام الأول (Priority Pollutants) في تهديد مصادر المياه ، تحتوي على ١٢٩ من الملوثات ، تحتل المواد العضوية ١١٤ منها ، كما أن هذه القائمة في ازدياد مستمر مع توفر معلومات وخبرات جديدة .

وفي هذه المقالة سنستعرض بإيجاز مصادر وخصائص المواد العضوية في مياه الشرب وأساليب التحكم فيها ، كما سنتحدث عن عملية الإمتزاز بإستخدام الكربون المنشط كإحدى العمليات المهمة في هذا الصدد .

مصادر وخصائص المواد العضوية في المياه

يمكن حصر المصادر الرئيسة للمواد العضوية في المياه في النشاطات التالية :-

- ذوبان المواد العضوية الموجودة طبيعياً في المياه .
- المركبات العضوية الناتجة عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث أثناء تطهير ومعالجة ونقل المياه .
- الملوثات الناتجة مباشرة عن الاستخدامات التجارية للمواد الكيميائية المصنعة .

هناك عدد من المواد العضوية الطبيعية التي وُجد أنها تسبب بعض الطعم والرائحة غير المقبولين في مياه الشرب ، كما يمكن أن تصل المواد الكيميائية العضوية السامة إلى مياه الشرب . ومن أمثلتها المواد العضوية المسرطنة المعروفة والتي تم إكتشافها في مياه الشرب مثل كلوريد الفينيل والبنزين ومواد أخرى ، إضافة إلى أن بعض المواد التي يشتبه في أنها مسرطنة مثل الكلوروفورم يتم إكتشافها من وقت لآخر في مياه الشبكات العامة عند تركيزات منخفضة جداً . وهناك سؤال لم يتم الإجابة القطعية عليه وهو «عند أي مستوى تصبح الملوثات العضوية الطفيفة ذات خطر مباشر على صحة الإنسان ؟»

تشكل بعض المواد مثل المبيدات والهدروكربونات المكلورة الناتجة عن مصادر صناعية جزءاً بسيطاً من كتلة المواد العضوية الموجودة في معظم أنظمة المياه ، حيث تكون غالباً في حدود تركيز يقاس بوحدات الجزء في البليون ، بينما يصل تركيز المواد العضوية الكلية مقاسة بمقياس الكربون العضوي الكلي (Total Organic Carbon-TOC) إلى حدود عدة أجزاء من المليون .

ويوضح جدول (١) حدود تركيز تلك المواد في عدد من مصادر المياه وفي مياه المستنقعات .

● المواد العضوية الطبيعية (المركبات الهيومية)

تتكون المواد العضوية الطبيعية في مصادر المياه نتيجة لتفاعلات كيميائية وحيوية للمواد العضوية الناتجة عن التربة

مصادر المياه	المواد العضوية الكلية (TOC)
المياه الجوفية	٠,١ – ٢
المياه السطحية	١ – ٢٠
مياه البحر	٠,٥ – ٥
المستنقعات	٨٠ – ٢٥٠

جدول (١) حدود تركيز المواد العضوية في بعض مصادر المياه (ملجم/لتر) .

والنباتات ، ويطلق على هذه المواد مجتمعة المواد الهيومية (Humic Substances) . ويتم خلال عملية تكوين هذه المواد أكسدة كيميائية وحيوية للكربوهيدرات والبروتينات بواسطة تفاعلات معقدة تتم في الوسط المائي ، حيث تتحد المركبات الناتجة مع نواتج تحلل اللجنين والتانين من النباتات مع إفرازات الكائنات الدقيقة الحية والميتة .

وليس هناك وصف شامل لطبيعة التفاعلات المكونة لتلك المواد ، ولا للتركيب الكيميائي الدقيق للمركبات الناتجة ، إلا أن المواد الهيومية تصنَّف بشكل عام إلى أحماض هيومية (Humic Acids) وأحماض فلفية (Fulvic Acids) ، وذلك بناءاً على ذوبانية كل منها في الأحماض والقواعد . فالأحماض الهيومية تذوب في الوسط القاعدي وترسب في الوسط الحمضي ولها وزن جزيئي قد يصل إلى ٢٠٠,٠٠٠ ، بينما تذوب الأحماض الفلفية في الوسط الحمضي ولها وزن جزيئي يتراوح بين (٢٠٠–١٠٠٠) . ويُعتقد بأن المواد الهيومية لها دور كبير في تكوين العديد من المركبات العضوية المكلورة والمركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين (THM'S) الناتجة عن استخدام الكلور في تطهير مياه الشرب .

● نواتج المعالجة والتطهير والنقل

إن استخدام المواد الكيميائية في معالجة المياه سواءاً لعمليات التطهير أو عمليات الترسيب قد يتسبب في تكوين أو إضافة مواد جديدة لم تكن موجودة أصلاً في مياه الشرب .

وتلاقي المركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين (THM'S) والمواد العضوية المكلورة الأخرى اهتماماً كبيراً يشغل العاملين في حقل المياه ، حيث أن هذه المركبات التي يشتبه في أنها مسرطنة تتكون كما أسلفنا نتيجة إتحاد الكلور مع المواد العضوية الطبيعية في المياه . كذلك فإن البحث عن بدائل عن الكلور أدى إلى إستخدام مركبات مطهرة مثل الأوزون ، والتي هي أيضاً تؤدي إلى تكوين بعض المركبات العضوية الغريبة على المياه مثل الألديهايدات والكيتونات وأحماض الكربوكسيل والفثالات ، بالإضافة إلى ذلك فإن بعض البوليمرات التي تستخدم كوسائل مساعدة في عمليات التخثير والترويب الكيميائي قد يتبقى جزء ضئيل منها في مياه الشرب ، هذا بالإضافة إلى وجود تركيزات ضئيلة من بعض المركبات العضوية الأخرى مثل رابع كلوريد الكربون (CCL_4) في بعض مياه الشرب ، حيث أن هذا المذيب الكيميائي يستخدم في تنظيف أسطوانات الكلور .

وتعد مواد أنابيب المياه وكذلك بعض الطلاءات التي تدهن بها الأنابيب من الداخل لحمايتها من التآكل مصدراً آخراً قد يضيف بعض المركبات العضوية إلى مياه الشرب أثناء نقلها في شبكات التوزيع . فعلى سبيل المثال فإن بعض المركبات العطرية متعددة الأنوية (PNA) يمكن أن تنتقل إلى المياه من طبقات قطران الفحم التي تغلف بها بعض أنابيب المياه من الداخل ، كذلك فإن استخدام الأنابيب البلاستيكية في نقل المياه قد يتسبب في التالي :-

– إنحلال بعض الشوائب الأولية من البلاستيك المبلمر ، مثل إنحلال كلوريد الفينيل من أنابيب (PVC) .

– تسرب المذيبات من الغراء المستخدم في وصل الأنابيب ، من أمثلة ذلك ميثيل إيثيل كيتون (MEK) ، وثالث كلور الإيثين (TCE)، ورابع كلور الإيثين (PCE) .

– نفاذ المركبات العضوية من التربة إلى داخل الأنابيب .

● المركبات العضوية الصناعية

يمكن أن تتعرض مصادر المياه ومياه الشرب العامة لعدد من المركبات العضوية المصنعة والتي تستخدم في النشاطات الصناعية والزراعية ، وكذلك ما يستهلك منها في الاستخدامات والنشاطات داخل المدن ، وعلى الرغم من أن المياه السطحية هي أكثر عرضة للتلوث بهذه المركبات ، إلا أن المياه الجوفية يمكن أن يصلها التلوث أيضاً . وتتعرض المياه الجوفية في العادة للتلوث من مصادر معينة ومعروفة حول تلك المصادر (Point Sources) بينما تتعرض المياه السطحية غالباً للتلوث العضوي من مصادر متداخلة ومتنوعة قد لاتكون محددة المعالم (Non-point Sources) ، كما أن المصانع الكبيرة عادة تكون موجودة بالقرب من المسطحات المائية الرئيسية .

وتشكل الصناعات التي تستخدم كميات كبيرة من المواد الكيميائية في عملياتها الصناعية أهم مصادر التلوث بالمواد العضوية ، يليها محطات معالجة مياه الصرف الصحي كمصادر تلوث محدودة . وتعد المبيدات الزراعية أيضاً من المصادر المهمة في التلوث العضوي لمصادر المياه ، خصوصاً تلك التي تحتوي على مواد مقاومة للتحلل الحيوي في البيئة مثل مبيدات (DDT) ، بينما يكون الأثر البيئي أقل خطراً مع المبيدات القابلة للتحلل الحيوي مثل مبيدات الفوسفات العضوي . وتجدر الإشارة إلى أن طرق القياس المتوفرة حالياً تستطيع تقدير تركيزات عدد ضئيل من الملوثات العضوية في حدود المستويات الموجودة في المياه ، لكن التطور السريع والهائل في أجهزة القياس سوف يؤدي إلى إمكانية قياس عدد أكبر من هذه المركبات مستقبلاً . وقد تصل الملوثات العضوية المصنعة إلى مصادر المياه بالطرق التالية :-

– التخلص من الفضلات الكيميائية في مدافن النفايات الصلبة .

– حوادث التسرب أثناء تخزين ونقل المواد الكيميائية .

– مياه الصرف من المصانع والنشاطات التجارية .

– التخلص من مياه الصرف الصحي مباشرة إلى المسطحات المائية أو بصورة غير مباشرة بحقن الخزانات الجوفية .

إزالة المواد العضوية من المياه

يمكن إزالة المواد العضوية من المياه باستخدام عدد من عمليات المعالجة والتي تشمل النزع بالتهوية ، الإمتزاز باستخدام الكربون المنشط ، والتبادل الأيوني ، والتناضح العكسي ، والأكسدة ، والترويب ، والترسيب . وتعد بعض هذه العمليات من الأساليب الحديثة والجديدة على تقنيات

معالجة المياه ، خصوصاً عند استخدامها لغرض إزالة المواد العضوية ، كما أن بعضها يعد من أكثر عمليات المعالجة تكلفة ، ولا يتم إستخدامه إلا في حالة إخفاق الأساليب التقليدية لمعالجة المياه في السيطرة على مشكلة المواد العضوية . وتتفاوت العمليات المذكورة في كفاءتها لإزالة المواد العضوية ، حيث أن كلاً منها يمكن أن يكون مناسباً لبعض المواد العضوية وليس لجميعها ، ونستعرض فيما يلي إمكانات كل عملية والمواد التي يمكن أن تزيلها :-

● النزع بالتهوية

تستخدم عملية النزع بالتهوية (Air Stripping) في إزالة المواد العضوية المتطايرة ذات الذوبانية المنخفضة في المياه والتي لها وزن جزيئي منخفض ، مثل الكلوروفورم ، والبنزين ، والبروموفورم ، والكلوروبنزين ، ورابع كلوريد الكربون ، والهيكسان والديكان .

● الأكسدة والترسيب الكيميائي

ينجم عن عمليات الأكسدة (Oxidation) بإستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم أو مؤكسدات أخرى تحويل المواد العضوية الطبيعية مثل الأحماض الهيومية والأحماض الفلفية إلى مركبات يمكن ترسيبها لاحقاً بواسطة عمليات التخثير والترويب (Coagulation) بإستخدام المروبات المشهورة مثل الشب ـ كبريتات الألمنيوم $[Al_2(SO_4)_3]$ ـ والبوليمرات المساعدة في الترسيب . كما أن هذه العمليات يمكن أن تكون بمثابة خطوة أولى تسبق عمليات أكثر كفاءة مثل النزع بالتهوية والإمتزاز بالكربون المنشط والتبادل الأيوني ، حيث يمكن بهذا الأسلوب التحكم في عدد كبير من الملوثات العضوية الموجودة في المياه .

● التبادل الأيوني

يمكن بإستخدام راتنجات التبادل الأيوني (Ion Exchange Resins) إزالة بعض المواد العضوية ذات الذوبانية العالية في المياه والتي لها أوزان جزيئية صغيرة . من أمثلة تلك المواد ريزوركينول ، والفينول ، وأحماض عضوية أخرى .

● التناضح العكسي

تستخدم أغشية التناضح العكسي (Reverse Osmosis) عادة في مجال المياه لإزالة الأملاح من المياه الجوفية ومياه البحر ، كما أن لهذه العملية كفاءة عالية في إزالة العديد من المواد العضوية ، وتخضع في الوقت الحاضر إلى تطور هائل على جميع الأصعدة . إلا أن استخدام التناضح العكسي لإزالة المواد العضوية فقط يعد من الأمور المكلفة جداً ، لذلك فإن العملية لا تسخر لإزالة المواد العضوية ، بل إن إزالة تلك المواد تحدث متزامنة مع إزالة الأملاح عند استخدام هذه التقنية لتحلية المياه المالحة .

● الإمتزاز بالكربون المنشط

يمكن إستخدام الكربون المنشط في إزالة المركبات العضوية المقاومة للتحلل البيئي ، مثل المبيدات ، والعطريات متعددة الأنوية (PNA) ، ولندان ، وأركلور ١٢٣٢ ، وبيرين ، وأركلور ١٢٥٤ ، ودايألدرين ، وألدرين .

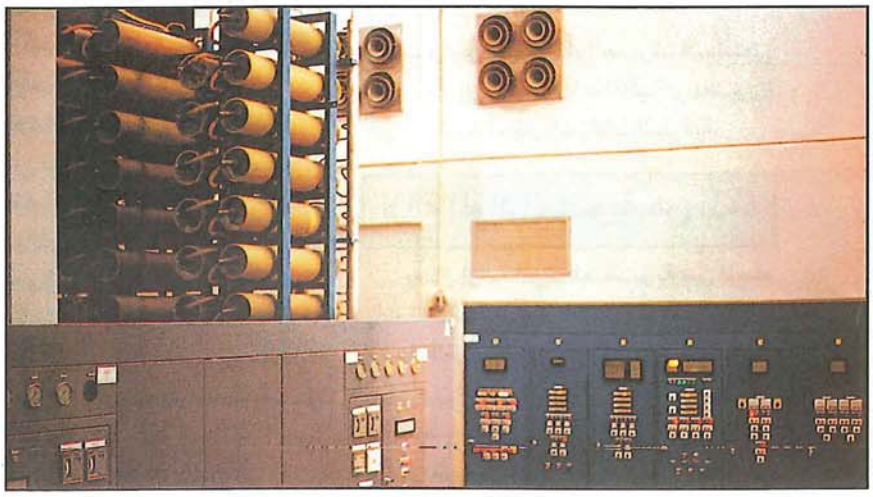
وقد أصبح إستخدام عملية الامتزاز (Adsorption) على السطوح الصلبة وخصوصاً الكربون المنشط من العمليات الواسعة الإستخدام في معالجة المياه العامة ومياه الصرف .

ويمكن تعريف عملية الامتزاز على أنها عملية « تجميع أو تركيز المواد على سطح أو فاصل بين وسطين » ، كأن يكون ذلك بين سائل وسائل ، غاز وسائل ، غاز ووسط صلب ، أو سائل ووسط صلب ، وتسمى المادة التي يتم إزالتها بالمادة المتزه (Adsorbate) والوسط الذي يتم عليه تركيز تلك المادة بوسط الإمتزاز (Adsorbent) ، ويكون الكربون المنشط في حالة إستخدامه في إزالة المواد العضوية من المياه هو وسط الإمتزاز .

ويُصنع الكربون المنشط (Activatd Carbon) تجارياً من مواد خام متنوعة تشمل الخشب ، والفحم البني (Lignite) ، والفحم ، والعضم ، والبقايا النفطية ، وقشور جوز الهند . ويتم تنشيط المادة الخام في العادة في جو يحتوي على أول وثاني أكسيد الكربون ، والأكسجين ، وبخار الماء ، والهواء أو غازات أخرى مختارة ، عند درجة حرارة تقع بين ٣٠٠ – ١٠٠٠ مْ ، يلي ذلك التبريد السريع بالهواء أو الماء . ونظراً لكثرة الشوائب في المواد الخام وللتفاوت في درجات الحرارة بين طبقات الكربون أثناء عملية التنشيط ، فإن سطوح الكربون ومساماته الناتجة تكون غير متجانسة ويصعب توصيفها ،وتعتمد عملية الامتزاز على العوامل التالية :-

* **كفاءة الامتزاز :** وتعتمد على عدد من العوامل تشمل طبيعة الكربون وخصائصه ، طبيعة المواد العضوية المراد إزالتها ، وخصائص المياه التي يستخدم معها الكربون ، والصورة التي يستخدم فيها الكربون .

تعد المساحة السطحية وحجم المسامات للكربون المنشط من أهم الخصائص في عملية الامتزاز ، حيث أن الخصائص تحدد مدى كفاءة عملية الإمتزاز بتحديد طاقة الكربون للتشبع بالمواد العضوية أثناء العملية . وقد تبلغ المساحة السطحية للكربون حدود تتجاوز ١٠٠٠ م٢ لكل



● جانب من وحدات التناضح العكسي مع أجهزة التحكم.

جرام من الكربون ، كما أن حجم المسامات قد يتجاوز واحد سم٣ لكل جرام ، وتحتوي حبيبات الكربون على مسامات دقيقة جداً يتراوح قطرها على النوع الواحد من الكربون من ٠,٠١ - ١٠٠ ميكروجرام .

ولطبيعة المواد المراد إزالتها دور مهم في كفاءة العملية ، حيث أن هناك علاقة عكسية بين كفاءة الامتزاز ومدى ذوبانية المادة العضوية في الماء ، كما أن هناك علاقة وثيقة بين الوزن الجزيئي للمادة العضوية وكفاءة الإمتزاز ، حيث أن الامتزاز يكون أسرع كلما قل الوزن الجزئي للمادة المزالة ، خصوصاً إذا كانت الإزالة تتم داخل مسامات الكربون . كما أن الخصائص الكهربائية للجزيئات العضوية لها دور كبير في كفاءة العملية نتيجة للروابط بين المادة العضوية والكربون من جهة والروابط بين المادة العضوية والماء من جهة أخرى .

وهناك عوامل أخرى كثيرة متعلقة بخصائص المياه وظروف عملية الإمتزاز ، كتأثير درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني (P^H) على العملية ، وكذلك مدى التنافس بين المادة المراد إزالتها والمواد الأخرى الموجودة في الماء والتي لها أيضاً قابلية الإزالة بالكربون ، وهذا ما يعرف بإمتزاز الشوائب المختلطة (Adsorption of Mixed Solutes) .

* **ديناميكية الإمتزاز :** وتخضع كأي تفاعل فيزيائي - كيميائي إلى قوانين الديناميكا الحرارية ، حيث أن هذه التفاعلات لو أعطيت الوقت الكافي فإنها تصل إلى حالة الإتزان ، أي أن المادة المراد إزالتها تتركز على سطح الكربون بمقدار يتناسب مع المقدار المتبقي منها في الماء عند مرحلة الإتزان (Equilibrium) . ويمكن إستخدام حالة الإتزان هذه تجريبياً في الحصول على طاقة الكربون لإزالة المواد العضوية المحدودة ، وكذلك معدل الإمتزاز (Adsorption Rate) ، حيث يمكن تجريب العديد من أنواع الكربون المنشط لمعرفة كفاءتها في إزالة مادة عضوية معينة وذلك بإجراء ما يعرف بإختبار خط تحاور الإمتزاز (Adsorption Isotherm) ، والذي يتم خلاله إضافة جرعات متفاوته من الكربون في أوعية منفصلة إلى كمية متساوية من الماء المحتوي على المادة العضوية المراد إزالتها مع خلطها لمدة كافية للوصول إلى الإتزان ثم حساب تركيز المادة العضوية على الكربون وتركيزها في الماء ورسم علاقة بينهما .

وهناك عدد من النظريات لوصف عملية الإمتزاز وتحديد طبيعة العمليات التي تتحكم في إمتزاز المواد بواسطة الكربون المنشط ، ويمكن تلخيص الخطوات المتتالية التي يتم فيها إزالة مادة معينة بواسطة الكربون المنشط على النحو التالي :-

١- إنتقال المادة العضوية خلال غشاء سطحي من الماء إلى السطح الخارجي للكربون (Film Diffusion) .

٢- إنتشار المادة ومرورها خلال مسامات الكربون (Pore Diffusion) .

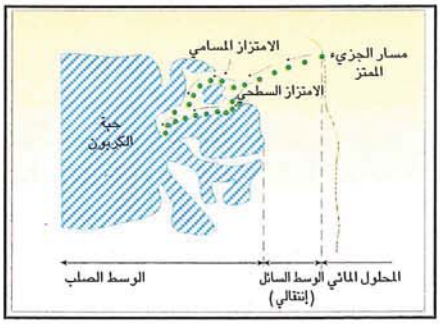
٣- إمتزاز المادة على السطوح الداخلية لمسامات الكربون والفراغات الشعرية بداخله .

ويوضح الشكل (١) عملية إنتقال جزيئات المواد العضوية (الملوثات) من الوسط المائي إلى سطح الكربون المنشط .

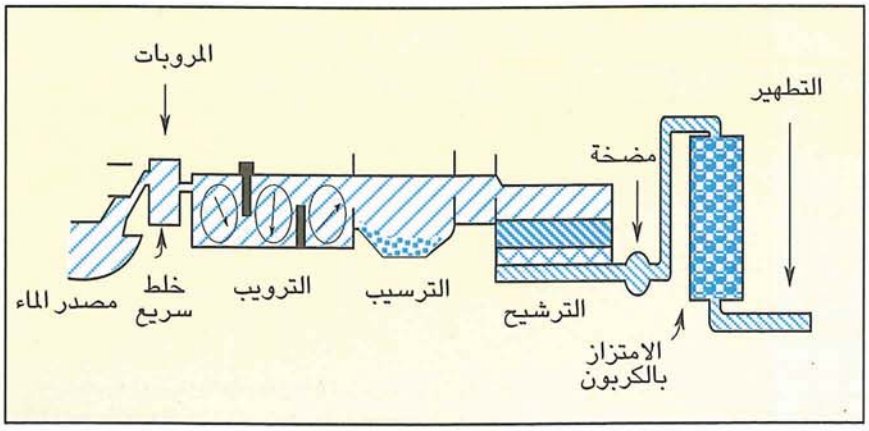
ويمكن إستخدام الكربون المنشط على صورة مسحوق (بودرة) في عمليات يكون فيها الكربون مخلوطاً مع الماء في أحواض خاصة ، أو ضمن عمليات الترسيب الكيميائي التي تسبق المرشحات ذات الوسط الحبيبي في محطات معالجة المياه ، وقد أستخدم هذا الأسلوب لإزالة المواد العضوية المسببة للطعم والرائحة في مياه الشرب ، أو لإزالة مركبات أخرى صناعية قد وصلت إلى مصادر المياه . إلا أن الأسلوب الأكثر استخداماً للتعامل المباشر مع المركبات العضوية الطبيعية أو الصناعية في مياه الشرب يعتمد على استخدام الكربون المنشط بصورته الحبيبية في فرشات تشبه في شكلها وتشغيلها المرشحات ذات الوسط الحبيبي ، حيث يكون وسط الترشيح في هذه الحالة هو الكربون المنشط ، والذي يقوم بدور المرشح ودور إزالة المواد العضوية المحددة عن طريق الإمتزاز .

تطبيقات الكربون المنشط في المياه

يوضح الشكل (٢) مثالاً على إستخدام مرشحات الكربون المنشط كمعالجة إضافية للمعالجة التقليدية لمياه الشرب من المصادر السطحية ، حيث يتم مرور المياه المعالجة بعد المرشحات الرملية (أو ربما المرشحات متعددة الوسط) إلى المرشحات الكربونية وذلك لإزالة المواد العضوية التي لم يتم التخلص منها في المعالجة الأولية . وفي التشغيل الفعلي لمرشحات الكربون فإن المرشح يُعبأ في البداية بالكربون الجديد ويتم تشغيله عند معدل ترشيح (سرعة ترشيح) محدد وبعمق مختار بحيث تقضي المياه بمرورها على الكربون فترة زمنية معينة تتراوح عادة من ١٥-٣٠ دقيقة تُعرف بزمن المكوث (EBCT)



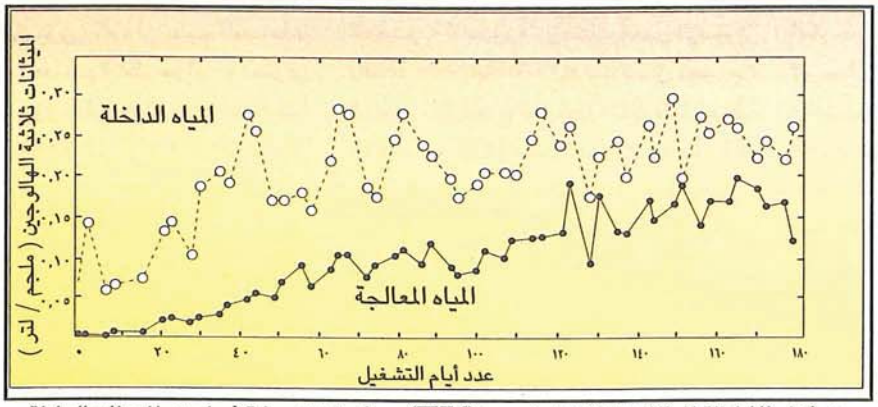
● شكل (١) الإمتزاز المسامي والسطحي على حبيبات الكربون المنشط



● شكل (٢) تعديل محطة المعالجة التقليدية لتشمل عملية الإمتزاز بالكربون المنشط

محسوباً بناءاً على تدفق المياه خلال المرشح والحجم الفارغ للمرشح ، كما أن سرعة الترشيح تحدد المساحة السطحية للمرشح الكربوني . ويستمر المرشح بالعمل بإزالة أكبر من قيمة محددة ، عندها يوقف المرشح ويتم إزالة الكربون من داخله وإستبداله بكربون جديد أو يتم إعادة تنشيط الكربون المستهلك وإعادته إلى العمل مرة أخرى ، حيث أن بعض محطات المعالجة الكبيرة تحوي أيضاً نظاماً لإعادة تنشيط الكربون (Regeneration) يكون على المدى البعيد أكثر جدوى إقتصادية من إرساله إلى جهة أخرى لإعادة تنشيطه . وتجدر الإشارة إلى أن عملية إعادة التنشيط تتطلب تحريك الكربون وتسخينه في أفران خاصة عند درجات حرارة عالية ، وبإستخدام بخار ماء وظروف إحتراق محددة يعود بعدها الكربون إلى الحالة النشطة ، إلا أنه خلال هذه العملية يتم فقد نسبة من الكربون يتم تعويضها بكربون جديد .

ويوضح الشكل (٣) إمتزاز مركب الكلوروفورم بإستخدام سبع نوعيات مختلفة من الكربون المنشط . كما يوضح الشكل (٤) إزالة المركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين (THM) من المياه بإستخدام المرشحات الكربونية في إحدى محطات المياه .



● شكل (٤) إزالة الميثانات ثلاثية الهالوجين (THM) بمرشحات كربونية في إحدى المحطات العاملة

الإستنتاجات

تم في هذه المقالة إستعراض موجز لمصادر وخصائص المواد العضوية في مياه الشرب وأساليب التحكم فيها ، ويمكن تلخيص بعض الإستنتاجات على النحو التالي :-

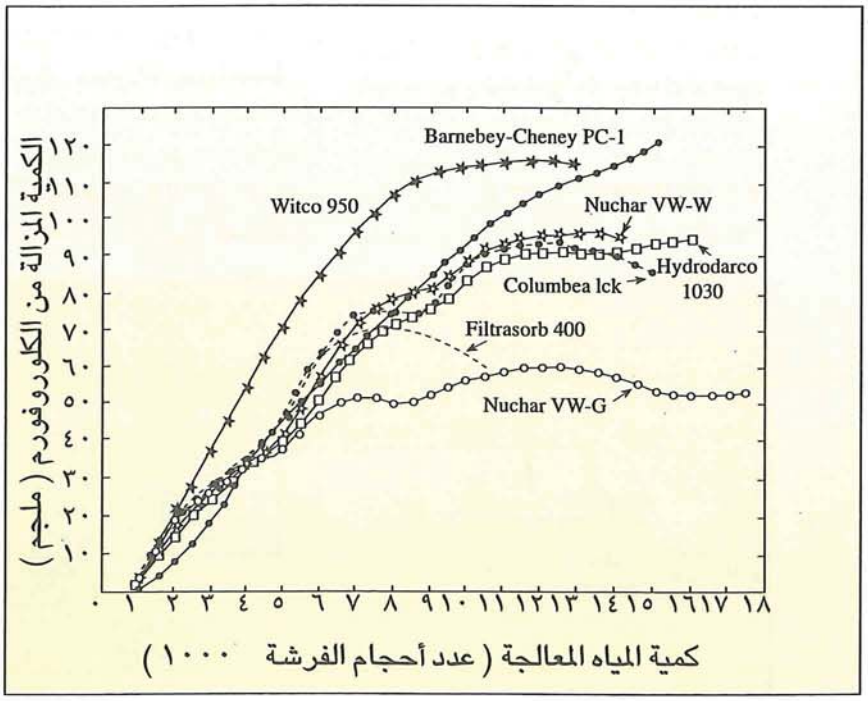
– تصل المواد العضوية إلى مصادر المياه ومياه الشرب إما من مصادر طبيعية ناتجة عن تحلل النباتات والأحياء المائية حيوياً وتكوين عدد من المركبات المعروفة مجتمعة باسم المواد الهيومية ، أو نتيجة للمواد الكيميائية المستخدمة في معالجة المياه ومواد الأنابيب والعوازل المستخدمة فيها ، أو بالتلوث المباشر أو غير المباشر بالمواد العضوية المصنعة الناتجة عن النشاطات الصناعية والزراعية والتجارية والإستخدام العام .

– تتفاوت خصائص المواد العضوية في المياه بتفاوت مصادرها ويكون أثرها البيئي متعدد ، حيث أن بعضها سام والبعض مسرطن والآخر غير معروف أضراره بصورة واضحة .

– يمكن لطرق التحليل والقياس المتوفرة حالياً التعرف بدقة على عدد محدود جداً من الملوثات العضوية التي يحتمل وصولها إلى مصادر المياه ، مما يستدعي المزيد من الحذر في التعامل مع الكثير من هذه المواد والبحث الدؤوب عن أساليب قياسية متطورة للتعامل مع العدد الهائل من المركبات العضوية المائية .

– تعد التقنيات الممكنة للتعامل مع الملوثات المائية العضوية من الأساليب باهظة التكاليف في مجملها ، كما أن كل نوع من هذه التقنيات يمكنه إزالة نوعيات محددة من المركبات العضوية ، وهذا قد يؤدي إلى ضرورة إستخدام عدد من هذه التقنيات للتعامل مع ملوثات متنوعة في مصدر واحد من مصادر المياه ، مما يزيد في التكلفة الإجمالية إلى حدود قد لاتكون ممكنة لمجتمع معين .

– يعد الكربون المنشط أحد الأساليب المتطورة والميسرة – إلى حد ما – للتعامل مع بعض المواد العضوية في المياه والتي يمكن دمجها مباشرة مع محطات المعالجة القائمة ، كما أن العملية يتحكم فيها عدد من العوامل التي يجب أخذها بالإعتبار عند إختيار نوعية الكربون المناسب وتحديد معايير تصميم وتشغيل المرشحات الكربونية .



● شكل (٣) الإمتزاز التراكمي للكلوروفورم بواسطة ٧ أنواع من الكربون المنشط

ترشيد استخدام المياه العذبة

تعاني المملكة العربية السعودية كغيرها من البلدان التي تقع في المناطق الصحراية من شح في مواردها المائية ، حيث تعتمد مصادر المياه في المملكة على أربعة مصادر هي : المياه السطحية ، والمياه الجوفية ، ومياه البحار المحلاة ، ومياه الصرف الصحي المعالجة . وتستخدم الثلاثة الأولى منها لأغراض الشرب أما الأخيرة فتستخدم فقط للأغراض الزراعية والصناعية .

* **المياه السطحية** : وهي المياه الناتجة عن مياه الأمطار التي يبلغ معدلها السنوي حوالي ١١٠ملم ، حيث يزيد هذا المعدل في المنطقة الجنوبية الغربية إلى حوالي ٦٠٠ ملم بينما يقل عن المعدل السنوي بكثير في بعض المناطق الداخلية مثل الربع الخالي أو المنطقة الشمالية . وقد قدرت كمية المياه السطحية في العام ١٤١٥/١٤١٦هـ بحوالي ٢٠٠٠ مليون متر مكعب تم حجزها بواسطة ١٨٤ سداً ، إضافة إلى وجود سدود أخرى تحت التنفيذ يبلغ مجموع سعتها ٧٧٢ مليون متر مكعب .

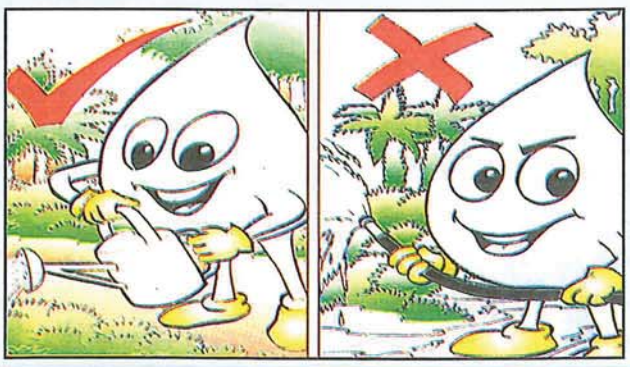
* **المياه الجوفية** : وتشمل المياه الجوفية الضحلة التي تتأثر إيجابيا بعد هطول الأمطار ، وتوجد في الرواسب الذوبانية وصخور القاعدة المركبة المعرضة لعوامل التعرية ، وتقدر كمية المياه التي تغذي هذه الطبقات بحوالي ٩٤٠ مليون متر مكعب ، كما تشمل المياه الموجودة في الأجزاء غير المحصورة من الطبقات الحاملة للمياه وتقدر التغذية السنوية لهذه الطبقات بحوالي ٢٠٠٠ مليون متر مكعب ، أما بالنسبة للمياه الجوفية العميقة فتتواجد في الأجزاء المحصورة من الطبقات الحاملة للماء

* **المياه المحلاة** : وهي مورد هام لمياه الشرب ولا تستخدم في غيره ، ويوجد ٢٤ محطة تحلية بلغ إنتاجها في عام ١٤١٥هـ ٧١٩ مليون متر مكعب ، وسيصل إنتاج المحطات مع نهاية الخطة السادسة إلى حوالي ١٠٥٠ مليون متر مكعب/سنة .

وبإلقاء نظرة على الموارد المائية نجد أنها لا تتناسب مع النمو السكاني ، وبالتالي فإن ترشيد استخدام المياه بشكل عام ومياه الشرب بشكل خاص يعد ضرورة وطنية ملحة تستوجب تضافر جميع الجهود لتفعيلها وجعلها هاجس المواطن قبل المسؤول .. ومن هذا المنطلق مارست وزارة الزراعة والمياه والمصلحة العامة للمياه والصرف الصحي دوراً توعوياً مكثفاً لإبراز دور المواطن في الحفاظ على هذه الثروة ، وذلك من خلال التعاقد مع بعض المؤسسات الوطنية في مجال الدعاية والإعلان في إصدار العديد من النشرات والكتيبات والملصقات الموجهة لكافة أفراد المجتمع ، كربات البيوت والطلاب والمزارعين وغيرهم ، إضافة إلى الاستفادة من وسائل الإعلام المقروءة والمرئية والمسموعة ، وقد ركزت تلك النشرات على كثير من الممارسات الخاطئة التي يمارسها المواطن ومنها .

١ـ الإسراف في غسيل أواني الطبخ .
٢ـ الري غير المرشد للحدائق والملاعب الرياضية .
٣ـ غسيل السيارات بخرطوم المياه .
٤ـ غسيل الأحواش (أفنية المنازل).
٥ـ رش المباني التي تحت الإنشاء بالمياه النقية .
٦ـ الإهمال في إصلاح التسربات التالية :
ـ تسربات صنابير المياه وأدوات السباكة المختلفة .
ـ تسربات خزانات المياه العلوية لفشل العوامات أو نحو ذلك .
ـ تسربات خزانات المياه الأرضية .
٧ـ الإسراف في أماكن الوضوء في دورات المياه العامة مثل الأسواق التجارية والأماكن العامة والمدارس والجامعات والمساجد .
٨ـ عدم إبلاغ الجهات الرسمية عن التسربات .
٩ـ ترك الأطفال يُسرفون ويعبثون في مياه الاستحمام .
١٠ـ استعمال الماء لغير ما خُصص له .
١١ ـ عدم وعي العمالة الوافدة بأهمية المياه (خدم ، منسقي الحدائق ، مزارعين ... إلخ).
١٢ ـ طرق الري القديمة ومقارنتها بالطرق الحديثة .

وختاماً فإن لم يكن ترشيد استخدام المياه مظهراً حضارياً فإنه واجب ديني ، لأن الإسراف بحد ذاته مذموم في كل شيء فالله تبارك وتعالى يقول ﴿إِنَّ الْمُبَذِّرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيَاطِينِ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُوراً﴾ (الإسراء الآية ٢٧) ، وكما في الأثر: لا تسرف ولو كنت على نهر جار .



د. عبدالرحمن ابراهيم العبدالعالي

مخلفات محطات تنقية مياه الشرب

ينتج عن عمليات تنقية مياه الشرب بمحطات التنقية مخلفات سائلة وصلبة تعتمد كمياتها وخصائصها ـ من موقع لأخر ـ على عدة عوامل هي نوعية المياه الخام المستخدمة ، وعمليات التنقية ، وطبيعة المواد الكيميائية المستخدمة . ويتم التخلص من هذه المخلفات إما في الأنهار والبحيرات المحيطة في حالة توفرها ، أو برميها في الأراضي المفتوحة في المناطق التي لا توجد بها أنهار أو بحيرات ، فد تطورت أساليب التخلص من مخلفات عمليات تنقية المياه خلال الثلاثين سنة الماضية نظراً لما قد تحدثه تلك المخلفات من أضرار للبيئة والكائنات الحية المحيطة ، والتي من أهمها تلوث التربة والمياه الجوفية ، فتلوث التربة يسبب تأثيراً على الغطاء النباتي يمنع من الاستخدامات المثلى للأراضي ، بينما تلوث المياه الجوفية ينتج عنه ازدياد ملوحة الأراضي وارتفاع تراكيز الملوثات فيها مما يؤدي إلى محدودية استعمالاتها والانتفاع بها .

تتناول هذه المقالة استعراضاً لمصادر وخصائص مخلفات محطات تنقية المياه الجوفية ، وطرق التخلص السليم منها ، مع عرض مختصر لطرق التخلص من المخلفات في بعض محطات التنقية بالمنطقة الوسطى من المملكة .

مصادر وخصائص المخلفات

تمثل المخلفات السائلة الجزء الأكبر من مخلفات محطات تنقية مياه الشرب ، وتحتوي عادة على المخلفات الصلبة . ويمكن استعراض مصادر المخلفات وخصائصها حسب عمليات التنقية المستخدمة على النحو التالي :-

● التهوية والتبريد

يتم استخدام الهواء في عملية التهوية والتبريد وذلك لتبريد المياه ، وإزالة الغازات الموجودة بها ، وأكسدة عناصر الحديد والمنجنيز . وتنتج عن هذه العملية مخلفات تتكون عادة من مركبات الحديد والمنجنيز ـ لونها أحمر أو بني ـ غير الذائبة في الماء التي توجد في حالة شبه صلبة (Slurry) ، يسهل ترسيبها ، وتعتمد كمياتها بدرجة كبيرة على تراكيز الحديد والمنجنيز في الماء الخام .

● التيسير

تعد عملية التيسير المصدر الرئيسي للمخلفات في محطات تنقية مياه الشرب نظراً لاستخدام مواد كيميائية عديدة ، بتراكيز عالية لخفض تراكيز العسر الموجود في الماء الخام . ومن المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التيسير الجير ، ورماد الصودا ، والصودا الكاوية ، ومساعدات الترسيب (مثل ألومينات الصوديوم ، وكلوريد الحديديك ، والبوليمرات) و من أهم المخلفات الناتجة عن هذه العملية كربونات الكالسيوم ، وهيدروكسيد المغنيسيوم ذات اللون الأبيض ، وتختلف درجة ترسيبها تبعاً لنوع المفاعل (المرسب) المستخدم ، فعند استخدام مفاعلات التيسير التقليدية تكون المخلفات في صورة معجون ، وجيدة الترسيب ، ويبلغ محتواها من الماء حوالي ٩٥٪ . أما مفاعلات حبيبات الرمل فينتج عند استخدامها مخلفات صلبة ـ تتراوح أقطار حبيباتها بين واحد إلى ١,٥ ملم ـ تحتوي على نسبة ضئيلة من الماء .

● الترشيح

تتم عملية الغسيل العكسي للمرشحات المستخدمة في ترشيح وتنقية المياه كل ٢٤ إلى ٧٢ ساعة من تشغيلها بهدف إزالة الرواسب والعوالق الموجودة في المياه الخام المرشحة وما تحمله من بقايا المعالجة الكيميائية ، وتمثل مياه غسيل المرشحات عادة حوالي ١ – ٥٪ من الإنتاج الكلي لمحطات التنقية . وتحتوي مياه الغسيل على عوالق دقيقة ضعيفة الترسيب . يتم في بعض محطات تنقية المياه إعادة تدوير جزء من مياه الغسيل بعد فصل المواد الصلبة في أحواض تصمم لهذا الغرض ، وبالتالي يمكن الإستفادة من تلك المياه المعادة .

● التبادل الأيوني

عند استخدام المبادلات الأيونية (راتنجات) لخفض العسر أو لإزالة الأيونات تهيئة لتنقية المياه فإنه يتم استخدام مواد لتنشيط راتنجات التبادل الأيوني تكون على شكل أملاح أو أحماض ، وتؤدي عملية تنشيط راتنجات التبادل الأيوني إلى إنتاج مخلفات تحتوى على المواد المستخدمة للتنشيط ، إضافة إلى تراكيز عالية للعناصر التي تم إزالتها من الماء الخام المعالجة مثل الكالسيوم ، والمغنيسيوم ، والبوتاسيوم ، والحديد ، والمنجنيز ، وغيرها .

● التناضح العكسي والديلزة

تنتج عمليتي التناضح العكسي والديلزة مخلفات سائلة تحتوى على تراكيز عالية للأملاح الذائبة وبعض المواد الكيميائية المستخدمة في عمليات التنقية

التمهيدية ، وعناصر أخرى موجودة في الماء الخام .

وتختلف كميات المخلفات تبعاً لنوعية الماء الخام والأغشية المستخدمة في عمليات التناضح والديلزة .

تخفيض ومعالجة المخلفات

يمكن خفض كميات المخلفات المصاحبة لعمليات التنقية باتخاذ عدة اجراءات محددة ، منها : إختيار مصادر المياه الخام ، وانتقاء عمليات التنقية ، والاختيار المناسب لنوعية المواد الكيميائية المستخدمة .

وتأتي هذه الاجراءات في مراحل التخطيط والتصميم للمشروع ، فمن ناحية مصدر الماء الخام ، فإن اختيار موقع محطة تنقية المياه يتم بعد إجراء الدراسات الاقتصادية والفنية . ويحدد مستوى تركيز الأملاح الذائبة والعسر الكلي الموقع المناسب والعمق الملائم لحفر الآبار لتغذية المحطة . وبالنسبة لإختيار عمليات التنقية فإنه لابد أن يؤخذ في الحسبان تكلفة التخلص من المخلفات التي تمثل جزءًا كبيراً من تكلفة الإنشاء والتشغيل ، فهناك عمليات تنقية منخفضة التكلفة إلا أن تكاليف التخلص من مخلفاتها يفوق أحياناً التكاليف المترتبة على العملية نفسها . ومن عمليات التنقية المناسبة عمليات التهوية والتيسير ، حيث يمكن في عملية التهوية أكسدة الحديد والمنجنيز باستخدام أبراج تهوية تستخدم الفقاعات الهوائية بدلاً من إستخدام أبراج بشلالات تتسبب في نمو البكتيريا التي تعمل على زيادة المخلفات وزيادة التكلفة في الصيانة ، وفي عملية التيسير .

يمكن استخدام مفاعلات الحبيبات الرملية بدلاً من المفاعلات التقليدية التي تنتج مخلفات تحتاج إلى عمليات إضافية للتخلص منها ، كما وإن لاختيار نوعية المواد الكيميائية في عملية التيسير دور في تحديد نوعية وكمية المخلفات الناتجة ، فيمكن اختيار الصودا الكاوية بدلاً من الجير ورماد الصودا عندما يتلاءم ذلك مع نوعية عسر الماء الخام . كذلك تلعب مساعدات الترسيب (ألومينات الصوديوم ، كلوريد الحديديك ، البوليمرات) دوراً في حجم ونوعية المخلفات المنتجة ، وبالتالي يجب اختيار المناسب منها الذي يحقق الغرض المطلوب وينتج مخلفات يسهل التخلص منها .

ومن الإجراءات الأخرى المناسبة للتخلص السليم والآمن من مخلفات محطات التنقية تجميع هذه المخلفات وخلطها وتركيزها ومعالجتها ليتم التخلص النهائي منها . وهناك عمليات عديدة لتركيز المخلفات تتراوح بين البسيطة (مثل البرك ، وأحواض التجفيف ، والتركيز بالجاذبية) إلى المعقدة والمكلفة جداً (مثل التجميد ، والإذابة ، والطرد المركزي) ، ويتم اختيار الطريقة المناسبة لتركيز ومعالجة تلك المخلفات تبعاً لنوعياتها وكمياتها والأنظمة المعمول بها .

التخلص النهائي من المخلفات

تعتمد طريقة التخلص النهائي من مخلفات محطات تنقية المياه على نوعية المحطة وذلك كما يلي :

● محطات التقنية التقليدية

تتمثل عملية التخلص من مخلفات محطات التنقية التقليدية في خلط المخلفات السائلة والصلبة ، وقذفها للمنطقة المحيطة بها بإحدى طريقتين هما :

* **رمي المخلفات :** حيث يتم معالجة المخلفات وتركيزها ليصبح محتواها الصلب لايقل عن ٢٥٪ من تلك المخلفات ، ثم يتم فردها على الأرض وتغطيتها بطبقة من التربة .

* **شبكة الصرف الصحي :** وهنا لابد من إجراء الدراسات اللازمة للتعرف على التأثيرات المحتملة خاصة وأن تلك المخلفات تختلف في الخصائص والمحتوى . ومن الضروري استخدام خزانات موازنة لتثبيت معدل تدفق المخلفات للشبكة ، وكذلك معالجتها بحيث يكون محتواها من المواد الصلبة حوالي ٥٪ ، وقد تُسبب المخلفات الملقاة في شبكة الصرف الصحي زيادة في تركيز المواد الصلبة ، مما يؤثر بدوره على أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي . الأمر الذي قد يتطلب إضافة عمليات معالجة إضافية .

● محطات تنقية بإزالة الأملاح

يتم التخلص من مخلفات محطات تنقية المياه التي تحتوي على عمليات إزالة الأملاح حسب نوع المخلفات وذلك كما يلي :

* **مخلفات صلبة :** وتنتج عادة عن عمليات تيسير المياه ، ويتم التخلص منها في مواقع رمي المخلفات .

* **مخلفات سائلة :** وهي عبارة عن خليط لرجيع وحدات إزالة الأملاح (تمثل نسبة كبيرة من المخلفات) وتتراوح تكلفة التخلص منها بين ٥٪ إلى ٣٣٪ من التكلفة الإجمالية لإنشاء المحطة) ، ومياه غسيل المرشحات وغيرها . ويمكن تقليل كميات المخلفات السائلة عن طريق اختيار نوعية من الأغشية قادرة على إزالة أكبر قدر من الأملاح ، أو إضافة وحدات أخرى لمعالجة مياه الرجيع ، بينما يتم التخلص منها المخلفات السائلة بثلاث طرق هي :

- **شبكة مياه الصرف الصحي :** حيث يتم تعديل الرقم الهيدروهجيني لتلك المخلفات لأنها غالباً ما تكون منخفضة الرقم الهيدروجيني (حامضية) ، وبالتالي تتسبب في تآكل خطوط نقل المياه ، وتذويب بعض العناصر الضارة (مثل الرصاص) التي قد تدخل ضمن تركيب معدن الأنابيب.

- **الحقن في آبار عميقة :** ويتم ذلك بحفر بئر اختبارية لتحديد الخصائص الجيولوجية للمنطقة ، ويشترط عند استخدام طريقة الحقن للتخلص من المخلفات السائلة أن يكون التكوين الجيولوجي مانعاً لانتقال تلك المخلفات إلى المياه الجوفية أو إلى سطح الأرض .

- **المعالجة في أحواض تبخير :** ويتم تصميمها وإنشاؤها بحيث تكون مبطنة بمادة عازلة تمنع تسرب تلك المخلفات إلى المياه الجوفية والتربة . ويتم تحديد مساحة الأحواض المطلوبة حسب كميات المخلفات المنتجة ، ومعدل البخر للمنطقة .

مخلفات محطات المنطقة الوسطى

يوجد في المنطقة الوسطى من المملكة ثلاث عشرة محطة رئيسية لتنقية المياه الجوفية تتراوح طاقتها الإنتاجية ما بين ٦٧٠٠ إلى ٢٢١,٠٠٠م٣ /يوم . وتتم عمليات تيسير المياه في كافة المحطات ما

عدا ثلاث محطات هي بريدة ، والزلفي ، والقويعية ، كذلك تتم عمليات إزالة الأملاح في كافة المحطات ما عدا محطتين هما الوسيع ، وبريدة ، وتنتج المخلفات الصلبة من عمليات التيسير ، أما المخلفات السائلة فتنتج بشكل رئيس من وحدات إزالة الأملاح (التناضح العكسي والديلزة)

وحتى الآن فإنه لاتتوفر معلومات دقيقة عن كميات المخلفات الصلبة المنتجة من تلك المحطات ، ولكنها تعادل على أقل تقدير كميات المواد الكيميائية المستخدمة في عمليات التيسير والتي تصل إلى ٤٧٢٠٠ طن سنوياً . ويوضح الجدول (١) سعة محطات تنقية المياه في المنطقة الوسطى ، ونوعية وكمية المواد الكيميائية المستخدمة فيها .

يتم تركيز المخلفات الصلبة الناتجة عن عملية التيسير في محطات مدينة الرياض ومحطتي الرس والمجمعة في برك عن طريق التبخير الطبيعي لمحتواها من المياه ، ثم يتم التخلص منها - بعد تجفيفها - برميها في المناطق الصحراوية البعيدة عن التجمعات السكانية . وبالنسبة لمحطة عنيزة فإن استخدام مفاعلات حبيبات الرمل ينتج عنها مخلفات صلبة تحتوي على نسبة ضئيلة جداً من المياه ، ويتم التخلص منها بنفس الأسلوب السابق عن طريق رميها في المناطق الصحراوية البعيدة .

المحطة	انتاج المحطة (م٣/يوم)	كميات الرجيع (م٣/يوم)	مجموعة الأملاح الذائبة لمياه الرجيع (ملجم/لتر)
الرياض			
- بويب	٢٧٤٠٠	١٧٨١	١٠٨٠٠
- صلبوخ	٣٦٦٠٠	٤٤٥٥	٦٩٢٠
- الشميسي	٤٠٨٠٠	١١٩٤	٨٥٦٠
- منفوحة - ١	٢٥٣٤٠	٢٤٤٨	٨٨٠٠
- منفوحة - ٢	٢٨٣٦٠	٣٢٠٦	٧٣٦٠
- الملز *	١٤٤٠٠	١٩٧٥	٨٦٧٠
عنيزة	٤٧٥٨٠	١٩٢٠	٤٢٠٠
الرس*	٢٨٣٣٤	٣١٤٨	٩٠٤٣
الزلفي	١٠٧٦٦	٢٤٢٧	٥٢٤٠
المجمعة - ١	٤٤٨٣	٩٦٠	٥٩٦٠
المجمعة - ٢	٢٢٠٩	٥٠٤	٩٤٨٠
القويعية	٤٦٥٠	٧٠٠	٨٩٣٠

* عام ١٩٩٤م

● جدول (٢) : كمية ونوعية مياه رجيع وحدات إزالة الأملاح في المحطات الرئيسية بالمنطقة الوسطى من المملكة عام ١٩٩٣م .

تنتج المخلفات السائلة من مثخن حمأة عملية التيسير في جميع المحطات (ما عدا أربع محطات هي بريدة ، وعنيزة ، والزلفي ، والقويعية) من مياه غسيل المرشحات ، ورجيع وحدات إزالة الأملاح . يتم تدوير جزء من المخلفات السائلة من مثخن عملية التيسير في محطات الرياض ، والرس ، والمجمعة . أما مخلفات غسيل المرشحات في محطتي الزلفي والقويعية فيتم التخلص منها مع المخلفات السائلة الأخرى . وبالنسبة لمخلفات غسيل المرشحات في محطة بريدة والتي تقدر بحوالي ٢٠٠٠ مترمكعب / يوم فيتم التخلص منها بتصريفها في قناة إلى موقع مفتوح خارج المحطة .

تعتمد كميات ونوعيات رجيع وحدات إزالة الأملاح على كميات المياه المعالجة ونوعيتها ونوعية الأغشية المستخدمة وكفاءتها ، وهي تمثل نسبة كبيرة من المخلفات السائلة للمحطات .

ويوضح الجدول (٢) كميات ومحتوى المخلفات السائلة الناتجة من محطات التقنية التي توجد بها عمليات إزالة الأملاح . تتراوح كميات الرجيع المنتجة ما بين ٢,٩ إلى ٢٢,٥ ٪ من إجمالي المياه المنتجة من تلك المحطات . وفي المتوسط تصل تلك المخلفات إلى ٢٤٢٨٠ متر مكعب/يوم ، وتحتوي على تركيز للأملاح الذائبة يتراوح ما بين ٤٢٠٠ إلى ١٠,٨٠٠

يتم تعديل الرقم الهيدروجيني في ثلاث محطات بمدينة الرياض (منفوحة ، الشميسي ، الملز) ثم بعد ذلك يتم التخلص من المخلفات السائلة فيها عن طريق ضخها في شبكة الصرف الصحي .

كما يتم التخلص من مخلفات محطتي « "بويب وصلبوخ » بإلقائها في أرض مفتوحة غير مبطنة . وفضلاً عن ذلك تستخدم أحواض التبخير المبطنة للتخلص من المخلفات السائلة في خمس محطات (عنيزة ، والرس ، والزلفي ، والمجمعة والقويعية) حيث تتراوح مساحة تلك الأحواض ما بين ١٣٦٠٠٠ إلى ٣٤٢٣٩٠ متر مربع بعمق يصل إلى متر واحد .

المحطة	المواد الكيميائية المستخدمة وكمياتها (طن/سنة)						
	الطاقة الانتاجية القصوى (م٣/يوم)	هيدروكسيد الكالسيوم	كربونات الكالسيوم	هيدروكسيد الصوديوم	ألومينات الصوديوم	كلوريد الحديديك	بوليمر
الرياض							
- الوسيع	٢٢١٠٠٠	١٢٦٨٤	٢٥٧٤٠	-	١٢٦٧	٣٢٤	١٨,٧
- منفوحة ٢,١	٨٦٤٠٠			-			
- صلبوخ	٦٦٧٢٠			-			
- بويب	٦٦٠٠			-			
- الشميسي	٥٧٦٠٠			-			
- الملز	٢٨٨٠٠			-			
بريدة	٩٦٠٠٠	-	-	-	-	-	-
عنيزة	٥١٠٠٠	-	-	٢٢٥٥	-	-	-
الرس	٥١٠٠٠	-	١٩٢٣	٦٩٣	١٤٢	٧١	-
الزلفي	١٨٠٠٠	-	-	-.	-	-	١,٤
المجمعة	٨٤٠٠	٦٧٣	١٢٣٨	١٦٥	-	-	١,٣
القويعية	٦٧٠٠	-	-	-	-	-	-

● جدول (١) : سعة محطات التنقية الرئيسية بالمنطقة الوسطى من المملكة ونوعية وكمية المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التيسير .

المعالجة النهائية لمياه الشرب

م. سليمان البصيلي
م. سامي اليوسف

تعرف المعالجة النهائية لمياه الشرب المنتجة من محطات تنقية المياه بأنها مجموعة العمليات التي تتضمن زيادة أو نقص تركيز بعض المواد الذائبة في المياه وذلك بعد المعالجة الأساسية ، وقبل إستخدامها في الأغراض المخصصة لها ، وقد حددت هيئة الصحة العالمية وغيرها من الهيئات العالمية الأخرى مواصفات خاصة لمياه الشرب الصالحة لإستعمال الإنسان ، وقد إتفقت جميع هذه الموصفات على إعتبار أن ٥٠٠ جزء في المليون هو الحد المرغوب فيه لمجموع المواد الصلبة الذائبة في ماء الشرب . ومع ذلك فليس كل ما يستعمله الإنسان في جميع أنحاء العالم مطابقاً لهذه المواصفات ، فهناك مناطق كثيرة من العالم يعيش أهلها على مياه تزيد ملوحتها عن ١٥٠٠ جزء في المليون ، فعلى سبيل المثال يستعمل السكان في شمال المكسيك ماءً تزيد ملوحته عن ٤٠٠٠ جزء في المليون ، وفي السنغال ٣٤٠٠ جزء في المليون ، وفي بعض أجزاء استراليا ٣١٣٠ جزء في المليون ، بل وفي وقت من الأوقات إستعمل المستوطنون في استراليا ـ ولفترات طويلة ـ ماء وصلت ملوحته إلى ٦١٠٠ جزء في المليون .

وعلى الرغم من تأثير بعض الأملاح الذائبة في الماء ـ عند زيادة تركيزها عن الحد المسموح به عالمياً ـ على صحة الانسان ، إلا أنها ضرورية لبناء جسمه ، بل أن نقصها في مياه الشرب له تأثير سلبي على صحته . فمثلاً يعد الكالسيوم ضروري لنمو العظام ، ويؤدي نقص الحديد إلى فقر الدم ، والفلور يساعد في حماية الأسنان من التسوس وخاصة عند الأطفال .

ونظراً لأن الماء يعد عامل أساس من العوامل التي تؤثر تأثيراً كبيراً على صحة الإنسان ، فإنه سيظل دائماً محل تدقيق وبحث ، وسيتركز الاهتمام في المستقبل ـ بمشيئة الله ـ على الكميات المتناهية الصغر من المركبات العضوية ـ التي قد يحملها الماء ـ وتحديد تركيزها ، في الوقت الذي تستمر فيه الأبحاث لمعرفة أثر هذه المواد كمسببات للأمراض السرطانية ، وعلى إنقسامات الخلية ، وعلى الخواص الوراثية .

يؤدي وجود بعض الغازات في المياه ـ كغاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) ـ إلى صدور رائحة كريهة ، كما تؤدي زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى جعل المياه آكلة (Corrosive) ، الأمر الذي يتطلب إجراء عمليات معالجة لإزالة الغازات وكذلك يجب إزالة الأملاح (De-mineralization) ـ وبشكل كامل ـ من المياه المستخدمة في العمليات الصناعية لمنع الترسبات في وحدة الغلايات وأنابيب المياه ، كما أنه من الضروري إزالة الغازات التي تعوق كفاءة الإنتقال الحراري ، وذلك لتقليل التآكل بأقصى درجة ممكنة ، ولذا فإنه يتم معالجة مياه الشرب المنتجة من محطات التنقية ، لإزالة الغازات والأملاح الزائدة حتى تصبح تلك المياه مناسبة للإستخدام .

تعتمد درجة أو نوع المعالجة النهائية المطلوبة للمياه المنتجة من المحطات على الغرض المستخدمة له ، فمثلاً تحتاج مياه الشرب إلى عمليات تعقيم ، (من الناحية الصحية) ، وعمليات موازنة خاصة لمنع تآكل أو ترسيب الأملاح على أنابيب المياه سواء في الشبكات الرئيسة أو الشبكات الداخلية للمنازل .

وسوف يتم التركيز في هذه المقالة على المعالجة النهائية لمياه الشرب المنتجة من محطات معالجة المياه بمختلف أنواعها كالتناضح العكسي والتبخير الوميضي والتبادل الأيوني ... الخ .

عمليات المعالجة النهائية

تتمثل عمليات المعالجة النهائية لمياه الشرب في عدة مراحل هي :-

● تعديل الرقم الهيدروجيني

إن الغرض من تعديل الرقم الهيدروجيني (pH adjustment) للمياه المنتجة من المحطات هو المحافظة على أن تكون مياه الشرب ذات طبيعة متوازنة أو مستقرة (Stable) ، لا تؤدي إلى ترسيب الأملاح أو التآكل ، حيث أنه في حالة كون مياه الشرب ذات طبيعة ترسيبية تؤدي إلى ترسيب الأملاح ـ خاصة أملاح كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) ـ فسوف يسبب ذلك وجود ترسيبات ملحية في الأنابيب ، مما يؤدي ـ مع مرور الوقت ـ إلى إنسدادها خاصة في شبكات المياه ذات الأقطار الصغيرة كشبكات مياه المنازل ، بينما في الحالة الثانية أي كون مياه الشرب ذات طبيعة أكالة فيؤدي ذلك إلى تآكل شبكات المياه وتغير لون المياه بها ، مما يستلزم إستبدالها .

يمكن معرفة طبيعة مياه الشرب من ناحية التوازن الكيميائي (متوازنة ، أكالة ، ترسيبية) بتحديد قيمة معامل التشبع

المتغير		أيون (ملجرام مكافيء/لتر)	كربونات كالسيوم (ملجرام مكافئ/لتر)
كالسيوم	Ca^{2+}	١٠	٢٥
مغنيسيوم	Mg^{2+}	٥	٢١
صوديوم	Na^{+}	٢٧	٥٩
القلوية (البيكربونات)	HCO_3^{-}	٢٧	٣٠
الكبريتات	SO_4^{2-}	٣٨	٤٠
الكلوريد	Cl^{-}	٢٥	٣٥
الأملاح المذابة	TDS	١٤٢	
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	١٠٢	
الرقم الهيدروجيني	pH	٥,٧	
معامل التشبع	LSI	٣,٢ –	

● جدول (١) تحليل عينة مياه قبل عملية الموازنة.

لانجليه (Langelier Saturation Index - LSI) من خلال المعادلة التالية :

$$LSI = pH - pHs$$

$$pHs = pCa + palk + C$$

حيث :

(pH) : الرقم الهيدروجيني للمياه قبل التشبع .

(pHs) : الرقم الهيدروجيني للمياه بعد التشبع .

(pCa) : اللوغارثم السالب لتركيز الكالسيوم .

(palk) : اللوغارثم السالب لتركيز القلويه .

(C) : قيمة متغيرة يتم تحديدها اعتماداً على نسبة الأملاح ودرجة الحرارة .

فإذا كانت قيمة معامل التشبع تساوي صفراً ، دل ذلك على أن المياه متوازنة (مستقرة) كيميائياً ، أما إذا كانت قمية المعامل سالبة فهذا يعني أن المياه تميل إلى التآكل ، وإذابة طبقة كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) بشكل كبير ، وبالتالي تكون المياه آكلة ، أما إذا كانت قيمة معامل التشبع موجبة فإن المياه في هذه الحالة تميل إلى ترسيب كربونات الكالسيوم ، ولكل من العمليتين السابقتين (التآكل والترسيب) خطورته على صحة الإنسان ، وعلى خطوط نقل المياه ، وبالتالي لابد من عمل موازنة للمياه ، إلا إنه في بعض الأحيان نحتاج إلى طبقة رقيقة من الترسبات السطحية لعمل طبقة حامية لشبكات المياه عندما يقل معامل تشبع المياه وتصبح آكلة ، ويوضح الجدول (١) تحليل عينة مياه قبل عملية الموازنة ، ونلاحظ أن قيمة معامل التشبع = ٣,٢ مما يدل على أن طبيعة المياه لهذه العينة تميل إلى أن تكون آكلة بشكل كبير .

ويوجد مؤشر آخر يبين مدى ميل المياه إلى أن تكون أكالة من عدمه وهو مؤشر **ريزنار** (Ryznar Stability Index - RSI) ، ويتم حسابه وفقاً للمعادلة التالية :

$$(RSI) = 2pHs - pH$$

ويوضح الجدول (٢) حدود المؤشر ـ تتراوح بين ٥ إلى ٨,٥ ـ طبقاً لطبيعة المياه .

*** طرق تعديل الرقم الهيدروجيني :** ويتم إختيارها طبقاً لنوعية المياه المنتجة ، ونوعية التطبيقات المستخدمة لها ، ومن هذه الطرق ما يلي :-

ـ خلط مياه الشرب بالمياه الخام : حيث أنه غالباً ما تكون مياه الشرب بعد المعالجة

طبيعة المياه	(RSI)
قليلة الترسيب	٥ – ٦
تميل إلى الاتزان	٦ – ٧
قليلة التآكل	٧ – ٧,٥
قوية التآكل	٧,٥ – ٨,٥

●جدول (٢) قيمة معامل رايزنار للتشبع (RSI) بالنسبة لطبيعة المياه المنتجة

الرئيسية ذات طبيعة أكالة ، وذات معدل تشبع سالب القيمة نتيجة لإنخفاض القلوية الكلية (Total Alkalinity) ، والعسر الكلي ، وبالتالي إنخفاض الرقم الهيدروجيني .

تؤدي عملية خلط مياه الشرب مع المياه الخام ـ ذات المحتوى العالي من القلوية الكلية والعسر الكلي ـ إلى تحسين نوعية المياه المنتجة ، وزيادة معدل التشبع بحيث تتغير طبيعة المياه من الحالة الأكالة إلى الحالة المتوازنة ، أو الحالة الترسيبية ، ويوضح الجدول (٣) أثر عملية الخلط على نوعية المياه المنتجة المذكورة في الجدول (١) .

ـ إستخدام المواد القاعدية : مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ، أو الجير المطفأ {lime,$Ca(OH)_2$} ، أو كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) ، وذلك لرفع قيمة الرقم الهيدروجيني الذي يساهم في تحويل طبيعة المياه من الحالة الأكالة إلى المتوازنة ، وزيادة تركيز الأملاح (TDS) .

ويمكن حساب الكمية المطلوبة من المواد القاعدية اللازمة لرفع الرقم الهيدروجيني للمياه المنتجة من خلال تطبيق المعادلة التالية :

$$R=(Alk+1.23X)/(CO_2-1.08X)$$

حيث :

(R) : النسبة بين القلوية (HCO_3) ، وثاني أكسيد الكربون (CO_2) وتتراوح من ١٠٠ إلى ١ .

(X) : كمية المادة القاعدية المطلوبة .

(Alk) : تركيز القلوية قبل إضافة المادة القاعدية .

(CO_2) : تركيز ثاني أكسيد الكربون قبل إضافة المادة القاعدية .

مع ملاحظة أن المعاملين (1.23 , 1.08) المستخدمين في المعادلة السابقة يتغيران بتغير القاعدة المستخدمة ، جدول (٤) .

ومثل ذلك فعند تطبيق المعادلة أعلاه لتغيير الرقم الهيدروجيني من ٥,٧ (قبل الموازنة) إلى ٨,٢ (بعد الموازنة) ـ بإضافة مادة (98% NaOH) على العينة المذكورة في الجدول (١) مع اعتبار (R) = ١٠٠ ـ نجد أن كمية المادة القاعدية المطلوبة لرفع الرقم الهيدروجيني تقدر بحوالي ٩٣,١ ملجرام/لتر .

هذا ومن الممكن رفع قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه المنتجة إلى (٨,٢) كما في الحالة الأولى دون حدوث زيادة في الأملاح المذابة بشكل كبير ، ودون استهلاك كمية كبيرة من المادة القاعدية المضافة ، لإزالة ثاني أكسيد الكربون ـ تزيل كمية كبيرة من هذا الغاز ـ الذي يوجد فيه طبقة داعمة تزيد من مساحة توزيع المياه ، ومن ثم تزيد قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لها ، وكمثال على الحالة المذكورة في الجدول (١) فعند إستخدام جهاز إزالة ثاني أكسيد الكربون فإن محتوى ثاني أكسيد الكربون (CO_2) سيقل إلى ٥ ملجرام/لتر ، وسترتفع قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) إلى حدود تتراوح بين ٧ إلى ٧,١ ، وبالتالي تحدث زيادة قي قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) دون تأثير على نسبة الاملاح المذابة ، ودون إضافة أي مواد كيميائية ، وعند هذه النقطة نحتاج فقط إلى ٤,٣ ملجرام من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) لكل لتر لرفع قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) إلى (٨,٢) ، وهذه الكمية تزيد نسبة الاملاح المذابة فقط ٧ ملجرام/لتر ، جدول (٣) .

المتغير	التركيز في المياه			
	الخام	المنتجة××	بعد الخلط	المنتجة ×××
الكالسيوم ×	١٠٠٥	٢٥	١٢٣	١٢٣
القلوية ×	١٤٧	٣٠	٤٢	٥٠
الأملاح الذائبة	٢٧٤٢	١٤٢	٤٠٢	٤١٦
ثاني أكسيد الكربون (ملجرام/لتر)	٢٩	٥	٧,٤	–
الرقم الهيدروجيني (pH)	٧	٧,١	٧,١	٨,٢
معامل التشبع (LSI)	–	–	–	+٠,١٥
معامل رايزنار للتشبع (RSI)	–	–	–	٧,٩

× كربونات الكالسيوم (ملجم مكافىء/لتر) .
×× بعد إزالة ثاني أكسيد الكربون .
××× بعد إزالة ثاني أكسيد الكربون وضبط الرقم الهيدروجيني باستخدام هيدروكسيد الصوديوم .

● جدول (٣) تأثير خلط المياه الخام على عينة مياه الشرب في عملية الموازنة

المادة المضافة	زيادة القلوية (مكافىء كربونات الكالسيوم ـ ملجرام/لتر)	نقص ثاني أكسيد الكربون (ملجرام/لتر)
الصودا الكاوية	١,٢٣	١,٠٨
كربونات الصوديوم	٠,٩٤	٠,٤١
الجير	١,٦١	١,٤١
الجير المطفاء	١,٢٦	١,١١

● جدول (٤) تأثير اضافة المواد القاعدية على المياه.

ـ إضافة المواد الحامضية : ومنها حامض الكبريت (H_2SO_4) ، وحامض كلوريد الهيدروجين (HCl) ، ويضاف ثاني أكسيد الكربون (CO_2) عند الرغبة في تخفيف طبيعة المياه من الحالة الترسيبية ، وما يحدث في هذه الحالة معاكس لما يحدث عند استخدام المواد القاعدية .

ويتضح من الطرق الثلاث المذكورة أعلاه أن خلط مياه الشرب بالمياه الخام يعد الخيار الأمثل ـ خاصة للحالة المذكورة سابقاً ـ لموازنة الأملاح وتقليل الاعتماد على المواد الكيميائية في رفع قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه المنتجة ، وزيادة القلوية ، حيث يلاحظ من الجدول (٣) أن المياه بعد عملية الخلط وعملية ضبط الرقم الهيدروجيني ـ بواسطة هيدروكسيد الصوديوم إلى ٨,٢ ـ تميل إلى الترسيب من حيث قيمة معامل التشبع (+٠,١٥) ، وتميل

المتغير	المياه المنتجة (قبل إضافة الجير)	المياه المنتجة (بعد إضافة الجير)
الكالسيوم ×	٢٥	١٣٩
القلوية×	٣٠	١٤٤
الأملاح المذابة (ملجم/لتر)	١٤٢	٣٢٧
الرقم الهيدروجيني (pH)	٥,٧	٨,٢
معامل التشبع (LSI)	٣,٢ –	٠,٦٥ +
معامل رايزنر للشبع(RSI)	١٢,٢	٦,٩

× كربونات الكالسيوم (ملجم مكافىء/لتر) .

● جدول (٥) تأثير اضافة الجير على عينة المياه في عملية الموازنة.

إلى التآكل من حيث قيمة معامل رايزنار (٧,٩) .

أما بالنسبة لعملية إضافة الجير المطفاء بغرض التحكم في قيمة الرقم الهيدروجيني وزيادة القلوية فإنها تزيد أيضاً من تركيز الكالسيوم في المياه المنتجة وخاصة إذا كانت المياه الخام منخفضة التركيز . حيث يلاحظ في الجدول (٥) ـ أثر إضافة الجير على عينة المياه المذكورة في الجدول (١) بغرض رفع الرقم الهيدروجيني إلى (٨,٢) ـ أن المياه تميل إلى الإستقرار من حيث قيمة معامل (LSI) ، وكذلك قيمة معامل (RSI) .

● التعقيم

تختلف التقنيات المستخدمة في تعقيم مياه الشرب (Disinfections) ، إلا أنها تقريباً تؤدي نفس الغرض ، وهو الحصول على مياه صالحة للشرب من الناحية البيولوجية عن طريق قتل جميع الكائنات الحية الدقيقة (Microorgnaism) التي يتسبب وجودها في إصابة الانسان ببعض الأمراض مثل التيفوئيد والكوليرا والدوسنتاريا ، وتستخدم عدة طرق في تعقيم مياه الشرب منها :ـ

*** الاشعة فوق البنفسجية** (Ultraviolet Radiation): ويتم توليدها عن طريق لمبات بخار الزئبق ذات الضغط المنخفض ، ويتم تسليطها ـ بطول موجي ٢٥٣,٧ نانو متر ـ على المياه المطلوب تعقيمها ، حيث تقوم المواد العضوية الموجودة في الكائنات الحية الدقيقة بامتصاص هذه الأشعة ، مؤدية إلى تكسير الروابط الكيميائية لهذه المواد ، وبالتالي إحداث تغيير داخل خلايا هذه الكائنات ، ومن ثم القضاء عليها .

تعتمد كفاءة درجة تطهير المياه باستخدام الأشعة فوق البنفسجية على عدة عوامل منها زمن التلامس بين الأشعة والماء ، وكثافة الأشعة المباشرة ، ومحتوى المياه من البكتيريا، والفطريات ، والطحالب ، وغيرها .

تتميز عملية تعقيم المياه بوساطة الأشعة فوق البنفسجية بعدة إيجابيات ، كما أن لها بعض السلبيات ، ويمكن توضيح ذلك كما يلي :ـ

ـ الإيجابيات : وهي كالتالي :ـ

١ـ بقاء بعض المركبات في الماء على حالتها دون تأكسد مثل الأمونيا .

٢ـ عدم حدوث تغير كيميائي أو فيزيائي للمياه ، وبالتالي لايوجد لها نواتج تفاعل (Byproduct) ضارة .

٣ـ ثبات طعم المياه ورائحتها .

٤ـ عدم إضافة أي مواد كيميائية فيها .

٥ـ تأثير فترة التعرض ولو كانت قصيرة .

٦ـ زيادة جرعة الأشعة عن الكمية المطلوبة ليس لها تأثير .

ـ السلبيات : وتنحصر في التالي :ـ

١ـ عدم ملاءمة استخدامها في شبكات المياه الكبيرة .

٢ـ تتطلب إمكانيات عالية جداً من ناحية التحكم والتقنية العالية .

٣ـ تكلفتها المادية عالية جداً من حيث الأجهزة ، وتوفير فنيين ذوي مهارة وتدريب عالٍ .

٤ـ ضرورة إنخفاض عكارة المياه المطلوب تعقيمها ، وأن تكون عديمة اللون قدر الإمكان .

٥ـ زيادة تأثيرها على أنواع معينة من الكائنات دون الأخرى .

٦ـ ليس لها أثر ممتد المفعول .

*** الأوزون (Ozone) :** وهو عبارة عن غاز مركب من ثلاث ذرات أكسجين (O_3) ، ويتم تحضيره من الهواء خلال تطبيق مجال كهربائي ذو جهد عالي الشدة في حيز مغلق ، وذلك كما يلي :ـ

$$3O_2 \longrightarrow 2O_3$$

$$O_3 \longrightarrow O_2+O$$

وعلى الرغم من تميز طريقة الأوزون في تعقيم مياه الشرب بعدة إيجابيات ، إلا أن لها كذلك بعض السلبيات ، وذلك كما يلي :ـ

ـ الايجابيات : وتتمثل في التالي :ـ

١ـ إزالة أو تقليل رائحة المياه ولونها .

٢ـ عامل مؤكسد قوي جداً للشوائب العضوية .

٣ـ مؤثر على نطاق عالٍ من درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني .

٤ـ سرعة تأثيره عالية جداً مقارنة بالكلور ، مع زمن تلامس قليل جداً .

٥ـ لا يسبب رائحة للمواد المتكونة .

٦ـ ليس له أي تأثير عند الجرعات العالية .

ـ السلبيات : وهي كالتالي :ـ

١ـ ليس لها أثر ممتد المفعول .

٢ـ الحاجة إلى طاقة عالية ـ للحصول على الأوزون ـ تقدر بحوالي عشرة أضعاف الطاقة الأزمة للحصول على الكلور .

٣ـ صعوبة عملية تحضيره خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة للهواء المحتوي على الأكسجين .

٤ـ صعوبة التحكم في عملية التجريع .

* **الكلور:** و أهو كثر المواد شيوعاً في عملية تعقيم المياه ، ويستخدم في كثير من محطات مياه الشرب نظراً لكفاءته العالية جداً ، ويستخدم عادة على هيئة سائل مضغوط في إسطوانات مخصصة لذلك ، ويمكن إيضاً اضافته كعنصر، إما على شكل هيبوكلورايت الصوديوم (NaOCl) أو الكالسيوم $(CaOCl)_2$.

يشترط عند معالجة المياه بعملية الكلورة إزالة أو تخفيف عكارة المياه إلى أقل من وحدة عكارة واحدة قبل إضافة الكلور إليها ، وذلك لأن البكتيريا ـ المراد التخلص منها ـ تحتمي بالجسيمات الصغيرة مما يؤثر على كفاءة عملية الكلورة .

ـ خطوات تجريع الكلور : وتتم على النحو التالي :ـ

١ـ تقليل محتوى المياه من كبريتيد الهيدروجين (H_2S) ، وأكسيد الحديد الثنائي (Fe_2O_3) ، ولا يتم أي تطهير للمياه في هذه المرحلة .

٢ـ تفاعل الكلور مع المواد العضوية ، وتكوين مركبات الكلور العضوية (Chloro-organic compounds) ، ويتم في هذه المرحلة تطهير المياه بنسبة بسيطة جداً .

٣ـ تفاعل النسبة الإضافية من الكلور ـ الزائدة عن حاجة المرحلتين السابقتين ـ مع الأمونيا والمركبات النيتروجينية لإنتاج كلوروأمين (Chloramines) .

وعند إضافة نسبة أخرى من الكلور ـ تزيد عن حاجة المراحل الثلاث السابقة ـ يحدث تفاعل كيميائي مكوناً حامض الهيبوكلورايت (HOCl) الذي يعد عاملاً مؤكسداً قوياً بنسبة ٨٠٪ ، وهيبوكلورايت (OCl^-) وفقاً لدرجة الحرارة وقيمة الرقم الهيدروجيني ، شكل (١) .

معادلة

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

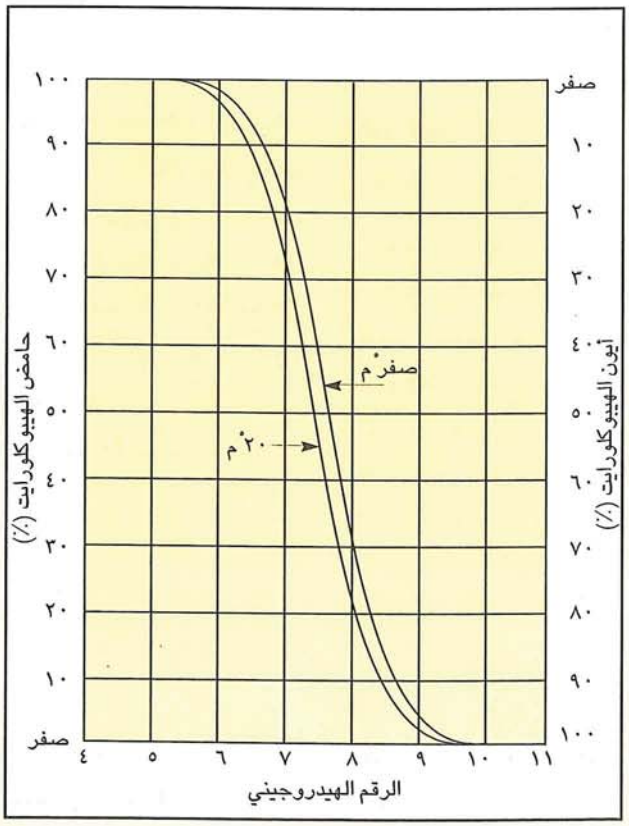
$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^-$$

تعتمد كفاءة التعقيم بالكلور على كمية الكلور وتركيزه ، ووقت التعرض للكلور ، وخصائص ونوعية المياه المعالجة ، ودرجة تركيز الملوثات في المياه ، ودرجة الحرارة لإن درجة الحرارة العالية تزيد من كفاءة التطهير ، ويعتمد الوقت الكافي لحدوث التفاعل وبشكل كامل على نوعية المياه من الناحية الجرثومية والكيميائية . وبالتالي لابد أن يكون هناك كلور متبقي في المياه يتراوح تركيزه بين ٠,٥ إلى جزء واحد في المليون لضمان حمايتها من أي ملوثات .

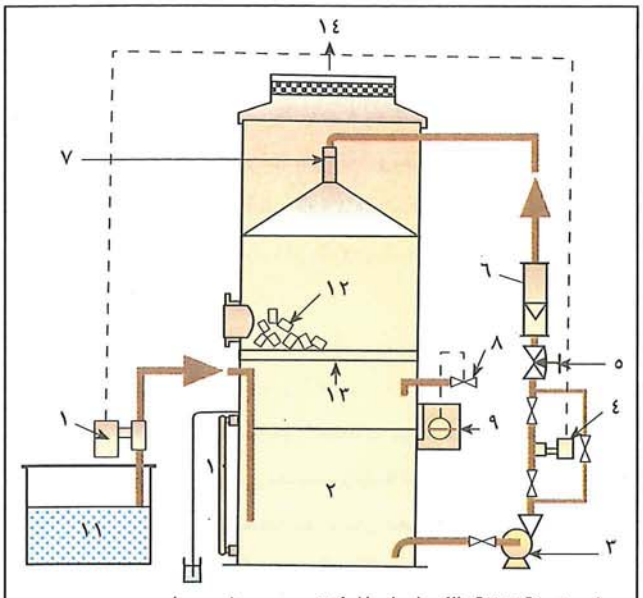
وحيث أن الكلور عامل مؤكسد قوي فإن المواد العضوية التي تتأكسد في المياه نتيجة لاستخدامه تؤدي إلى تقليل تركيز الكلور الذائب في الماء واللازم لإتمام عمليات التعقيم ، وقد تتحد هذه المواد مع الكلور مكونة مواد أخرى لا يوجد لها تأثير تعقيمي على الاطلاق ، ويتحكم في حدوث مثل هذه التفاعلات عدة عوامل منها (pH) ودرجة الحرارة ، وبصفة عامة فإن قوة الكلور على إتمام عمليات التعقيم تقل كلما زاد الرقم الهيدروجيني للماء وكلما قلت درجة الحرارة .

وتختلف مقاومة نفس الكائنات الحية المائية للمواد المعقمة بدرجات متفاوتة ، فبعض الكائنات الحية تموت في الحال ، وبعضها يحيط نفسه بغشاء جرثومي ليعيش لفترات طويلة ، وبمجرد إنعدام الكلور أو إزالته تعود وبشكل أقوى في التكاثر . ويجب أن تكون كمية الكلور اللازمة للتخلص من البكتيريا في حدود ٠,٥ جزء في المليون في آخر شبكة المياه ، وبالتالي يتضح أنه يجب أن تكون كمية الكلور المنتجة من المحطات في حدود جزء في المليون ، ويعتمد زيادة تركيز الكلور على بعد المحطة علماً بأن بعد المحطة عن آخر الشبكة قد يتطلب الأمر حقن كمية إضافية من الكلور على بعد عدة كيلو مترات من المحطة وفي الشبكة نفسها كجرعة معززة .

تتميز عملية تعقيم المياه بالكلورة بعدة مميزات منها أن الكلور عامل مؤكسد قوي ،

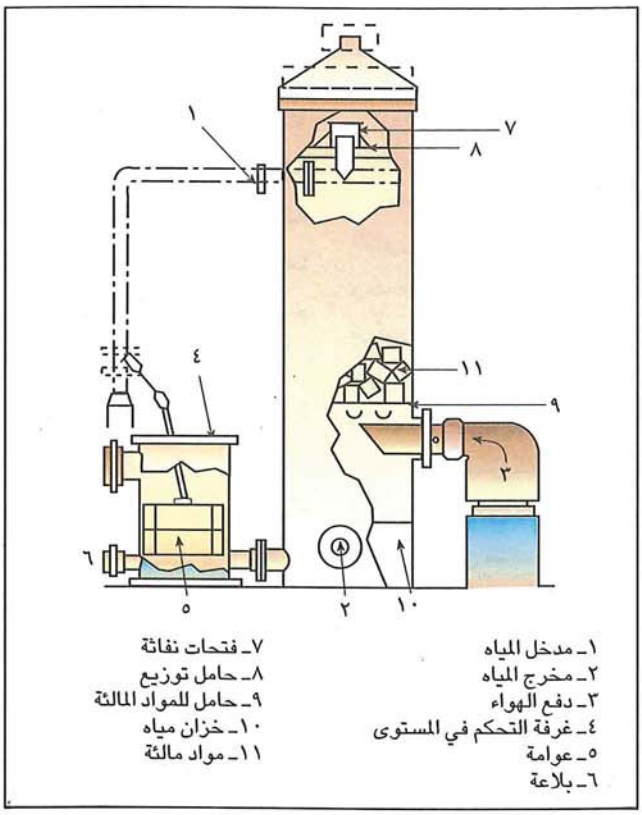


● شكل (١) توزيع حامض الهيبوكلورايت (HOCl) وأيون الهيبوكلورايت (OCl^-) في الماء طبقاً لمستويات الرقم الهيدروجيني .



١ـ مضخة تغذية بالكيماويات المركزة
٢ـ خزان محلول الشطف
٣ـ مضخة مياه الغسيل
٤ـ فتحة لقياس الرقم الهيدروجيني
٥ـ صمام التحكم في التدفق
٦ـ مقياس التدفق
٧ـ فتحات نفاثة
٨ـ صمام
٩ـ معدل المستوى
١٠ـ مبين المستوى
١١ـ كيماويات مركزة
١٢ـ مواد مالئة
١٣ـ مدخل الهواء
١٤ـ مخرج الهواء

● شكل (٢) مخطط توضيحي لجهاز نزع كبريتيد الهيدروجين.



١ـ مدخل المياه
٢ـ مخرج المياه
٣ـ دفع الهواء
٤ـ غرفة التحكم في المستوى
٥ـ عوامة
٦ـ بلاعة
٧ـ فتحات نفاثة
٨ـ حامل توزيع
٩ـ حامل للمواد المالئة
١٠ـ خزان مياه
١١ـ مواد مالئة

● شكل (٣) مخطط توضيحي لجهاز نزع ثاني أكسيد الكربون.

وسهولة نظام التجريع والتحكم، وبقاء كمية من الكلور بالمياه تسمى بالكلور الحر (Free Residual Chlorine)، إلا أنه يعاب على إستخدام الكلور ما ينتج عند تفاعله مع بعض المواد من تكوين مركبات مثل ثلاثي هالوجين الميثان (Trihalomethanes) التي تسبب مرض السرطان، إضافة إلى أنه يعطي طعماً ورائحة غير مقبولين للمياه عند زيادة تجريعه.

● إزالة الغازات

تحتوي مياه الآبار أو مياه البحر على نسبة من غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، وثاني اكسيد الكربون (CO_2)، وتحتوي المياه المنتجة على (H_2S) بكمية تتراوح بين ٢ إلى ٦ ملجرام/لتر.

تزيل وحدات التبريد والتهوية نسبة كبيرة من (H_2S)، وتحتوي خزانات المياه المنتجة على أجهزة طرد الغازات (Degasification)، لإزالة الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين، شكل (٢)، وثاني أكسيد الكربون، شكل (٣)، وتزال أي كمية أخرى تتبقى من هذا الغاز بإضافة الكلور حسب التفاعل التالي :ـ

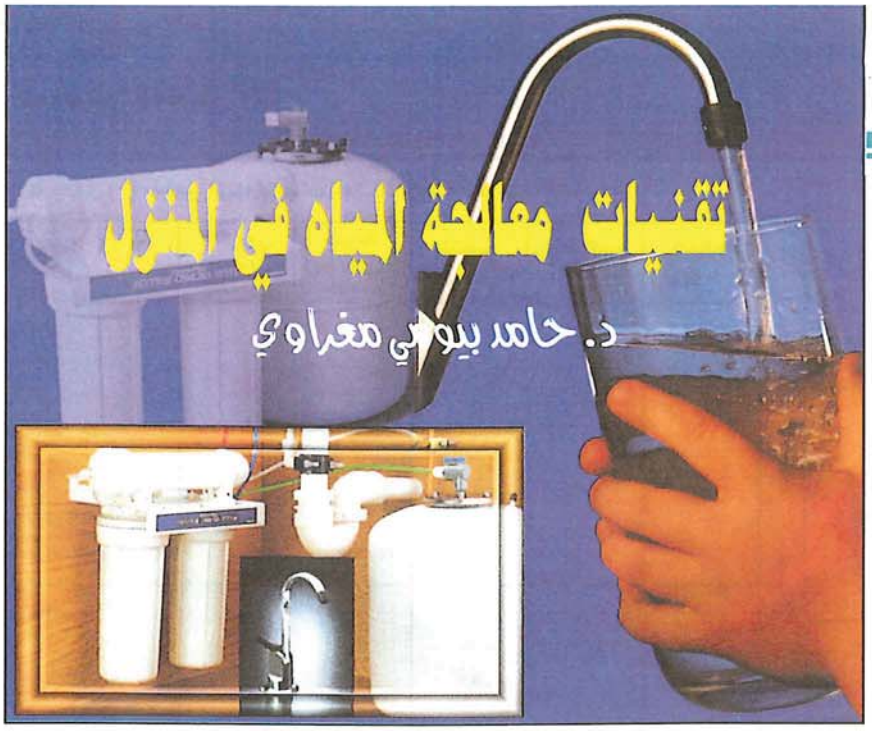
$$H_2S+4\ HOCl \longrightarrow H_2SO_4+4HCl$$

تعتمد إزالة كبريتيد الهيدروجين بوساطة جهاز طرد الغازات على قيمة الرقم الهيدروجيني التي كلما زادت تأين ثاني أكسيد الكبريت وتحول إلى أكسيد الكبريت الذي يصعب إزالته بجهاز طرد الغازات. وكمثال على ذلك فعند الرقم الهيدروجيني (٧) تكون نسبة (٣٣٪) من مجموع الكبريت المذاب على شكل (H_2S)، و (٦٧٪) على شكل (HS^-).

وغالباً ما تكون المياه المنتجة من المحطات حامضية إلا أن المياه المنتجة والممررة على جهاز طرد الغازات يُزيل منها ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بشكل أسرع من (H_2S) مع زيادة قيمة الرقم الهيدروجيني (pH)، وهذا يقلل من إزالة (H_2S) بشكل كامل، ولكن وكما تم ذكره سابقاً فإن إضافة الكلور تزيل ما تبقى من كبريتيد الهيدروجين.

● معالجة إضافية

غالباً ما تكون المياه المنتجة من محطات تنقية مياه الشرب ذات نسبة منخفضة من بعض العناصر والمركبات ـ وخصوصاً إذا كانت المياه الخام والمستخدمة في عملية الخلط منخفظة التركيز من هذه العناصر ـ مما يستلزم إضافتها على المياه المنتجة بحيث تدخل ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب، وعلى سبيل المثال تؤدي الزيادة في عنصر الفلور (F) ـ الذي يمكن تجريعه على هيئة صوديوم سداسي فلورايد السيليكات (Sodium Hexafluorosilicate)ـ في مياه الشرب إلى أكثر من ١,٥ جزء في المليون إلى تغير لون الاسنان، بينما يؤدي نقصه إلى تآكلها وضعفها.



تقنيات معالجة المياه في المنزل

د. حامد بيومي مغراوي

تم استخدام بعض الأجهزة قديماً في معالجة مياه الشرب - لإزالة الملوثات غير المرتبطة بآثار صحية سلبية مثل الطعم ،واللون ، والرائحة ، والعكارة ، والحديد ، والعسر .. الخ. - في المنازل أو المواقع المستقلة إلى جانب التطبيقات الصناعية والتجارية ، ومع الإنتشار المتنامي للمواد السامة والمسرطنة في مصادر المياه العمومية ومياه الآبار الخاصة وإرتفاع مستوياتها تم تطوير وإستحداث تقنيات جديدة لإزالة هذه الملوثات من مياه الشرب .

وتوجد حالتان لإستخدام أجهزة المعالجة على المستوى المنزلي هما :

- معالجة منزلية للمياه الداخلة للمنازل أو المواقع المغذاة بالمياه عن طريق مصدر عمومي أو جماعي ، وبطبيعة الحال فإن نوعية المياه تكون خاضعة للمواصفات القياسية الموضوعة للمياه الآمنة ، وهنا فإن هذه المعالجة تكون لهدف جمالي فحسب مثل تحسين الطعم أو المظهر .
- معالجة مياه خام (غير معالجة) وتكون المصدر المائي الوحيد المتاح للمنزل أو الموقع ، والذي يكون عادةً في منطقة منعزلة ، ومن ثم تكون المعالجة ضرورية وهامة .

وفي كلتا الحالتين السابقتين فان المستهلك أمامه عدة خيارات لتحديد أجهزة المعالجة المناسبة والتي تتباين أنواعها وأحجامها .

طرق المعالجة المنزلية

يعتمد إختيار طريقة معينة من طرق معالجة المياه في المستوى المنزلي على متطلبات نوعية أهمها :

- صفات ونوع المصدر المائي .
- نوع وشدة التلوث .
- الجدوى الإقتصادية وتكلفة المعالجة .
- متطلبات المعالجة .
- أي متطلبات أخرى للتخلص من المخلفات الناتجة عن المعالجة .
- المتطلبات الموضوعة عن طريق الجهات الفنية والرقابية لمتابعة نوعية المياه .

وتنحصر طرق المعالجة المنزلية في طريقتين هما :

● المعالجة عند نقطة الاستعمال

تعنى المعالجة عند نقطة الاستعمال (Point-of-use;POU) معالجة المياه الخارجة من الصنبور مباشرة ، وتتضمن تقنية هذا النوع من المعالجة أنظمة التنقية الآتية :

- وحدة معالجة متصلة بالصنبور عن طريق أنبوب بلاستيكي وتوضع بجانب الصنبور .
- وحدة مركبة على الصنبور مباشرة .
- وحدة متصلة بالصنبور عن طريق أنبوب وتوضع عادة أسفل الحوض .
- وحدة ذات خط تغذية مستقل ولها صنبورها الخاص .

● المعالجة عند نقطة الدخول

تختص بالمعالجة عند نقطة الدخول (Point. of entry, POE) أي بمعالجة المياه عند موقع دخولها في المنزل أو الموقع المستقل ،مثل: مدرسة ، ومطعم ، ومصنع ..الخ قبل توزيعها في أرجائه وفي هذه الحالة توضع هذه الأنظمة بمدخل المنزل مثل الجراج (المرآب) ، أو في البدروم وتكون أكبر حجماً ، وأكثر تعقيداً ولها تكلفة أولية عالية .

تقنيات المعالجة

من البديهي أن لاتختلف التقنيات المستخدمة لمعالجة المياه على المستوى المنزلي عن التقنيات التي تطبق في محطات معالجة المياه بوجه عام ، ولكن تختلف عنها في أنها تتعامل مع ملوثات أقل تركيزاً من حيث مستويات الملوثات العضوية ، ودرجة العكارة ،والفلوريدات ، والكلوريدات ، والزرنيخ ،والنترات ، والنشادر ، والكائنات الدقيقة . ويمكن من خلال إحدى هذه التقنيات تحسين العوامل الجمالية للمياه عن طريق إزالة بعض المكونات والتي لايسبب وجودها مشاكل صحية ، فضلاً عن أنها ليست خاضعة لتنظيمات مراقبة جودة المياه مثل تركيز الأملاح الصلبة الذائبة ، والنحاس ، والكلوريدات ، والكبريتات ، والحديد ، واللون ، والطعم ، والرائحة ، وتتضمن تقنيات المعالجة على المستوى المنزلي واحدة أو أكثر من تقنيات معالجة المياه التي تشمل الإدمصاص ، والتبادل الأيوني ، والتناضح العكسي ، والترشيح ، والأكسدة الكيميائية ، والتقطير ، والتهوية ، و تطهير المياه . يستعرض جدولي (٢,١) نوعية الملوثات وتقنية المعالجة الأكثر مناسبة لإزالتها من مياه الشرب على المستوى المنزلي .

ويمكن استعراض تقنيات معالجة المياه على المستوى المنزلي ، والعوامل المؤثرة ، وعيوبها من الناحيتين الميكروبية والكيميائية فيما يلي :

● حبيبات الكربون المنشط

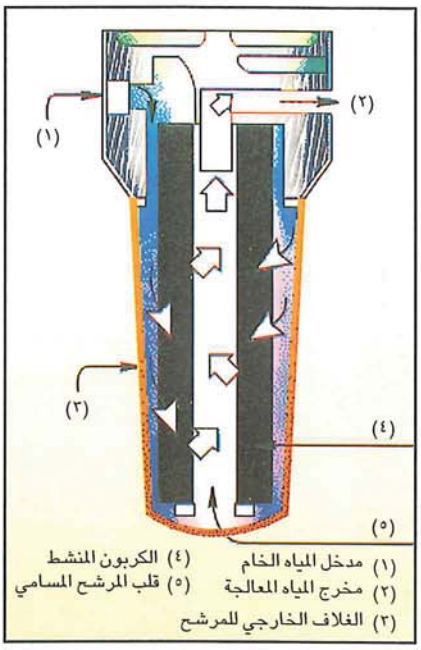
يعد استخدام مرشحات الكربون المنشط (Granular Activated Carbon-GAC) ، شكل (١) ، الأكثر شيوعاً في أنظمة المعالجة المنزلية لما تتصف به من سهولة في التركيب والصيانة إلى جانب أن تكلفة التشغيل محصورة فقط في إستبدال

● جدول (١) ملخص الأداء لتقنيات معالجة الإزالة للمركبات العضوية

المركبات	الكربون الحبيبي المنشط	التهوية بالبرج المعبأ	التناضح العكسي	كفاءة الأكسدة بالأوزون Δ	المعالجة التقليدية
المركبات المتطايرة					
الألكانات Alkanes					
رابع كلوريد الكربون	++	++	++	–	–
٢،١ – ثنائي كلوريد الإيثان	++	++	++	–	–
١،١،١ – ثلاثي كلوريد الإيثان	++	++	++	–	–
٢،١ – ثنائي كلوريد البروبان	++	++	++	–	–
ثنائي بروميد الإيثيلين	++	++	+	–	–
ثنائي بروميد كلوريد البروبان	++	++	NA	–	–
الألكينكات Alkenes					
كلوريد الفنيل	+	++	NA	++	–
١،١–ثنائي كلوريد الإيثيلين	++	++	NA	++	–
٢،١–ثنائي كلوريد الإيثلين	++	++	–	++	–
٢،١–ثنائي كلوريد الإثيلين	++	++	NA	++	–
ثلاثي كلوريد الإثيلين	++	++	+	+	–
المركبات العطرية (الأروماتية)					
بنزين	++	++	–	++	–
تولوين	++	++	NA	++	–
زايلين	++	++	NA	++	–
إيثيل البنزين	++	++	–	++	–
كلوريد البنزين	++	++	++	+	–
أورثو – ثنائي كلوريد البنزين	++	++	+	+	–
بارا – ثنائي كلوريد البنزين	++	++	NA	+	–
ستيرين	++	++	NA	++	–
المبيدات الكيميائية					
خماسي كلوريد الفينول	++	–	NA	++	NA
D – ٤،٢	++	–	NA	+	–
الأكلور	++	++	++	++	–
الديكارب	++	–	++	NA	–
فيوران الكربون	++	–	++	++	–
لندين	++	–	NA	–	–
توكسافين	++	++	NA	NA	–
سباعي الكلوريد	++	++	NA	+	NA
كلوردين	++	–	NA	NA	NA
TP – ٥،٤،٢	++	NA	NA	+	NA
ميسوكسي الكلوريد	++	NA	NA	NA	NA
مركبات أخرى					
أكريل أميد	NA	–	NA	NA	NA
إيبي كلور الهيدرين	NA	–	NA	–	NA
ثنائي الفنيل متعدد الكلوريد (PCBs)	++	++	NA	NA	NA

++ : ممتاز (٧٠ – ١٠٠٪) . + : متوسط (٣٠ – ٦٩٪) . – : ضعيف (صفر – ٢٩٪)

NA : غير معلوم . Δ : ٢ – ٦ جزء من مليون



● شكل (١) منظر لوحدة كربون منشط للإستخدام المنزلي

الغشاء الداخلي (الشمعة) بعد تشبعها ، كما أن أداء وحدة الكربون المنشط يمكن أن يكون كافياً لإزالة الملوثات العضوية وبعض الملوثات غير العضوية ، ويعتمد أداء الوحدة على مجموعة من العوامل أهمها : تصميم الوحدة ، ونوع وكمية الكربون المنشط ، والمدة الزمنية لاتصال المياه بالكربون . يعمل الكربون المنشط على إزالة الملوثات من المياه عن طريق خاصية الإدمصاص ، حيث تلعب المساحة السطحية الكبيرة والبناء الهيكلي للمسام أهمية كبرى لإدمصاص المواد العضوية ، وتؤدي عملية تنشيط الكربون إلى توفير مساحات سطحية كبيرة داخل مسام جزيئاتها ، وفضلاً عن ذلك فإنه كلما كانت المساحة أصغر مقارنة بحجم الجزيئات المراد إدمصاصها كانت قوى جذبها أكبر ، كما أن لكل نوع تجاري من حبيبات الكربون المنشط خواص مميزة تجعله أكثر توافقاً لتطبيق معين عن أنواع أخرى ، وقد تواجه هذا النوع بعض المشاكل منها :

* **مشاكل ميكروبيولوجية :** ومن أهمها نمو وتكاثر البكتيريا على مرشحات الكربون المنشط بسبب أن المواد العضوية المدمصة على سطح الكربون تشكل وسطاً جيداً لنمو وتكاثر البكتيريا خاصة في فترات توقف المرشح عن العمل حيث تكون الفرصة سانحة لتكوين مستعمرات كثيفة ، وفضلا عن ذلك تساعد درجة حرارة الغرفة الدافئة ومعدلات سريان المياه المنخفضة ، وفترات التوقف (خلال الليل أو أثناء العطلات) على نمو المزيد من مستعمرات البكتيريا ، وقد ينتج عن ذلك بعض المشاكل الصحية لمستخدمي تلك المياه .

تعد النزلات المعدية والمعوية من أكثر

● جدول (٢) ملخص الأداء لتقنيات معالجة المواد غير العضوية

المادة	ألومينا منشطة	تخثير - ترشيح	تحكم في التآكل	ترشيح مباشر	ترشيح دياتوماتو	حبيبات الكربون المنشط	تبادل أيوني	تيسير الجير	تناضح عكسي	تهوية
أسبستوس	–	++	++	++	++	–	–	–	–	–
باريوم	–	–	–	–	–	–	++	++	++	–
كادميوم	–	++	–	–	–	–	++	++	++	–
كروم (III)	–	++	–	–	–	–	++	++	++	–
كروم (IV)	–	++	–	–	–	–	++	–	++	–
زئبق	–	+ إلى ++	–	–	–	++	–	++	++	–
نترات ونيتريت	–	–	–	–	–	–	++	–	++	–
سيلينيوم (IV)	++	++	–	–	–	–	–	+	++	–
سيلنيوم (VI)	++	–	–	–	–	–	–	–	++	–
زرنيخ (III)	++[a]	++[a]	–	–	–	–	–	+ إلى ++	+	–
زرنيخ (V)	++	++	–	–	–	–	++	+ إلى ++	++	–
راديوم – ٢٢٦	–	–	–	–	–	–	++	++	++	–
رادون	–	–	–	–	–	++	–	–	–	++
يورانيوم	b	++	–	–	–	–	++	++	++	–

++ : ممتاز (٧٠ – ١٠٠٪). + : متوسط (٣٠ – ٦٩٪). – : ضعيف (صفر – ٢٩٪). a : بالأكسدة الأولية. b : غير معروف

التأثيرات الصحية شيوعاً وشدة للتلوث الميكروبيولوجي للمياه بالإضافة إلى وجود أعراض أخرى تتضمن الصداع وتقلصات المعدة والقيء، والإسهال، والشعور بالإجهاد، والغثيان، بل ويمكن أن يؤدي وجود الفيروسات إلى الأصابة بالشلل والتهاب الغشاء السحائي، ويعد وجود بكتيريا القولون دليلاً على تواجد كائنات أخرى دقيقة في المياه يمكن أن تتسبب في الإصابة بالدوسنتاريا، والتهاب الكبد الوبائي، وحمى التيفود ،أو الكوليرا.

كذلك لوحظ وجود مصدر آخر هام لتلوث المياه بسبب التصاق البكتيريا بحبيبات الكربون المتناهية الدقة والتي تمر خلال مرشحات الكربون مصاحبة للمياه المعالجة، وقد أتضح في هذا الخصوص أن زيادة عمق المرشح وإحتواء المياه على عكارة عالية، وزيادة معدل الترشيح، قد يؤدي الى تسرب أعداد عالية من دقائق الكربون المحتوية على بكتيريا ذاتية التغذية أو زيادة عدد بكتيريا القولون.

وتختلف نوعية بكتيريا المياه الناتجة عن أجهزة المعالجة المنزلية عن التي تأتي من خلال مصادر المياه العمومية، كما أن أعداد البكتيريا في المياه المعالجة عبر المرشحات المنزلية يمكن أن يرتفع عشرات أو مئات المرات عن عددها في عينات من مياه المصادر العمومية، حيث لوحظت مستويات عالية من البكتيريا على مرشحات الكربون وصلت إلى ٧٠٠٠٠ وحدة لكل مليمتر مياه خلال الأيام الستة الأولى من تركيب مرشح كربوني جديد، كذلك لوحظت مستويات عالية من البكتيريا في كميات المياه الخارجة عند بداية عمل المرشحات الكربونية بعد توقفها أثناء الليل، ولتجنب هذه المشكلة - ولوجزئياً - يمكن عدم استخدام الاحجام الأولى من المياه الخارجة عبر المرشحات.

وفي محاولة للتحكم في نشاط البكتيريا داخل وحدات الترشيح الكربونية تم زرع أيونات الفضة أو إضافة مبيدات مضادة للبكتيريا في ثنايا حبيباتها، وقد وافقت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة على صلاحية بعض هذه المنتجات بشرط أن لايزيد تركيز عنصر الفضة في المياه الناتجة عن ٥٠ ميكروجرام /لتر، وقد أظهرت الأبحاث العلمية حول هذا الموضوع أن وحدات المعالجة المحتوية على أيونات الفضة قد أدت إلى خمول جميع الكائنات الدقيقة لبكتيريا القولون من ضمنها النوع إسكيرتشيا كولي (Escherichia Coli)، ومع ذلك فإن موضوع تأثير الفضة على تكاثر أنواع أخرى من البكتيريا مازال محل جدل.

* **مشاكل كيميائية:** وتنحصر في أن التنافس على مواقع الإدمصاص بين الملوثات ذات الإهتمام، والمواد العضوية الأخرى في المصدر المائي، والكلور، والتجمعات الميكروبية يؤدي إلى الخروج المبكر لكميات محسوسة من هذه الملوثات مع المياه خلال وحدة الكربون، كذلك يمكن حصول نفس المشكلة في أحوال أخرى مثل التحميل العالي لحركة المياه، والإدمصاص المتوسط إلى الضعيف لبعض الملوثات على حبيبات الكربون، وإستنفاذ مرشح الكربون.

● الأغشية

تتصف الأغشية (Membranes) بكونها مادة متبلمرة رقيقة، ناعمة، مرنة ولها قدرة على تكوين سطح محدد أو سطح داخلي للتحكم في إختيار ومرور الملوثات عند معالجة المياه. وتندرج أغلب وحدات الأغشية المصنعة والمستخدمة في معالجة مياه الشرب تحت أربعة أنواع أساسية هي: عديد الأميد، وخلات السليلوز، وثلاثي خلات السليلوز، والغشاء المركب. ويتميز الشكل المثالي للأغشية بنسبة عالية من المساحة السطحية إلى الحجم، ومقاومة عالية ضد تسمم الوسط (فقد كفائته) نتيجة وجود المواد الصلبة العالقة في المياه. ولكل نوع من هذه الأغشية صفات مميزة يجب أن تؤخذ في الحسبان عند الاستخدام كما هو مبين في جدول (٣).

* **أنواع الأغشية:** وتنقسم الى قسمين اساسيين هما:

- **غشاء نفاذ للمياه:** ويتضمن عمليات التناضح العكسي، والترشيح النانومتري،

والترشيح الفائق ، والترشيح الميكرومتري وفيها يتراوح حجم الجزيئات المرفوضة من المرور في عمليات الفصل النوعي بين ١ إلى ١٠ أنجستروم (١٠-٨ إلى ١٠-٤ سم)

ـ **غشاء غير نفاذ للمياه :** ويتضمن عمليات مثل الامتزاز الغشائي الكهربي والامتزاز الكهربي العكسي .

* **أشكال الأغشية :** ومن أهمها : المنسوج المجوف ، والملفوف الحلزوني ، والأنبوبي ، والمسطح ، وعلى شكل إطار حيث تعد أشكال المنسوج المجوف والملفوف الحلزوني هما الأكثر شيوعاً في معالجة المياه على المستوى المنزلي .

تصل نسبة عائد المياه المعالجة باستخدام الغشاء المنسوج المجوف من ٥٠ الى ٦٠٪ ، وفيها يتم ضخ المياه الخام تحت ضغط ٢٠٠ إلى ٤٠٠ رطل/ بوصة مربعة خلال أنبوب التوزيع ليمر خارجاً خلال ضفائر المنسوج ، وتمر المياه المضغوطة خلال جدار المنسوج المجوف عبر المسام ليتم التخلص من أغلب الأملاح الذائبة ، والمواد العضوية ، والبكتيريا .

من جانب آخر تصل نسبة استعادة المياه المعالجة باستخدام الملفوف الحلزوني بين ٥٪ إلى ١٥٪ من معدل سريان المياه الخام ، وتتميز وحدات الملفوف الحلزوني بنسبة جيدة من المساحة السطحية إلى الحجم ، وبعدم تعرضها للالتصاق أو التسمم ، إلا أنه في حالة المياه عالية التعكر يتطلب معالجتها قبل دخولها إلى وحدة المعالجة . ويمكن أن يحتوي نظام الملفوف الحلزوني ـ بحد أقصى ـ على ست وحدات غشائية متصلة على التوالي .

● الترشيح الفائق

صممت أغشية الترشيح الفائق (Ultrafilteration) لفصل العوالق والملوثات العضوية عن طريق إستغلال الخواص المسامية للأغشية ، وبالرغم أن هذه الأغشية يمكن أن تفصل بكفاءة كل المواد العالقة تقريباً ، والكائنات الدقيقة ، والجزيئات العضوية الكبيرة من المياه ، إلا أن لها تأثيراً منخفضاً في فصل المواد الصلبة الذائبة مثل الأملاح المعدنية . وإلى وقت قريب لم يجد إستخدام الترشيح الفائق في عمليات معالجة المياه الإهتمام الكافي ، بالرغم من استخدامها في عمليات التناضح العكسي ، وقد تم إدخال تعديلات عليها لتعطيها بناءً مختلفاً . وتتركب الأغشية المتاحة حالياً من بوليمرات مثل السليلوزية ، وعديدة السلفون ، و الغشاء المركب ، وفلوريد عديد فينيل الداين . كذلك تم تطوير أنظمة الترشيح الفائق مثل الملفوف الحلزوني ، والأنبوبي ، والمنسوج المجوف حيث تتراوح مسامية أغشية الترشيح الفائق مابين ٤٠ إلى ١٠٠٠ أنجستروم . وبالتالي يمكن أن تستخدم بفاعلية لإزالة الأجسام الغروية الأقل من ميكرون بسهولة ، فضلاً عن إزالة الكائنات الدقيقة ودقائق الطمي ، والمركبات العضوية ذات الوزن الجزيئي الكبير . وبالرغم من أن أغشية الترشيح الفائق المستقلة يمكن أن تنتج نسبة أستعادة للمياه تتراوح مابين ٢٠٪ إلى ٣٠٪ حسب ظروف التشغيل مثل الضغط ، معدل التدفق ، إلا أنه يمكن تحويل النظام إلى مراحل لينتج نسبة عائد عالية تصل إلى ٨٠٪ .

وفي حالة أنظمة معالجة المياه المنزلية عند نقطة الدخول يمكن إستخدام النظام الذي يدخل فيه المحلول المركز الناتج من المرحلة الأولى للترشيح (الترشيح العادي) إلى مرحلتين أخرتين، ومن أهم المشاكل الناتجة عن إستخدام الأغشية مايلي :

* **مشاكل ميكروبيولوجية :** وتنحصر في عدم فعالية هذه الأغشية في منع المرور الكامل للبكتيريا والفيروسات . فضلاً عن أن تواجد المواد غير العضوية ، وكثافة البكتيريا ، ودرجة الحرارة ، والرقم الهيدروجيني ، والمطهرات يمكن أن يؤثر على أداء الغشاء وعمره ، وبالتالي إحتمالية تعرض صحة المستهلكين للخطر بنفس الطريقة التي تم وصفها سابقاً عند التطرق لمشاكل استخدام الكربون المنشط .

وزيادة على أن الظروف المتوفرة في الأغشية والمتمثلة في مساحة سطحية كبيرة دائمة البلل ، ودرجة حرارة الغرفة الدافئة تمثل جميعها ظروف مناسبة لنمو البكتيريا وتكاثرها ، كما يمكن للطبقات الحيوية المتكونة أن تحتفظ بالمواد الذائبة والعالقة ، فتستخدمها البكتيريا كغذاء ، وهذه الطبقات علاوة على تسميمها للوسط الغشائي يمكن أن تحمي البكتيريا من آثار المواد المطهرة . كذلك يمكن لنوعية الماء الناتج أن تسوء نتيجة ما يسمى "إستقطاب التراكيز" وتعني زيادة مرور الأملاح نتيجة تجمعها في الطبقة الحيوية المتكونة .

* **مشاكل كيميائية :** وتنحصر في أن تقنية الترشيح الغشائي تعجز عن إزالة الملوثات ذات الآثار الصحية الضارة مثل المبيدات أو النترات ، وهما من الملوثات الشائعة في المياه الجوفية ، وعليه فمن الضروري إختيار الغشاء المناسب لإزالة هذه الملوثات ، فمثلاً يجب إستخدام الشريحة المركبة الرقيقة لإزالة النترات بسبب أنها سهلة المرور خلال الأغشية السليلوزية .

● التبادل الأيوني

تستخدم خاصية التبادل الأيوني لإزالة المركبات التي لها علاقة بالناحية الجمالية في الغالب وليس التي ينتج عنها مشاكل صحية .

وتعد راتنجات التبادل الأيوني (Ion Exchange Resins) من أهم المواد المستخدمة في عمليات التبادل الأيوني، وبالرغم من فعالية راتنجات التبادل الأيوني في عمليات تيسير المياه إلا أن لها مشاكل تتمثل فيما يلي :-

المتغير	نوعية الغشاء المتبلمر			
	عديد الأمين	خلات السليلوز	ثلاثي خلات السليلوز	الغشاء المركب الرقيق
الرقم الهيدروجيني	٤ – ١١	٢ – ٨	٤ – ٨	٢ – ١٢
الكلور	ضعيف	جيد	جيد جداً	جيد
المقاومة الحيوية	جيد	ضعيف	جيد جداً	جيد
التسمم	متوسط	منخفض	منخفض	متوسط/عالي
التنظيف	جيد	ضعيف – معتدل	ضعيف – معتدل	جيد
درجة حرارة الثبات (°م)	٣٥	٣٥	٣٠	٥٠
رفض مرور النوعيات الأيونية (٪)	أكبر من ٩٠	٩٠	٩٠	أكبر من ٩٠
رفض مرور المركبات العضوية (٪)	صفر – ٩٠	صفر – ٣٥	–	صفر – ١٠٠

● جدول (٣) مقارنة أداء الأغشية المتبلمرة المختلفة الأنواع

* **مشاكل ميكروبيولوجية :** ومن أهمها النمو البكتيري في وحدات التبادل الأيوني ، حيث يمكن أن يصل مستواه في المياه المعالجة إلى أعلى من مستواه في المياه الخام . وبالرغم من وجود هذه الظاهرة في أوساط الترشيح الأخرى إلا أن عمليات إعادة التنشيط أو الغسيل العكسي ، أو التخلص من كمية المياه الناتجة في البداية يمكن أن يخفض من العدد البكتيري في الوسط المعالج ، ومع ذلك فإنه مازال من الضروري معالجة المياه الناتجة بالتطهير للتأكيد على حماية المستهلك .

* **مشاكل كيميائية:** وتنحصر في أن استخدام نظام التبادل الأيوني الموجب ينجم عنه مستويات عالية من الصوديوم ، مما يؤثر على مرضى إرتفاع ضغط الدم والقلب ، ومع ذلك فأن استخدام نظام تناضح عكسي بعد عملية التبادل الأيوني يعد خياراً أفضل لتقليل الصوديوم إلى مستويات منخفضة جداً .

من جانب آخر ينجم عن استخدام نظام تبادل أيوني سالب إنخفاض الرقم الهيدروجيني ، مما يؤثر على لحامات التوصيلات المنزلية ، وينتج عنه مستويات عالية من النحاس والحديد ، أو الرصاص ، بالإضافة إلى تقصير عمرها . كذلك فإن الإزالة الانتقائية للملوث تعد من الإعتبارات التي يجب الإهتمام بها في عمليات التبادل الأيوني السالب، وعلى سبيل المثال فإن أيون الكبريتات يكون المفضل لأغلب راتنجات التبادل الأيوني السالب عن أيون النترات ، مما يؤدي إلى خفض سعة تبادل الراتنج بالنسبة للنترات ، وبالتالي يؤدي إلى تسربها إلى المياه المعالجة معرضة المستهلك إلى أخطار صحية محتملة.

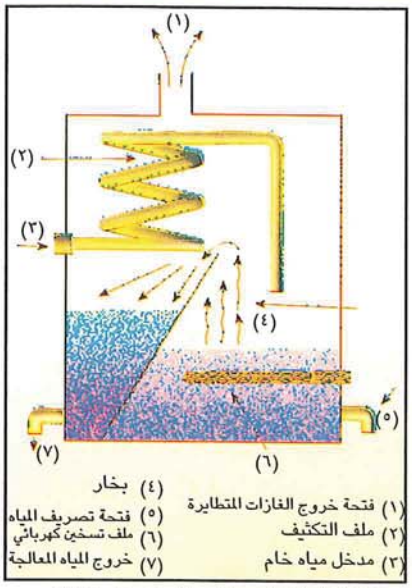
● التقطير

يعرف التقطير (Distillation) بالعملية التي يتم فيها سحب الغاز أو البخار من السوائل عن طريق التسخين ثم تكثيفه وتحويله مرة أخرى إلى سائل ، وبالتالي فإن عملية التقطير هي استخدام التبخير لتنقية المياه ، وعند تسخين المياه لتكوين بخار فإن المعادن الذائبة (المركبات غير العضوية) ، والمواد العضوية غير المتطايرة ، والمواد العالقة لاتتبخر مع المياه وتستقر في إناء الغليان . ويوجد نوعان لأنظمة التقطير المنزلي هما التبريد بالهواء والتبريد بالمياه ، ويعد التقطير مؤثراً للغاية في إزالة المركبات غير العضوية مثل المعادن (الحديد والرصاص) ، والنيترات ، والعسر (كالسيوم ومغنيسيوم) ، والمواد العالقة من المياه ، وتتمثل أهم ميزات عمليات التقطير في القضاء على أغلب أنواع البكتيريا وبعض الفيروسات الموجودة بالمياه عند درجات الحرارة العالية ، الا أنه بالنسبة للنوعيات التي لم تتأثر بالحرارة فهي تخرج من المياه مصاحبة للبخار المتصاعد ، وتختلف فعالية التقطير في إزالة المركبات التي لها درجة غليان أعلى من درجة غليان المياه مثل بعض المبيدات الحشرية التي يمكن إزالتها بفاعلية من المياه ، وبالنسبة للمركبات العضوية المتطايرة فإنها سوف تتبخر عند درجات حرارة قبل غليان المياه ، ويجب إزالتها عن طريق فتحة تهوية إلى الجو ، وإذا لم يتم إزالتها قبل عملية التكثيف فإنها سوف تلوث المياه المعالجة .

وتحتاج وحدات التقطير ، شكل (٢)، إلى تيار كهربائي عالي نسبياً يصل لحوالي ٣ كيلووات ـ ساعة لكل جالون من المياه المعالجة ، ولخفض الاستهلاك الكهربائي فإن بعض الوحدات تزودّ بأوعية تسخين أولية وفاصل تلقائي لقطع التيار الكهربائي .

* **مشاكل ميكروبيولوجيه :** بالرغم أن أغلب البكتيريا الموجودة في المياه الخام تقتل تحت تأثير درجات الحرارة العالية ، إلا أنه يوجد بعض الأنواع التي لا يتم القضاء عليها فتنفصل من المياه مع البخار المتصاعد ، وهناك مخاطرة أخرى من أن التلوث الميكروبي يمكن أن يحدث نتيجة إحتكاك الهواء بالمياه المعالجة بغرض تحسين طعم المياه الناتجة بإذابة كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون فيها .

* **مشاكل كيميائية :** ومن أهمها تأثير إزالة كل المعادن الهامة ، إذ أن ذلك يؤثر بطريقة غير مباشرة على صحة المستهلك ، حيث تمثل المياه حوالى ٥٪ كمصدر للمعادن الضرورية لجسم الأنسان ، كذلك فإن إزالة الملوثات العضوية المتطايرة والتي لها درجة غليان قريبة من درجة غليان الماء تعد صعبة ، حيث أن هناك احتمال قوي لتجمعها في المكثف وبالتالي في المياه المعالجة . وحلاً لهذه المشكلة تم تزويد



● شكل (٢) وحدة معالجة مياه بالتقطير

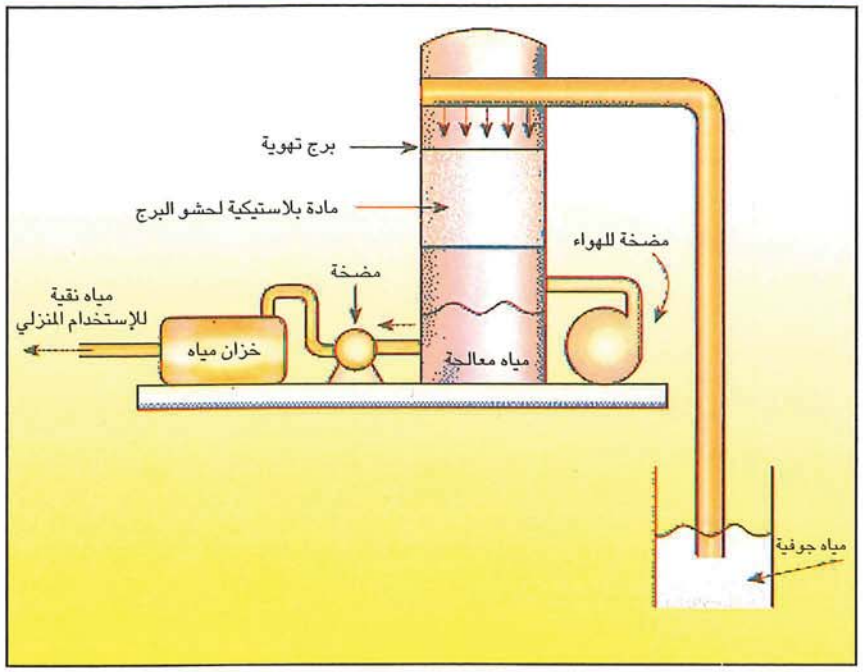
وحدات التقطير بنظام التهوية للغازات المتطايرة أو غرف معالجة قبل التسخين ، أو وحدات معالجة مثل حبيبات الكربون المنشط .

● المعالجة بالتهوية

برهنت تقنية التهوية (Aeration) داخل الأبراج المعبأة على كفاءتها لإزالة المواد العضوية المتطايرة من مصادر مياه الشرب ، وفي هذا النظام تدخل المياه المراد معالجتها من فوهة برج التهوية حيث تتحرك إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية بينما يتم ضخ الهواء من أسفل إلى أعلى خلال فتحات ضيقة باستعمال مضخات ميكانيكية ، ويحتوى البرج على مواد حشو خاملة عادة من مادة البلاستيك لتزيد من مساحة تقابل سطحى الهواء/ماء لتحسين ظروف حركة الكتلة ، شكل (٣) ، وتتلخص فعالية تقنية المعالجة بالتهوية في إنتقال المواد العضوية المتطايرة من الماء إلى الهواء الذي يخرج إلى الجو . وتعتمد درجة الإزالة على عدة عوامل منها :

١ـ نسبة الهواء الى الماء .
٢ـ نوعية مادة الحشو .
٣ـ إرتفاع طبقة الحشو .
٤ـ معدل التحميل المائي .
٥ـ نوع وتركيز المواد العضوية المتطايرة المراد إزالتها .

ويستخدم الفصل بالتهوية في تطبيقات معالجة المياه المنزلية خاصة في ظروف وجود تراكيز عالية من المواد



● شكل (٣) نظام معالجة المياه المنزلية بالتهوية

العضوية المتطايرة ، وقد تستخدم المعالجة بالتهوية في إزالة غاز الميثان الذي يتواجد في آبار المياه القريبة من حقول البترول أو الغاز الطبيعي أو الأرض المخصصة للتخلص من المخلفات .

***مشاكل ميكروبيولوجية :** ومن أهمها أن إستخدام وحدات البرج المعبأ في أغلب الأحوال يرتبط توصيله بوحدة تطهير المياه بعد المعالجة ـ وحدة كلور أو أشعة فوق بنفسجية ـ بالرغم من عدم وجود دلائل قوية على نمو طبقات بيولوجية على سطح المواد المعبأة للبرج في تطبيقاته على مياه الشرب .

*** مشاكل كيميائية :** وتنحصر في أن عمليات التهوية ينتج عنها مياه أكثر نشاطاً نتيجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون في المياه حيث يمكن أن تسبب أو تزيد من معدل تآكل سخانات المياه ، واللحامات ، ومواد فواصل التوصيلات ، وبالتالي إحتمال تعرض المستهلك إلى مستويات عالية من الرصاص ، والنحاس ، والحديد .. الخ .

● الألومينا المنشطة

تعد الألومينا المنشطة (Activated Alumina) الأكثر إستخداماً لإزالة الفلوريدات من مياه الشرب مع إمكانية إزالة كل من الزرنيخ ، والكروم ، والسيلينوم ، والزئبق غير العضوي ، و تتم إزالة الملوثات بالألومينا المنشطة عن طريق عملية التبادل /الادمصاص ، وبالتالي تعد الخواص السطحية للألومينا عاملاً هاماً في إكسابها خواصاً لإدمصاص العناصر ، وتعد خاصية إدمصاص الفوريدات وإزالتها واحداً من المزايا التي تتصف بها الألومنيا المنشطة بسبب أن سعة الوسط لا تتأثر كثيراً بوجود أيونات منافسة مثل الكبريتات ، الكلوريدات ، أو البيكربونات .

*** إعتبارات ميكروبيولوجية :** ومن أهمها أنه رغم انخفاض بكتيريا القولون خلال مرشح الألومينا المنشطة الا أن نمو البكتيريا غير القولونية على الوسط تتزايد بسبب تكاثر بكتيريا العدد الكلي عادة على أوساط المرشحات . ولتلافي هذا العيب يكفي فتح الصنبور لمدة قصيرة للتخلص من هذه المستويات العالية .

● التطهير والأكسدة

بالرغم من أهمية إزالة الملوثات العضوية وغير العضوية من مياه الشرب للتحكم في أو إزالة الآثار الصحية المزمنة والتي تنتج عن وجود الملوثات ، إلا أنه بنفس الأهمية ـ أو أكثر ـ يمكن التحكم في أو إزالة الملوثات الميكروبية والتي يمكن أن تحدث مشاكل صحية حادة . ولتحقيق هذا الهدف يلزم استخدم مطهر للتحكم في مصدر البكتيريا ، والفيروسات ، والأكياس الجرثومية عند تواجدها في مصادر المياه .

لذا فمن الضروري أن تلي كل عمليات المعالجة عمليات تطهير للتأكد من خلو المياه من الجراثيم المرضة ، ومن أهم المطهرات التي تستخدم عادة في أنظمة المرشحات المنزلية سواء المستعملة عند نقطة الدخول أو نقطة الاستعمال مايلي :

***الأشعة فوق البنفسجية :** وتعد الوسيلة الأكثر شيوعاً في عمليات التطهير المصاحبة لطرق المعالجة المنزلية المتنوعة ، ومن أهم ميزات التطهير بالأشعة فوق البنفسجية أنه لاينتج عنها طعم ، ورائحة ، أو مركبات ثانوية ، كما تتميز بسرعة عملها إلى جانب سهولة صيانة أجهزتها، وتصنع أنظمة التطهير بالموجات فوق البنفسجية لمعالجة حجوم مختلفة من المياه تتراوح بين ٥ر٠ جالون / دقيقة إلى عدة مئات من الجالونات في الدقيقة ، وأغلب هذه الأجهزة لها فترة عمر تتراوح ما بين ٦٠٠٠ الى ١٢٠٠٠ ساعة عمل ، ومن أكثر المصادر شيوعاً هي إستخدام مصابيح الكوارتز المحتوية على غاز الزئبق تحت ضغط منخفض ، وتبلغ نفاذية أنابيب الكوارتز حوالي ٩٣٪ من طاقة الأشعة منها ٨٥٪ عند طول موجة ٢٥٣ر٧ نانومتر ، وهي قريبة جداً إلى طول الموجة مثالية التأثير على قتل الجراثيم بسبب سهولة اختراقها لجدران خلايا البكتيريا لتمتصها خلال الأحماض النووية مسببة تدميراً وراثياً لها .

*** الأوزون :** و يستخدم في معالجة مياه الشرب بهدف التطهير وأكسدة المواد العضوية وغير العضوية ، والأوزون غاز نشيط التفاعل ولكنه غير ثابت ، ولهذا السبب يجب تحضيره واستخدامه في الموقع نفسه ، وتختلف فترة نصف عمر الأوزون في المياه تبعاً لنوعية المياه ، ولكنها عامة لاتزيد عن ساعات قليلة ، بل ربما دقائق عديدة ، ويحضر الأوزون حالياً إما بالتعرض للأشعة فوق البنفسجية أو بالتفريغ الكوروني (الكهربي) .

يستخدم الهواء كمصدر لتوليد الأوزون في أنظمة المعالجة المنزلية ، ويتراوح تركيز غاز الأوزون الناتج عن التعرض للأشعة فوق البنفسجية بين ٠١ر٠ـ١ر٠٪ بالوزن بينما ينتج عن طريق التفريغ الكهربي مابين ١ـ٣٪ بالوزن ، وحالياً توجد أنابيب أشعة فوق بنفسجية

بموجة طولها ١٨٥ نانومتر تنتج أوزون بحد أدنى ٥ر٠ جم /ساعة لكل أنبوبة ، بينما تنتج أنابيب مولدات الأوزون باستخدام التفريغ الكهربى المغذاة بهواء جاف حوالي ٢ جم/ ساعة ، وبترتيب معين لبعض من هذه الأنابيب يمكن أن تصل معدلات التوليد إلى ٣٦ جم/ ساعة .

وهناك اعتقاد بأن الأوزون يعد بديلاً جيداً عن الكلور بسبب عدم تكوينه ثلاثي هالوجين الميثان ، وهو مركب ثانوي ضار ينتج عن استخدام الكلور كمطهر ، ومع ذلك فقد تم التعرف على مركبات ثانوية تنتج عن استعمال الأوزون والتي يمكن أن تؤدي الى نفس آثار تكوّن ثلاثي هالوجين الميثان والذي تم تقنين وجوده بالمياه ، كذلك فإن الأكسدة الجزئية لهذه المركبات العضوية الثانوية يمكن أن ينتج عنها مركبات ذات تأثير صحي أسوأ من تأثير المركبات الأولى.

* **الكلور :** ويعد من أكثر المعقمات إستخداماً لتطهير مياه المصادر العمومية ، وعند إختلاطه بالمياه يكوّن حامض الهيبوكلوروز (HOCl) وأيون هيبوكلوريت (OCl^-) بكميات تعتمد على الرقم الهيدروجيني للمياه ، ومن الأهمية حفظ الكلور في صورة (HOCl) بقدر الإمكان نظراً لأن له قوة أكسدة تفوق بـ ١٠٠ مرة أكسدة أيون (-OCl) ، وبجانب الرقم الهيدروجيني فإن وظيفة الكلور تتأثر بوجود المركبات العضوية وغير العضوية .

وتستخدم الأنظمة المائية الخاصة عادة كلور سائل (هيبوكلوريت الصوديوم) أو كلور جاف (هيبوكلوريت الكالسيوم) ، ولتجنب ترسب عناصر العسر على الأنظمة المستخدمة يوصى باستخدام مياه ميسرة ، مقطرة ، أومنزوعة المعادن لعمل محاليل الكلور .

* **اليود :** ويوجد العديد من الطرق لإستعماله في تطهير المياه بسبب أنه لايرسب الحديد أو المنجنيز ، ولعدم تأثر قوته على الأكسدة بالرقم الهيدروجيني العالي للوسط على عكس الكلور أو بوجود مواد عضوية أو أي مواد تحتوى على النيتروجين ، ويعد اليود في حالته كعنصر أو كحامض من أكثر المواد المؤثرة كمطهر ، وبالرغم من أن الكلور يعد أكثر فعالية للتحكم في الكائنات الدقيقة كمعقم إلا أن الكلور من الصعب المحافظة على استمرارية تواجده وخاصة في وجود النشادر ، وعليه وبسبب أن اليود لايتفاعل مع النشادر فإن تأثيره يمتد لمدة أطول.

عالم في سطور

حنين بن إسحاق

هو أبو زيد حنين بن إسحاق العبادي ولد في الحيرة بالعراق سنة ١٩٤هـ ٨٠٩م ثم إنتقل الى بغداد بقية حياته حتى توفي فيها سنة ٢٦٤هـ ٨٧٧م تعلق بعلوم الطب منذ صغره شجعه على ذلك والده الذي كان يعمل بالصيدلة وتحضير العقاقير ، وقد تنقل حنين بن أسحاق كثيراً بين البلدان والامصار طلباً للعلم و الإطلاع ، اشتهر بالفصاحة والتمكن من اللغة والآداب والثقافة العلمية ، كما يعد رائد الترجمة في الحضارة الاسلامية ، حيث ترجم كثير من العلوم الى العربية وشهرته في الترجمة ربما تكون قد غطت على جهوده في الطب حيث بلغت مؤلفاته حوالى ثلاثين مؤلفاً مابين كتاب ورسالة ومقالة منها مايلي :

١ـ رسالة العين على طريقة السؤال والجواب .
٢ـ كتاب تركيب العين .
٢ـ كتاب في الرمد .
٤ـ مقالة في تكوين الجنين .
٥ـ كتاب المولود لسبعة أشهر .
٦ـ كتاب مسائل في الطب .
٧ـ كتاب العشر مقالات في العين ، الذي يعد أقدم ما كتب في امراض العين بطريقة علمية منظمة وتحتوي هذه المقالات على طبيعة العين وتركيبها ، طبيعة الدماغ ومنافعه ، عصب البصر، حفظ الصحة ، أسباب الأعراض الكائنة في العين ، علامات أمراض العين ، الأدوية العامة ، أجناس أدوية العين ، مداواة أمراض العين ، الأدوية المركبة لموافقة لعلل العين .
٨ـ رسالة نقدية في الترجمة .
٩ـ كتاب حفظ الاسنان واصلاحها .
١٠ـ كتاب الترياق
١١ـ كتاب في الحميات .
١٢ـ كتاب في النبض .
١٣ـ كتاب في أوجاع المعدة .
١٤ـ كتاب في أسرار الأدوية المركبة .
١٥ـ مقالة في تولد الحصاة .

● تراجم حنين بن اسحاق :

ترجم حنين بن اسحاق العديد من علوم الطب والطبيعة والهندسة والفلسفة وغيرها ومعظم تراجمه كانت لعلماء اليونان وذكر العلماء أنه ترجم الى اللغة السريانية ٩٥ كتاباً والى اللغة العربية ٣٩ كتاباً .

● ومن أهم المؤلفات التي ترجمها :

١ـ كتاب الطبيعيات والأخلاق لأرسطو .
٢ـ كتاب المعادن لأرسطو .
٣ـ كتاب القوانين لأفلاطون .
٤ـ كتاب الكسر لأبقراط .
٥ـ كتاب الأدوية المفردة لجالينوس .

والكثير الكثير من الكتب التي لايتسع المجال لذكرها هنا ، وقد شجع الخلفاء العباسيين حنين بن اسحاق على القيام بهذه الاعمال الجليلة .

المصادر :ـ

ـ كتاب أعلام حضارتنا، د. فاضل العبيد عمر .

تكلفة إنتاج مياه الشرب

أ. عدنان جمال الساعاتي

تحتاج مشاريع إنتاج مياه الشرب وتنقيتها ونقلها وتوزيعها للمستهلكين في المناطق الحضرية إلى استثمارات مالية كبيرة . وتعد تكلفة الإنشاء والتشغيل عنصراً هاماً في تحديد الجدوى الإقتصادية لمشاريع المياه ، والمفاضلة بين الحلول البديلة لتامينها ، وتحديد مراحل تطوير مكونات هذه المشاريع لمواجهة احتياجات المياه الحالية والمستقبلية .

يهدف هذا المقال إلى إعطاء فكرة مختصرة ومبسطة لعناصر التكلفة وحجم الاستثمارات المالية المطلوبة لإنشاء وتشغيل مشاريع إنتاج المياه الجوفية ومحطات تحلية مياه البحر . كما يهدف إلى توضيح أهم العوامل التي تؤدي إلى تباين تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب من مصدر لآخر .

نظام إمداد مياه الشرب

ينظر إلى مشاريع تأمين مياه الشرب للمدن كنظام متكامل يبدأ من مصدر الماء وحتى وصوله عذباً نقياً للمستهلكين في منازلهم وأماكن أنشطتهم المختلفة ، ولايمكن تجزئة النظام إلا لأغراض الدراسة وتحديد المسؤليات والتنفيذ والمتابعة . ويتألف نظام إمداد مياه الشرب كما هو مبين في الشكل (١) من أربعة أجزاء رئيسية هي :

* **أعمال أعداد مصدر الماء :** وتشمل تجهيز حقل الآبار وخطوط تجميع المياه في مشاريع المياه الجوفية أو سدود تجميع مياه الأمطار أو مآخذ مياه البحر في مشاريع تحلية المياه المالحة .

* **محطة التنقية :** ويتم فيها تنقية الماء الخام طبقاً لنوعية وأهداف التنقية ، وغالباً ما تشتمل محطات تنقية المياه الجوفية العميقة على عمليات التيسير والترشيح وإزالة الأملاح باستخدام التناضح العكسي أو الفرز الكهربائي ثم التعقيم . وتشمل مشاريع محطات التنقية بناء خزانات تجميع المياه المنقاة ومحطة الضخ إلى المناطق الحضرية ، أما محطات تحلية مياه البحر في المملكة ، وبخاصة المحطات كبيرة الحجم فغالباً ما يستخدم فيها التبخير الوميضي متعدد المراحل لإزالة الأملاح الذائبة يليها الإعذاب بالتناضح العكسي .

* **خطوط نقل المياه :** وتشمل محطات الضخ ويتم إنشاؤها لنقل المياه إلى المدن المراد تزويدها بمياه الشرب كخطوط نقل المياه من محطة التحلية بالجبيل إلى الرياض .

* **شبكة توزيع المياه على المستفيدين :** تشمل شبكة الأنابيب الرئيسة والفرعية ومحلقاتها كمحطات الضخ والخزانات والمحابس والصمامات .

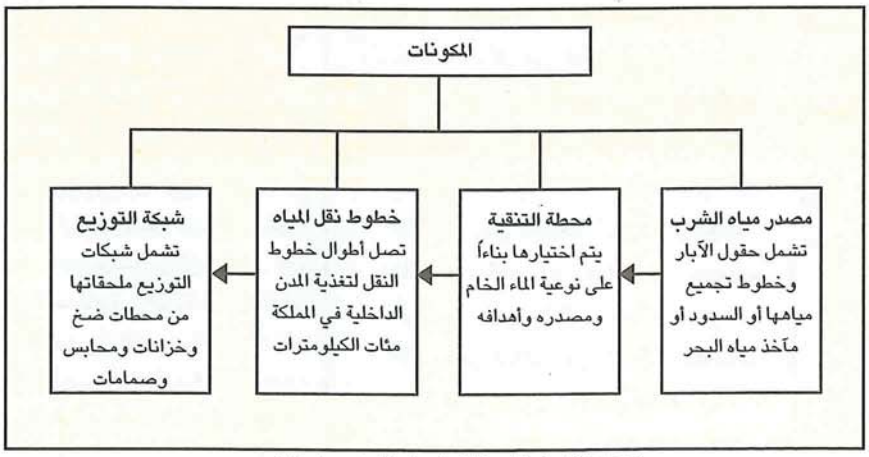
عناصر تكلفة مشاريع المياه

يمكن تقسيم تكلفة مشاريع مياه الشرب إلى عنصرين رئيسين هما التكلفة الرأسمالية وتكلفة التشغيل والصيانة كما هو موضح في الشكل (٢) :

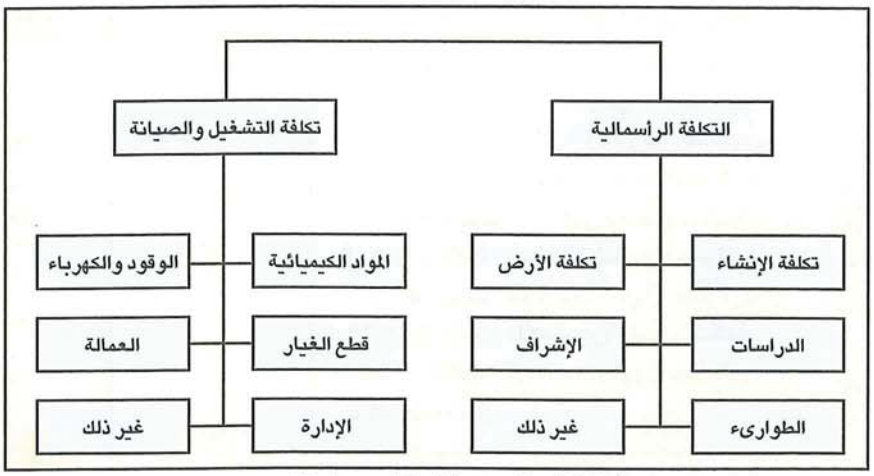
* **التكلفة الرأسمالية:** وتشمل التكلفة المباشرة للإنشاء بالإضافة إلى تكاليف الدراسات والتصاميم والإشراف على التنفيذ ومصاريف الطوارىء وغيرها من التكاليف .

* **تكلفة التشغيل والصيانة:** وتشمل عدداً من العناصر أهمها تكلفة أجور العاملين والوقود والكهرباء والمواد الكيميائية وقطع الغيار كاستبدال أغشية التناضح العكسي بالإضافة إلى المصاريف الإدارية .

وغالباً ما تشمل عقود مشاريع إنتاج مياه الشرب من مصادر المياه الجوفية في المملكة تكلفة إنشاء حقول الآبار وخطوط تجميعها بالإضافة إلى تكلفة محطات



شكل (١) مكونات نظام إمداد المدن بمياه الشرب .



● شكل (٢) عناصر تكلفة مشاريع مياه الشرب .

التنقية وخطوط نقل مياهها المنقاة للمناطق الحضرية كعقد مشروع محطة التنقية في عنيزة .

ويمكن حساب تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب كحاصل جمع التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة والتكلفة الرأسمالية بعد تحويلها إلى تكلفة سنوية (يعبر عنها بتكلفة الأصول الرأسمالية طبقاً لمبادىء الاقتصاد الهندسي) وقسمة الناتج على كمية المياه التي يتم إنتاجها من محطة التنقية في السنة . وتتأثر تكلفة الأصول الرأسمالية بفرضيات العمر الاقتصادي لعناصر المشروع ومعدل الفائدة . ويعد تكلفة إنتاج المتر المكعب معياراً مهماً لقياس تكلفة مشاريع المياه وعاملاً رئيساً في تحديد سياسات تسعير المياه .

تكاليف محطات نموذجية مختارة

تختلف تكاليف محطات مياه الشرب باختلاف نوع المياه والمنطقة المنشأ بها المحطة . ويمكن ابراز نموذجي تلك التكاليف في المثاليين التاليين :-

● محطة تنقية مياه جوفية في المملكة

يوضح الجدول (١) التكاليف التقديرية لأحد المشاريع النموذجية لإنتاج مياه الشرب من مصدر مياه جوفية عميقة قدرت ملوحتها بحوالي ١٣٠٠ جزء في المليون تقريباً ، حيث تم تصميم محطة التنقية بطاقة إنتاجية تقدر بحوالي ٥١ ألف متر مكعب يومياً ، وقدرت تكلفة إنشاء حقل الآبار المكون من عشرة آبار بحوالي ٢١,٨ مليون ريال . أما محطة التنقية المشتملة على عمليات التيسير والترشيح وإزالة الأملاح بالتناضح العكسي والكلورة وخزانات مياه الشرب ومحطة الضخ ومحطة توليد الطاقة الكهربائية ومباني الإدارة والمختبرات وورش الصيانة فقدرت تكاليفها بحوالي ١١٠ مليون ريال ، بينما قدرت تكلفة الخط الناقل للمياه إلى مشارف المدينة بطول ١٥ كيلومتر بحوالي ١١,٦ مليون ريال . من جانب آخر قدرت تكلفة التشغيل والصيانة بحوالي ١٠,٢ مليون ريال سنوياً بسعر الكهرباء المدعوم من قبل الدولة . وعليه فان تكلفة إنتاج المتر المكعب من المياه المنقاة في هذه المحطة تقدر بحوالي ١,٨٤ ريال لسعر الكهرباء غير المدعوم . وحوالي ١,٦ ريال للسعر المدعوم. مما يجدر ذكره أن هناك أيام مخصصة لصيانة الآبار وأن التكلفة الموضحة لاتشمل تكلفة توزيع المياه في شبكة التوزيع في المدينة المستفيدة .

العناصر	التكلفة *
أ – مصدر الماء	
تكلفة إنشاء حقل آبار مكون من عشرة آبار	٢١,٨
ب – محطة التنقية	
التيسير	٨,٧
الترشيح	٩,٩
التناضح العكسي	٤٣,١
التخلص من مياه الرجيع	١٠,٥
تخزين المياه المنقاه	٤,٣
محطة الضخ	٦,٣
محطة توليد الطاقة الكهربائية	١٢,٨
المباني	١٤,٧
إجمالي التكلفة	١١٠,٣
ج– خط نقل المياه من محطة التنقية	
تكلفة خط النقل بطول حوالي ١٥ كيلومترا	١١,٦
د – التكلفة الرأسمالية للمشروع	
إجمالي تكلفة الإنشاء (١+ ب + ج)	١٤٣,٧
التكلفة الرأسمالية التقديرية (١٢٠٪ تكلفة الإنشاء)	١٧٢,٤٤
استرجاع الأصول الرأسمالية سنوياً (٧٪ ، ٢٠ سنة)	١٦,٢٨
هـ – تكلفة التشغيل والصيانة	
التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة بسعر الكهرباء المدعوم	١٠,٢
التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة بسعر الكهرباء بدون دعم	١٤,٢٨
و – تكلفة انتاج المتر المكعب من الماء	
إجمالي التكلفة بدون دعم (مليون ريال سنوياً)	٣٠,٥٦
إجمالي التكلفة بالدعم (مليون ريال سنوياً)	٢٦,٤٨
انتاج المياه السنوي (مليون متر مكعب سنوياً)	١٦,٦٤
متوسط تكلفة الإنتاج بدون دعم (ريال /م٣)	١,٨٤
متوسط تكلفة الإنتاج بالدعم (ريال /م٣)	١,٥٩

* مليون ريال أو كما هو موضح.

● جدول (١) عناصر تكلفة مشروع نموذجي لإنتاج مياه شرب في المملكة

● محطة تنقية مياه جوفية بولاية فلوريدا

يوضح الجدول (٢) المعلومات المتعلقة بمحطة نموذجية بطاقة تصميمية حوالي ٤٥ ألف متر مكعب يومياً لإعذاب مياه جوفية تصل ملوحتها إلى ١٦٠٠ جزء في المليون باستخدام التناضح العكسي ، حيث قدرت تكلفة الإنتاج بحوالي ١,٢٠ ريال/م٣ من المياه .

وتجدر الملاحظة أن ارتفاع تكلفة الإنتاج في المحطة النموذجية في المملكة مقارنة بهذه المحطة يمكن أن يعزى للتكاليف الرأسمالية الإضافية لإنشاء وحدة تقطير مياه الرجيع وبحيرة التخلص من المياه العادمة في المحطة .

ويوضح الجدول (٢) أيضاً تكلفة إنتاج المياه بتحلية مياه البحر في محطة مقامة في ولاية فلوريدا على ساحل المحيط الأطلسي طاقتها التصميمية حوالي ٣٨ ألف متر مكعب يومياً ، حيث قدرت تكلفة الإنتاج بحوالي ٣,٨١ ريال/م٣ . وتجدر الإشارة إلى أن محطات إنتاج مياه البحر بالتناضح العكسي قد أضحت منذ منتصف التسعينات الميلادية منافساً للمحطات التي تستخدم التبخير الوميضي متعدد المراحل ، نتيجة لإنخفاض تكلفتها الرأسمالية وإنخفاض تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب فيها ،

عناصر التكلفة	مياه حوفية	مياه بحر
خصائص المشروع :		
السعة التصميمية (متر مكعب يومياً)	٤٥٥٠٠	٣٧٨٥٠
اجمالي الأملاح الذائبة (جزء في المليون)	١٦٠٠	٣٢٠٠٠
تقنية إزالة الملوحة	تناضح عكسي	تناضح عكسي
التكلفة الرأسمالية :		
إجمالي التكلفة الرأسمالية (مليون ريال)	٨٦,٩٤	١٨٦,٣٨
استرجاع الأصول الرأسمالية (مليون ريال سنوياً)	١٠,٠٧	١٧,٢٥
تكلفة التشغيل والصيانة :		
العمالة والصيانة (مليون ريال سنوياً)	٣,٧١	٦,٠٠
المواد الكيميائية والمستهلكات (مليون ريال سنوياً)	١,٢٢	٣,٣٨
استبدال أغشية التناضح العكسي (مليون ريال سنوياً)	١,١٣	٧,١٣
سعر الوقود والكهرباء (مليون ريال سنوياً)	٣,١٦	١٧,٢٥
إجمالي تكلفة التشغيل والصيانة (مليون ريال سنوياً)	٩,٢٢	٣٣,٧٦
تكلفة انتاج المتر المكعب من الماء		
إجمالي التكلفة السنوية (مليون ريال سنوياً)	١٩,٢٩	٥١,٠١
انتاج المياه السنوي (مليون ريال سنوياً)	١٦,١١	١٣,٤٠
متوسط تكلفة الإنتاج (ريال لكل متر مكعب)	١,٢٠	٣,٨١

● جدول (٢) تفاصيل تكاليف محطات نموذجية لإنتاج مياه الشرب

ويبين الشكل (٣) مقارنة لتكلفة الإنتاج في المشاريع الثلاثة المختارة .

العوامل المؤثرة على تكلفة الإنتاج

تعتمد تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب على العديد من العوامل التي قد تزيد التكلفة إلى أضعاف التكلفة في محطة أخرى ، ومن أهم هذه العوامل ما يلي :-

● نوعية ماء المصدر

تحدد نوعية الماء الخام عمليات التنقية المطلوبة ، وعموماً فكلما ارتفعت ملوحة الماء كلما ارتفعت التكلفة الرأسمالية وتكلفة التشغيل والصيانة وخاصة إستهلاك الطاقة الكهربائية ، وبالتالي تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب .

● تكلفة الطاقة الكهربائية

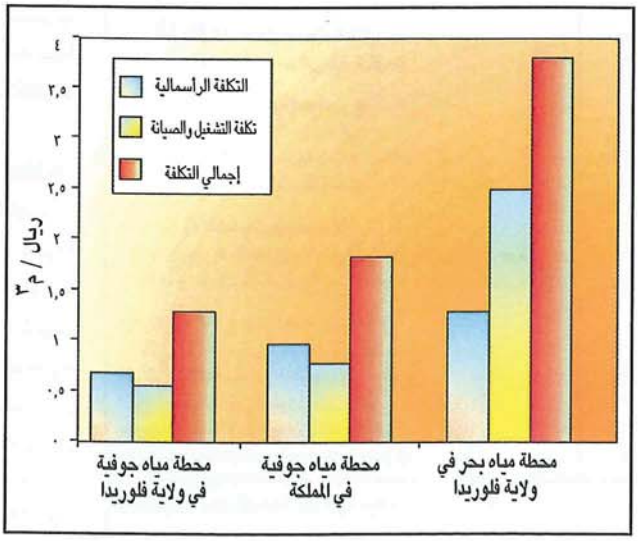
تعد تكلفة إستهلاك الطاقة الكهربائية من أهم العوامل في اختيار عمليات تنقية مياه الشرب وإعذابها ، وتجدر ملاحظة أن تكلفة إنتاج المياه تنخفض عند استخدام الوقود والكهرباء المدعومة من قبل الدولة تشجيعاً للقطاعات الصناعية في المملكة ، حيث تمثل هذه التكلفة نسبة لا تتجاوز حوالي ٢٠٪ من تكلفة الطاقة عند استخدام الأسعار العالمية .

● خصائص الموقع

يتم إنشاء بعض المحطات في مناطق نائية تتطلب توفير مرافق مساندة كمحطات توليد الطاقة الكهربائية وسكن العاملين مما يؤدي إلى زيادة تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة ، كما يؤدي بعد مصدر الماء ومحطة التنقية عن مناطق التغذية إلى ارتفاع تكلفة خطوط نقل المياه ومحطات ضخها .

● حجم المشروع وإنتاجه الفعلي

يؤثر حجم المشروع على متوسط تكلفة الإنتاج ، فكلما زادت الطاقة التصميمية للإنتاج كلما انخفضت التكلفة طبقاً لقاعدة إقتصاديات الحجم ، وكلما اقترب الإنتاج الفعلي من الطاقة التصميمية كلما أدى ذلك إلى خفض تكلفة المتر المكعب من المياه الناتجة . فعلى سبيل المثال ، يقدر متوسط تكلفة إنتاج مياه التحلية في محطة الشقيق -١ التي تغذي بعض مدن عسير (طاقة المحطة الإنتاجية حوالي ٧٦ ألف متر مكعب يومياً) حوالي ٣,٩٦ ريال للمتر المكعب بينما يقدر متوسط التكلفة في محطة الجبيل -٢ التي تغذي مدينة الرياض (طاقة المحطة الإنتاجية حوالي ٨٠٦ ألف متر مكعب يومياً) حوالي ٣,٦١ ريال للمتر المكعب ، ولاتشمل التكلفة المقدرة تكاليف نقل المياه وتوزيعها على سكان هذه المدن .



● شكل (٣) تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب في محطات نموذجية .

الاستنتاجات

مما تقدم إيضاحه يمكن الوصول إلى الاستنتاجات التالية :

١- إن تكلفة إنتاج مياه الشرب من مصادر المياه الجوفية تقل عن تكلفة إنتاج مياه البحر المحلاة لنفس الطاقة التصميمية حتى ولو تم اعتبار تكاليف نقل المياه في حالة تزويد المدن الداخلية في المملكة بمياه الشرب .

٢- إن تكلفة إنتاج مياه الشرب من مشاريع المياه الجوفية أو مياه البحر غالباً ما تزيد عن ١,٨ ريال للمتر المكعب ويمكن أن ترتفع إلى أكثر من ١٠ ريال للمتر المكعب في المشاريع الصغيرة بأسعار الوقود والكهرباء المدعومة من قبل الدولة ودون اعتبار تكاليف نقل وتوزيع المياه .

٣- إن تعريفة استهلاك مياه الشرب في المملكة تبلغ حوالي ١٢,٥ هللة للمتر المكعب عندما لا يتجاوز الاستخدام ١٠٠ متر مكعب للوحدة السكنية تمثل عبئاً مالياً حيث أن هذه التعريفة لا تتجاوز حوالي ٥٪ من التكلفة الفعلية لإنتاج مياه الشرب بينما تتحمل الدولة باقي التكلفة ، مما يؤكد أهمية ترشيد استخدام مياه الشرب والمحافظة عليها وحسن استغلالها .

كتب صدرت حديثا

نظم وعمليات الري السطحي

صدر هذا الكتاب عن مطابع جامعة الملك سعود عام ١٤١٨هـ، وقام بتأليفه **ملفن كي**، وترجمه إلى العربية **الدكتور فوزي سعيد ذيب، والدكتور أحمد إبراهيم العمود**، قسم الهندسة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود.

يقع الكتاب في ٢٥١ صفحة من القطع المتوسط مقسمة إلى إثنى عشر فصلاً، وثبت المصطلحات، وكشاف الموضوعات. تناولت فصول الكتاب بالترتيب الموضوعات التالية: المقدمة، والهيدروليكا، والري بالأحواض، والري بالشرائح، والري بالخطوط، واختيار طريقة الري، وتهيئة الأرض، والقنوات المفتوحة، والمنشآت الهيدروليكية، وخطوط الأنابيب، والتشغيل، والصيانة.

التلوث البيئي
أسبابه، أخطاره .. مكافحته

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ١٩٩٧م عند دار جفرا للدراسات والنشر، دمشق ـ سوريا وقام بتأليفه **الأستاذ الدكتور فؤاد الصالح**. تبلغ عدد صفحات الكتاب ٣٦٩ صفحة من الحجم المتوسط، مشتملة على مقدمة للمؤلف، وبابين، وملحقين، ومعجم لبعض المصطلحات العلمية.

قسُم الباب الأول (مفهوم التلوث البيئي) إلى ثلاثة فصول هي: مقدمة عامة حول التلوث البيئي، والتلوث: تكاليفه ومعالجته والتشريعات الخاصة به، والطاقة في الأنظمة البيئية.

تناول الباب الثاني (التلوث الكيماوي للبيئة، والتلوث بالاشعاع وبالضوضاء) إحدى عشر فصلاً جاءت مرتبة كالتالي: تلوث الهواء ـ مقدمة عامة، وتلوث الهواء ـ دراسة مناخية وجوية، وتلوث الهواء بالاصدارات الصناعية، والتدخين وملوثات الهواء داخل المباني، وتلوث المياه، ومعالجة تلوث المياه، والتلوث بمبيدات الحشرات والحشائش، ومواد التنظيف الكيماوية والتلوث البيئي، والنفايات المنزلية والصناعية وطرق معالجته، والتلوث الاشعاعي، والتلوث بالضوضاء.

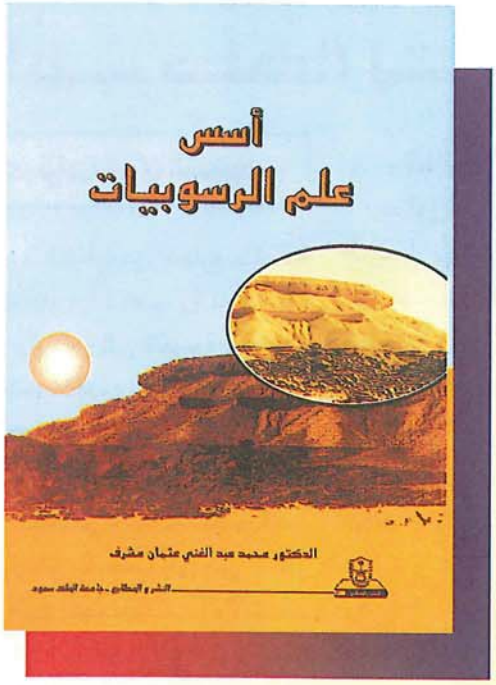
أمراض النساء

صدرت الطبعة الثانية من هذا الكتاب عام ١٤١٧هـ (١٩٩٧م) عن دار ابن كثير للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق ـ بيروت. وقام بتأليفه **الدكتور محي الدين طالو العلبي**.

يقع الكتاب في ٧٥٠ صفحة من القطع المتوسط مقسمة إلى مقدمة للمؤلف، وتعريف الأمراض النسائية، وستة عشر فصلاً، ومعالجات موضوعية، والمصادر والمراجع العربية والأجنبية، ومن آثار المؤلف.

تناولت فصول الكتاب بالترتيب الموضوعات التالية: البنية التشريحية للجهاز التناسلي عند الإناث، والدورات الطمثية ووظيفة الجهاز التناسلي عند الإناث، والتطور الجنيني للجهاز التناسلي عند الاناث وشذوذاته، وتقرير الجنس وشذوذاته، والنمو والحياة الجنسية، وأهم الأعراض، واضطرابات الطمث، ومشكلات الإنجاب، والثدي، وأذيات الجهاز التناسلي، وتبدلات وضعية الجهاز التناسلي، وإنتانات الجهاز التناسلي عند المرأة، وداء البطانة الرحمية، والأورام، وأمراض المبيض، والمعالجة بالهرمونات الجنسية.

أسس علم الرسوبيات



عرض د. عبد العاطي أحمد الصادق

صدرت الطبعة الثانية من كتاب أسس علم الرسوبيات لمؤلفه د. محمد بن عبد الغني عثمان مشرف سنة ١٤١٧هـ عن مطابع جامعة الملك سعود، وقد نال المؤلف على الطبعة الأولى من هذا الكتاب جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي في حقل التأليف وذلك في المعرض الحادي عشر للكتاب العربي في الكويت لعام ١٩٨٨م.

يقع الكتاب في سبعمائة وعشر صفحة مقسمة إلى ثمانية فصول بالإضافة إلى المراجع العربية وثبت المصطلحات العلمية، وكشاف الموضوعات.

خصص المؤلف **الفصل الأول** للتعريف بعلم الرسوبيات وعلاقته بالعلوم الأخرى حيث أشار إلى أن هذا العلم يعنى بدراسة جميع أنواع الرواسب ذات النشأة الفتاتية والكيميائية من حيث وصفها وخصائصها ومعرفة بيئات ترسيبها، إضافة إلى أن لعلم الرسوبيات علاقة متينة بالعلوم الأساسية الأخرى مثل علوم الإحياء والفيزياء والكيمياء. كما أوضح المؤلف في هذا الفصل أنه كان لعلم الرسوبيات نصيب عند العلماء المسلمين، منهم **محمد الكرخي** الذي أوضح فكرة التوازن الأراضي، وأشار إلى الدورة التضاريسية، **وأبو الريحان البيروني** الذي يعد من أعظم العلماء الذين أسهموا في تطور الفكر الجيولوجي، وقام بالربط بين المعرفة النظرية والمعرفة العلمية لفكرة تبادل اليابس والماء، **وأبو علي الحسن ابن سينا** الذي يعد مؤسس علم الأرض، وله بعض الأبحاث العلمية المتعلقة بالأرض والكون، كما أن له مجموعة من النصوص التي تضيف الكثير من حيث انتقال اليابس والماء، ويؤكد **ابن سينا** في جميع كتاباته على عنصر الزمن.

تناول المؤلف في **الفصل الثاني** الخصائص الطبيعية للحبيبات من حيث الحجم، والشكل، والترتيب الداخلي للحبيبات، والنسيج. كما أورد المؤلف طرق القياس الحجمي الحبيبي، وطريقة عرض نتائج التحليل الحجمي بيانياً باستخدام المدرج التكراري، ومنحنيات التواتر، ومنحنيات التراكم، كما عرّف المؤلف في هذا الفصل مصطلحي النفاذية والمسامية، كما تطرق إلى تقسيم المسامية إلى مسامية أولية، وهي التي وجدت أثناء استقرار الرواسب في حوض الترسيب، ومسامية ثانوية وهي التي تتكون نتيجة التغيرات المتأخرة التي تتعرض لها معظم الرواسب، ويتم ذلك بوساطة المحاليل، والتفاعلات الكيميائية أو التكسرات الميكانيكية، وموضحاً أن المسامية بنوعيها الأولية والثانوية تلعب دوراً هاماً في تراكم الزيت، والغاز الطبيعي، والماء في المسامات بين حبيبات الرواسب المختلفة.

خصص المؤلف **الفصل الثالث** لموضوع التجوية حيث بدأه بتعريف التجويه، بأنها تفتت الصخر نتيجة لعوامل التعرية المختلفة مثل الرياح والأمطار ... إلخ. ثم تحدث عن الدورة الرسوبية التي تتألف بشكل عام من مراحل التجوية وهي الحت، والانتقال، والترسيب، والتصخر، وارتفاع الصخور أو دفعها إلى أعلى (أي فوق سطح الأرض) ثم التجوية مرة ثانية.

ويذكر المؤلف ان الدورة الرسوبية تبدأ بتجوية منكشفات الصخر أو صخور القشرة الأرضية تحت حرارة عادية وضغط طبيعي، مع توفر عنصري الماء والهواء. وتتم عملية التجوية إما فيزيائياً عن طريق تكسير وتفتيت الصخر ميكانيكياً، أو كيميائياً عن طريق أكسدة وإذابة مكونات معادن الصخر، ثم ناقش المؤلف باستفاضة أنواع التجوية المختلفة.

تناول **الفصل الرابع** النقل والترسيب، موضحاً أن الجسم يصبح راسباً بعد انتهاء حركته من مكانه الأصلي وترسبه وتبدأ حركة فتات الرواسب منذ لحظة انفصالها من الصخر الأم، ثم تتعرض إلى تغيرات فيزيائية وكيميائية أثناء النقل، وأجمل المؤلف وسائل النقل في خمسة عوامل هي الماء، والهواء، وزحف الجليد، والجاذبية، وحركة الحيوانات. وأضاف المؤلف أن الترسيب يعني استقرار الجسيمات الصلبة في سائب أو مائع وتحكم قوانين الفيزياء طرق نقل وترسيب الرواسب، كما شرح المؤلف العمليات المختلفة للنقل والترسيب.

تناول **الفصل الخامس** البنيات الرسوبية. وقد بدأه المؤلف بمقدمة شرح فيها مصطلح البنيات الرسوبية، وأنها

تظهر في الصخور الرسوبية بسبب الاختلافات الموضعية في المكونات المعدنية ، أوعن طريق وضع وترتيب الحبيبات في صخر الطبقة أو ما يسمى بالطراز أو النسيج الحبيبي ، كما تدرس البنيات الرسوبية على عينات لب الصخر تحت السطحية والتي تستخرج باستخدام المثقاب الميكانيكي .

تطرق المؤلف بعد ذلك إلى تصنيف البنيات الرسوبية ، وذكر أنها تُصنّف بشكل عام إلى بنيات رسوبية أولية ، وبنيات رسوبية ثانوية ، حيث تتشكل البنيات الرسوبية الأولية نتيجة العمليات الفيزيائية ومن أمثلتها التطبق ، وعدم التطبق ، والتطبق المتقاطع ، والترقق المتقاطع ، وعلامات النيم ، والتطبق المتدرج . أما البنيات الرسوبية الثانوية فتتشكل بعد استقرار الراسب وانتهاء عملية الترسيب ، وتتكون نتيجة العمليات الكيميائية المَابَعْدِيَّة النشأة ، ومن أمثلتها الدرنات والعُقَيْدَات ، ومخروط في مخروط ، والدرنات الشعاعية ، والزوائد الصخرية وغيرها .

وللبنيات الرسوبية الأولية أهمية عظمى عند علماء الرسوبيات ، حيث تقود دراستها إلى التعرف على الظروف السائدة أثناء فترة الترسيب ، ومن ثم استنتاج بيئة أو بيئات الترسيب التي تشكل جزءاً هاماً بالنسبة لوصف سحنات الوحدات الرسوبية .

جاء **الفصل السادس** تحت عنوان الرواسب المجلوبة النشأة . وذكر المؤلف في مقدمته لهذا الفصل أن الصخور الرسوبية تغطي حوالي ٨٠٪ من القشرة الأرضية ، وتعتمد دراسة علم الطبقات وعلم الجيولوجيا البنائية على الصخور الرسوبية أساساً ، كما تحتوى الصخور الرسوبية على نسب عالية جداً من الخامات ذات القيمة الاقتصادية مثل النفط ، والغاز الطبيعي ، والفحم الحجري ، والكبريت ، والبوتاسيوم ، والجبس ، وحجر الجير ، والفوسفات ، واليورانيوم ، والحديد ، والمنجنيز ، بالإضافة للمواد المستعملة في أغراض البناء مثل الرمال وأحجار البناء وخامات الأسمنت وطين الخزف .

تطرق المؤلف بعد ذلك للحديث عن مكونات الصخور الرسوبية موضحاً أنها تتكون بشكل أساس من ثلاثة مكونات هي مكونات رواسب أرضية ، ومكونات كيميائية غير نقية (غير عادية) ، ومكونات كيميائية نقية (عادية) ، ثم تناول المؤلف أصناف الرواسب وأشار إلى أنها تتمثل في خمس أصناف بيئية هي الرواسب الكيميائية ، والرواسب العضوية ، والرواسب الأرضية ، والرواسب الفتاتية النارية ، والرواسب المتخلفة أو المتبقية ، وأبرز المؤلف هذه الأصناف الخمسة في قسمين رئيسيين هما الرواسب المجلوبة النشأة (رواسب منقولة إلى حوض الترسيب) وتشتمل على رواسب قارية (طين ، فتات سيليكا الرمل ومدَمْلكات) ، ورواسب فتات ناري (رماد ، طف ، فتات رمل ناري ، أرضية نارية) ، والرواسب الحوضية النشأة (تشكلت داخل أحواض الترسيب) وتشتمل على رواسب كيميائية (متبخرات ، جبس ، صخر الملح ، انهيدريت) ، ورواسب عضوية (فحم حجري ، أحجار الجير) ، ورواسب متخلفة أو متبقية (صخور اللاتريت والبوكسيت ..... إلخ) .

ناقش المؤلف باستفاضة التصنيف التفصيلي للرواسب مجلوبة النشأة مستخدماً مناهج مختلفة مثل منهاج المثلث متساوي الأضلاع حيث تُقسم الرواسب المنقولة طبقاً لحجم الحبيبات والتركيب المعدني لها ، و منهاج تقسيم الرواسب المفككة باستخدام نسب نظام رؤوس المثلث متساوي الأضلاع اعتماداً على حجم الحبيبات فقط .

انتقل المؤلف بعد ذلك للحديث عن أنواع الرواسب مجلوبة النشأة ، بادئاً بصخور الطين ، ثم أحجار الرمل بأنواعها المختلفة ، ثم صخور الحصى ، ومنتهياً بصخور الفتات الناري .

تضمن **الفصل السابع** وصف وتصنيف الرواسب حوضية النشأة ، والتي تعرف كذلك بالرواسب الكيميائية أو المتكونة داخل أحواض الترسيب ، وتطرق المؤلف إلى كيفية تكوين هذه الرواسب مشيراً إلى أن محاليل التجوية تشكل أهم وأعم كميات الرواسب الكيميائية ، حيث تتمثل تلك المحاليل في كل من مركبات أيونات الكربونات ، والكبريتات ، وكاتيون الكالسيوم التي تحملها مياه الأنهار بشكل واسع .

انتقل المؤلف بعد ذلك للحديث عن أنواع الصخور الكيميائية الرئيسية والتي تشتمل على ستة أنواع من الصخور هي صخور الكربونات (أحجار الجير ، دلوميت) ، وصخور المتبخرات أو البخر (جبس / إنهيدريت ، هاليت / صخر الملح ، و أملاح البوتاسيوم ... الخ) ، والصخور السيليكونية ، وصخور الفوسفات ، وأحجار حديد رسوبية ، والصخور المتكربنة . ثم قدم المؤلف شرحاً إضافياً للعمليات التي تُكَون كل صنف من أصناف الصخور المذكورة أعلاه التي تتكون منها تلك الصخور .

أفرد المؤلف **الفصل الثامن** والأخير للسحنات والبيئات الرسوبية حيث تم تناولها باسهاب مع الالتزام بالحدود التي رسمها للكتاب ، و هو أن يكون في خدمة طالب المرحلة الجامعية . وقد بدأ المؤلف هذه الفصل بتعريف كل من البيئة الرسوبية والسحنة حيث أشار إلى أن البيئة الرسوبية هي ذلك الجزء من سطح الأرض الذي يمكن تميزه من الأجزاء المجاورة بناء على الاختلافات في مجموع ظروف المتغيرات الطبيعية والكيميائية والحيوية التي ترسب تحتها الراسب ويتأثر بها ، حيث أن هناك علاقة وطيدة بين بيئة الترسيب وطبيعة الراسب المترسب فيها ، بينما عُرف السحنة بأنها ذلك الجزء الصخري لوحدة طبقية تُظْهر خواصاً تختلف بشكل كبير عن بقيةَ أجزاء تلك الوحدة الطبيعية .

إنتقل المؤلف بعد ذلك للحديث عن دراسات البيئات الرسوبية ، وأشار إلى أنه يلزم لذلك معرفة عاملين بيئيين هما : العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية التي حدثت في البيئة ، ونوعية الرواسب الرسوبية التي شكلت في هذه البيئة أو تحت هذه الظروف ، وهذا بدوره يتطلب

معرفة شيئين هما : حجم وشكل واتساع مساحة جسم الراسب (السحنة) ، ومعرفة كل من التكوين المعدني والنسيج الصخري والبنيات الرسوبية الموجودة في الراسب يضاف إلى ذلك معرفة التغيرات التي تطرأ على هذه السحن الرسوبية .

ذكر المؤلف أن البيئات الرسوبية تصنف إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي البيئات القارية وتشتمل على بيئات صحراوية وبيئات نهرية ، وبيئات بحيرية وبيئات ثلجية ، والبيئات الانتقالية (الشاطئية البحرية) وتضم بيئات الدلتا وبيئات الحواجز الرملية ، والبيئات البحرية وتشتمل على بيئات الأرصفة القارية وبيئات شعابية وبيئات العكر وبيئات لُجيَّة ، ثم قدم المؤلف وصفاً شاملاً لكل من هذه البيئات .

تضمن **الجزء الأخير** من هذا الكتاب سرداً للمراجع العربية والأجنبية وثبتاً للمصطلحات العلمية (عربي - إنجليزي ، وإنجليزي - عربي) وكشافاً للموضوعات.

من خلال استعراض هذا الكتاب يتضح جلياً الجهد الكبير الذي بذله المؤلف لاخراج مرجع رئيسي وشامل في علم الرسوبيات ، كما كُتب الكتاب بأسلوب علمي واضح مدعوماً باشكال بلغت في مجملها ١٩٤ شكلاً ، وجداول وصل عددها إلى الثلاث وثلاثين جدولاً ، كما ضم الكتاب صوراً من المنطقة العربية . وقد انعكس ذلك في الإقبال الكبير من المهتمين لاقتناء هذا السفر الهام حيث نفذت الطبعة الأولى منه في وقت قصير .

وحرص المؤلف في **الطبعة الثانية** للكتاب أن يكون الكتاب أكثر شمولاً ، كما استشهد بنتائج الأبحاث التي تحققت في السنوات الأخيرة ، مما أدى إلى إضافة مراجع إضافية تساعد الباحثين في الاستزادة من علم الرسوبيات ، أضاف المؤلف مواضيع جديدة للكتاب في هذه الطبعة مثل دراسة « معادن أحجار الرمل تحت المجهر» ، كما وزودت الطبعة بأجزاء جديدة في فصل بيئات الترسيب ، وفي موضوعات رواسب الحمل المذاب والنقل والترسيب الكيميائي .

دعوة ترشيح لجائزة

مكتب التربية العربي لدول الخليج في مجال البحوث التربوية

انطلاقاً من مهام مكتب التربية العربي لدول الخليج والمتمثلة في خدمة الأهداف التربوية والعلمية والثقافية في نطاق الدول الأعضاء بالمكتب وتطويرها ، وتشجيعاً للعمل البحثي والإنتاج العلمي في المجال التربوي ، وإثراء للحركة الفكرية ، ورعاية الإبداع والمبدعين من أبناء المنطقة ، وتقديرهم مادياً ومعنوياً ، وحفزاً للباحثين على إنتاج أعمال متميزة تخدم التربية .

يسر مكتب التربية العربي لدول الخليج أن يعلن عن جائزة المكتب للإنتاج العلمي في مجال البحوث التربوية ، وفقاً لما يلي :

أولاً : شروط التقدم للجائزة

١ـ أن يكون المرشح من مواطني الدول الأعضاء بالمكتب .

٢ـ ألا يكون المرشح قد نال جائزة عن الإنتاج المقدم ، أو حصل به على شهادة علمية (ماجستير / دكتوراه) .

٣ـ يمكن قبول العمل المشترك من قبل المؤلفين أنفسهم إذا كانوا من مواطني الدول الأعضاء .

٤ـ يقبل تقديم البحث للمكتب مباشرة من قبل المؤلف نفسه ، أو بترشيح من إحدى المؤسسات العلمية .

٥ـ أن يكون البحث المقدم يمثل نظرية تعليمية تربوية ، أو مساهمة مبتكرة في مجال البحث التربوي ، أو يكون تحقيقاً علمياً مكتوباً باللغة العربية الفصحى لأحد مصادر التراث التربوي العربي الإسلامي .

٦ـ في حالة تقديم بحث منشور بغير اللغة العربية يجب أن يرفق معه مستخلص باللغة العربية .

٧ـ أن يكون البحث المقدم ملتزماً بالمنهج العلمي .

٨ـ أن يكون البحث المقدم منشوراً وفق قواعد النشر العلمي وأصوله أو مقبولاً للنشر بتأكيد من مؤسسة أو هيئة علمية معترف بها، ويمكن قبول الأعمال غير المنشورة إذا حظيت بتزكية من مؤسسة أو هيئة علمية متخصصة في مجال العمل المقدم .

٩ـ يمكن قبول البحوث المترجمة المتميزة التي تخدم الثقافة والتربية والتعليم في منطقة الخليج العربي مع تقديم دراسة تحليلية وتقويمية للعمل ومدى الاستفادة منه في دول المنطقة ، ولم تتجاوز طبعته الأولى في لغته الأصلية خمس سنوات من نشر الإعلان .

ثانياً : إجراءات التقديم

أن تكون طلبات الترشيح مصحوبة بما يلي :

١ـ عشر نسخ من البحث المرشح للجائزة ، ولا يعاد البحث سواء أفاز المرشح أو لم يفز ، وبالنسبة للمترجم فيرفق نسخة من الأصل المترجم عنه .

٢ـ بيان تفصيلي عن حياة المرشح العلمية والشخصية ومؤلفاته المنشورة .

٣ـ ثلاث صور فوتوغرافية للمرشح .

٤ـ العنوان البريدي للمرشح ورقم هاتفه .

٥ـ توجه طلبات الترشيح إلى :

المدير العام لمكتب التربية العربي لدول الخليج

ص. ب ٩٤٦٩٣ الرياض ١١٦١٤

المملكة العربية السعودية

على أن تصل طلبات الترشيح إلى المكتب في موعد لا يتجاوز يوم **الأربعاء ١٤١٨/١٢/٤ هـ ، الموافق ١٩٩٨/٤/١م .**

وقد أسند المكتب مسؤولية اختيار الفائزين إلى لجنة من علماء ومفكري المنطقة، تقوم بدراسة الأعمال المقدمة ودراسة آراء المختصين في موضوعاتها ، وتمنح جائزة المكتب وقدرها (١٠٠,٠٠٠) مائة ألف ريال سعودي وشهادة منح الجائزة للعمل الفائز ، ويمكن منح الجائزة مناصفة لعملين فائزين .

والله الموفق ،،،

من أجل فلذات أكبادنا

ترشيح المياه

يحصل الناس في كثير من دول العالم على المياه من الأنهار أو من الأمطار ، وفي بلدان أخرى يحصلون عليها من المياه الجوفية المحتجزة بين الصخور ، حيث يمكن ضخها إلى السطح . يستهلك البشر الذين يعيشون في المدن كميات كبيرة من المياه . وقد تجلب هذه المياه من الأنهار القريبة وتخزن في بحيرات صناعية ضخمة يطلق عليها الخزانات أو الصهاريج .

كثير من المياه غير صالحة للشرب مباشرة من الصهاريج أو من المصادر الأخرى لإحتوائها على مواد ضارة بالإنسان، لذا فهي تضخ إلى وحدات التنقية حيث يتم إزالة المواد العالقة من نباتات وتربة وغيرها بواسطة عملية تسمى الترشيح ، وفي الوقت نفسه يضاف إليها كميات قليلة من غاز الكلور للقضاء على البكتيريا الضارة، ثم بعد ذلك يمكن ضخها في الشبكات العامة لتوزيع المياه داخل المدن .

يسرنا في هذا العدد أن نقدم لفلذات أكبادنا تجربة مبسطة توضح كيفية تقنية المياه بطريقة الترشيح .

● الأدوات

مقص ، قطن ، كأس ، قطع صغيرة من البلور الصخري ، حصباء ، رمل ، ماء ، إبريق صغير ، ملعقة شاي ، تربة ، جرة بلاستيكية .

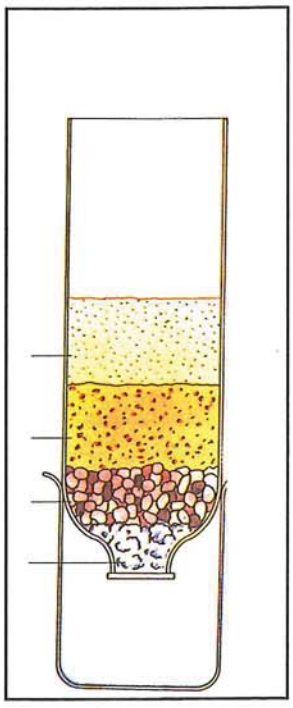
● خطوات العمل

١ـ قُص الجزء السفلي للجرة البلاستيكية.

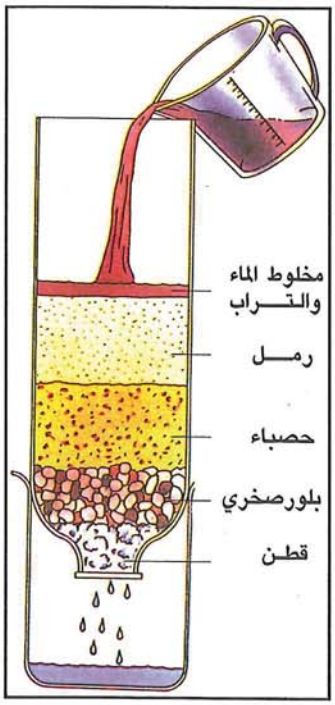
٢- ضع كمية من القطن في عنق الجرة ثم إقلبها على الكأس .

٣- ضع طبقات صغيرة من كل البلور الصخري، والحصباء ، والرمل على التوالي شكل (١) .

٤- صب بعض الماء في الإبريق ، وأضف إليه ملعقتين من التربة ، ثم حركه.



شكل (١)



شكل (٢)

● المشاهدة

نشاهد عند صب مخلوط الماء والتربة على طبقة الرمل في الجرة البلاستيكية نزول قطرات من الماء الصافي من فوهة الجرة وتجمعها في الكأس ، شكل (٢) .

● الإستنتاج

نستنتج أن مرور الماء من خلال الطبقات المختلفة من الرمل والحصباء والبلور الصخري والقطن أدى إلى تنقية الماء من الشوائب .

ملاحظة هامة

الماء الناتج من هذه التجربة قد لايكون صالحاً للشرب مباشرة فقد يحتوي على الأملاح الذائبة وبعض الجراثيم والميكروبات الضارة التي لا يتم حجزها بالترشيح .

المصدر :

Young Scientist No.2 All About Water p.17

كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

إعداد : د. عطية بن علي الغامدي

٦ـ هولوغرافيا الليزر

الهولوغرافيا (Holography) مصطلح يتكون من كلمتي هولوس (Holos) وتعني « الكامل » وغراف (Graph) وتعني « صورة » وبذلك فإن هولوغرافيا تعني الصورة الكاملة أو الصورة المجسمة ثلاثية الأبعاد .

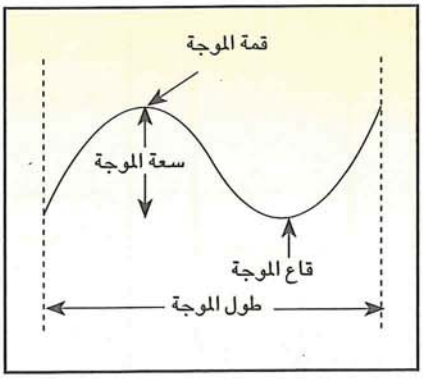
يختلف التصوير الهولوغرافي عن التصوير الضوئي في أن التصوير الضوئي يسجل درجات شدة الضوء وتستخدم فيه العدسات ، أما التصوير الهولوغرافي فلا تستخدم فيه العدسات ويتميز عن التصوير الضوئي بأنه تسجل فيه الأطوار الضوئية (Light Phases) بالاضافة إلى شدة الضوء ، وبذلك ينتج عنه صور مجسمة ثلاثية الأبعاد .

نظرية التصوير الهولوغرافي

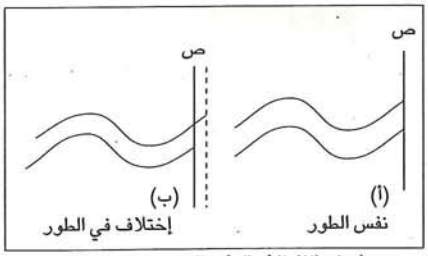
يعتمد التصوير الهولوغرافي على التداخل بين الموجات . فمن المعلوم أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تسير بسرعة ٣×١٠^{٨} متر في الثانية ، حيث تتكون الموجة من فتحة ، وقاع ، وسعة ، وطول موجي ، شكل(١) .

وغالباً ما يسير الضوء على شكل حزمة ضوئية مكونة من أكثر من موجة متداخلة بعضها مع بعض ـ فمثلاً يوضح الشكل (٢) حالتين لتداخل موجتين ضوئيتين ففي الحالة (أ) يكون للموجتين نفس الطور عند النقطة (ص) ، أما في الحالة (ب) فإن هناك إختلاف في الطور عند النقطة (ص) .

وينجم عن التداخل بين موجتين متساويتين في التردد وتتحركان في نفس الاتجاه وبنفس السرعة اختلاف في قمة الموجة الناتجة . فمثلاً يوضح الشكل (٣ـ أ) أن الموجتين (A) و (B) لهما نفس الطور ، ولذلك فإن قمة الموجة الناتجة (A+B) تساوي مجموع قمة الموجة (A) مع قمة الموجة (B) ، وتسمي هذه الحالة التي جُمعت فيها موجتان بحيث تقوي كل منهما الأخرى بالتداخل البنَّاء ، من جانب آخر يوضح الشكل (٣ـ ب) أن تحويل مصدر الموجة (B) بمقدار نصف موجة عن الموجة (A) ينجم عنه تلاشي الموجة الناتجة (A+B) فيما يسمى بالتداخل الهدام .



● شكل (١) مكونات الموجة الضوئية

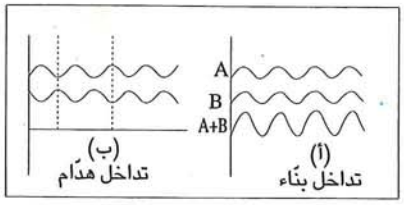


● شكل (٢) الفرق في الطور بين موجتين

ظهور أول هولوغرام

استطاع العالم الهنغاري **دينيس جابور** (Dennis Gobor) تكوين أول صورة مجسمة عام ١٩٤٧ ببريطانيا ، مما مكنه من احراز جائزة نوبل .

وقد استخدم **جابور** آنذاك مصباحاً زئبقياً كمصدر لضوء مترابط ، وقام بتسليطه على شريحة زجاجية ، وطبع عليها بعض الأسماء فكانت النتيجة نفاذ معظم الضوء من خلال الشريحة



● شكل (٣) التداخل بين موجتين متماثلتين

دون حدوث تغير في طبيعته ، إلا أن الضوء يتشتت عند اصطدامه بالحروف المطبوعة . وقد تكوّن جزء من الضوء المثبت على شكل مجسم ظهر على لوحة فوتوغرافية موضوعة بالقرب من الشريحة الزجاجية وذلك بسبب أن التشتت نجم عنه تداخل بين الموجات حيث أن بعضها سبق الآخر ، شكل (٤) .

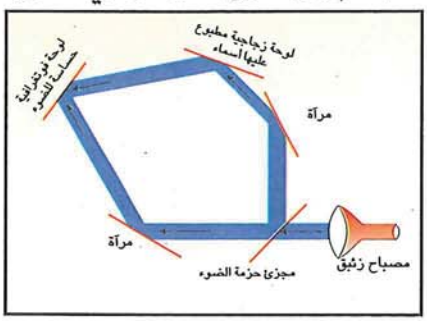
طريقة عمل هولوغرافيا الليزر

قام الباحثان إيميت ليث (Emmel Leith) وجوريس يوبتنكس (Juris Uptaneiks) بتطوير فكرة الهولوغراف في الستينات باستخدام أشعة الليزر .

تقوم فكرة هولوغرافيا الليزر ، شكل (٥) بتجزئة شعاع ليزر مترابط إلى جزئين بوساطة زجاجة فالقة للاشعة هما :

حزمة الإسناد (Refrence beam) :- وتنتشر بواسطة عدسة خلف اللوح الفوتوغرافي الحساس .

حزمة الإشارة (Signal beam) :- وتعمل على إضاءة الجسم من الأمام لتنعكس الأشعة الليزرية من الجسم إلى اللوح الفوتغرافي لتمزج



● شكل (٤) طريقة تكوين أول صورة مجسمة باستخدام مصباح زئبق

مع الأشعة الليزرية من الجسم إلى اللوح الفوتوغرافي لتمتزج مع حزمة الإسناد في تداخل ينجم عنه صورة هولوغرافية على اللوحة .

ومن الملاحظ أن الرسوم المجسمة في هذه الحالة يلزم لتكوينها مجموعة من العدسات والمرايا التي تستخدم لتوجيه أشعة الليزر وتركيزها على اللوح الفوتوغرافي الحساس وهو عبارة عن صفيحة مغطاة بمستحلب كيميائي حساس للضوء ، فيتم طبع صورة الجسم عند تعرض اللوح إلى كل من أشعة الليزر الصادرة والأشعة المنعكسة والتقائهما لتكوين صورة ثلاثية الأبعاد ، وذلك بسبب التداخل في الأطوار بين حزمة الإسناد وحزمة الإشارة الذي ينجم عنه إما :-

١- تداخل بنّاء عندما تكون الموجات متشابهة الطور .

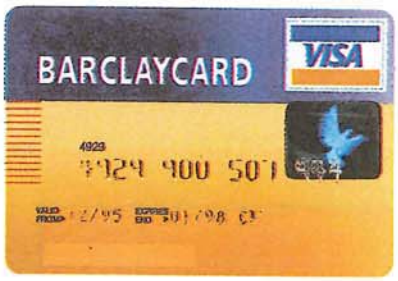
٢- تداخل هدام عندما تكون الموجات مختلفة الطور .

واستناداً على ذلك يمكن إحتواء جميع التفاصيل بين أي نقطتين متباعدتين بعضهما عن بعض للحصول على تفاصيل العمق (التجسيم) ، وبذلك فإن الموجات التي تصل إلى اللوح الفوتوغرافي عند نقاط معينة غير متباينة بالزمن ولكنها تؤدي إلى صورة موجات جامدة (Standing Waves) يتم تسجيلها على اللوح .

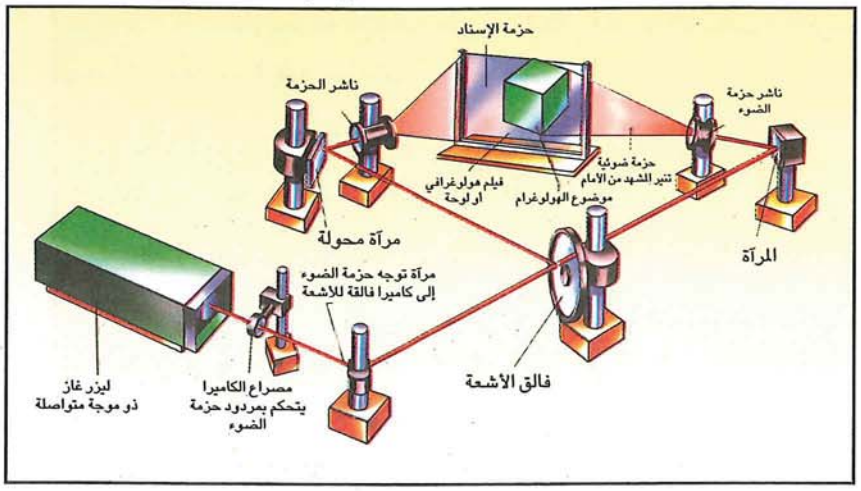
تطبيقات هولوغرافيا الليزر

تدخل هولوغرافيا الليزر في تطبيقات عديدة منها استخدامها كتدبير وقائي لمنع نسخ الأعمال الأصلية (تقليدها) ، كما في حالة بطاقات الإئتمان مثل الطير الظاهر في بطاقة الإئتمان بالشكل (٦).

كذلك تستخدم هولوغرافيا الليزر في تسجيل صور ثلاثية الأبعاد (مجسمة) ، وفي خزن المعلومات بواسطة التصوير المجسم ، كما تدخل في كافة المجالات الصناعية ومجال السينما والفن .



● شكل (٦) إحدى بطاقات الائتمان التي تستخدم فيها هولوغرافيا الليزر



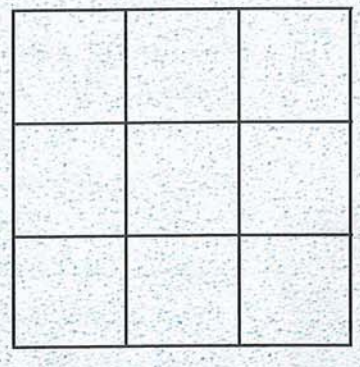
● شكل (٥) الفكرة العامة لهولوغرافيا الليزر

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

المربع العجيب

لدينا مربع كبير مقسم إلى تسعة مربعات صغيرة ، كما في الشكل ، كيف يمكننا أن نضع الأرقام من ١ ـ ٩ في المربعات الصغيرة ، بحيث يكون مجموع الأرقام في أي مربعات أفقية أو رأسية متساوي . وما هو هذا المجموع ؟



أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **المربع العجيب** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد الثالث والأربعين

الأبواب والمفاتيح

من المعطيات السابقة أن هناك عشرة أبواب حيث أن عدد الغرف عشر ولكل غرفة مفتاح ، ولذلك فإن عدد المفاتيح عشرة .

لنبدأ بالغرفة الأولى سيكون لدينا عشرة مفاتيح إحداها يفتح هذه الغرفة لذلك سيكون أكبر عدد من المحاولات لفتح الغرفة أن يجرب المفاتيح العشرة وسيكون هناك تسع محاولات .

* ولذلك فإن أكبر عدد من المحاولات لفتح الباب الأول هو تسع محاولات .

* الباب الثاني سيكون ثمان محاولات .
* الباب الثالث سبع محاولات .
* الباب الرابع ست محاولات .
* الباب الخامس خمس محاولات .
* الباب السادس أربع محاولات .
* الباب السابع ثلاث محاولات .
* الباب الثامن محاولتان .
* الباب التاسع محاولة واحدة .
* الباب العاشر صفر .

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة **العدد الثالث والأربعين « الأبواب والمفاتيح »** ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من : -

١- سليمان صالح البصيلي ص.ب ١٠٦٣١٢ الرياض ١١٦٦٦ .
٢- علاء مختار عبد الجواد ص.ب ٥٥٢٠٢ الرياض ١١٥٣٤ .
٣- فهد خميس محمد الغامدي ص.ب ٥٦٥ الباحة .

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

مصطلحات علمية (*)

* النوعية الجمالية للمياه
Aesthetic Quality

طعم المياه ، ولونها ، ورائحتها ، ودرجة عسرها ، وتركيز كل من عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم .

* القلوية Alkalinity

مجموع تركيز أيونات الكربونات والبيكربونات في المياه ، وتقاس بالملجم مكافئ/لتر كربونات الكالسيوم .

* حجم المهاد Bed Volume

حجم المياه المعالجة والمكافئة لحجم وسط المعالجة متضمناً حجم الفجوات بين حبيباته .

* مياه متوسطة الملوحة
Brackish Water

مياه تتراوح ملوحتها بين ٣٠٠٠ إلى ٣٠,٠٠٠ ملجم/لتر .

* محلول شديد الملوحة
Brine Solution

محلول تزيد ملوحته عن ٣٠,٠٠٠ ملجم/لتر ، وينتج عن عملية إعادة تنشيط راتنج تبادل أيوني موجب شديد الحامضية على صورة الصوديوم .

* إزالة المعادن Demineralization

معالجة المياه بالتبادل الأيوني السالب أو الموجب أو بالتناضح العكسي للحصول على مياه ذات نوعية معينة يمكن استخدامها في التحاليل الكيميائية أو بعض الصناعات الخاصة .

* تجريع Dosing

إضافة مواد كيميائية إلى المياه المطلوب تنقيتها ، تحت تراكيز معينة ، وعلى فترات دورية منتظمة .

* ديلزة متعاكسة
Electrodialysis Reversal (EDR)

معالجة المياه متوسطة الملوحة ، وتحويلها إلى مياه صالحة للشرب ، أو تحلية وتركز مياه فائض عمليات المعالجة لإعادة استخدامها ، بالامتزاز الكهربائي عن طريق عكس قطبية الأقطاب الكهربائية على فترات دورية معينة تؤدي إلى عكس اتجاه حركة الأيونات داخل فواصل غشائية .

* زمن الإتصال للمهاد الخال
Empty Bed Contact Time (EBCT)

فترة البقاء الهيدروليكي للمياه في وسط خال له حجم مكافيء لحجم وسط المعالجة ، ومتضمناً حجم الفجوات بين حبيباته .

* الطفو Flotation

التصاق الفقاعات الهوائية بالجسيمات الصلبة الموجودة بالمياه فتقل كثافتها ، وتصبح أقل كثافة من المياه ، فتطفو على سطحها ، ويسهل جمعها والتخلص منها .

* تمييع ـ تسيل Fluidization

إعادة ترتيب جسيمات وسط المرشح ـ بوساطة تيار الماء الصاعد ـ لتعطي أقل مقاومة للتحرك مؤدية بذلك إلى تمدد الوسط ، وانفصال جزئياته بعضها عن بعض لتصبح معلقة بحرية داخل المياه .

* حبيبات الفحم المنشط
Granular Activated Carbon (GAC)

مادة من الفحم تستخدم كمرشح ومدمص معاً في معالجة مياه الشرب وذلك لإزالة الغازات ، والمركبات العضوية ، والجسيمات الدقيقة . وتعد إزالة الطعم والرائحة هما الاستخدام الأساس لتلك الحبيبات .

* مياه مرتجعة Reject Water

ناتج ثانوي عن عملية التناضح العكسي ، وتحتوي على تراكيز عالية من الأملاح (أعلى من ٣٠,٠٠٠) ملجم/لتر) .

* مجمع الأملاح الذائبة
Total Dissolved Solids (TDS)

مجموع تركيز الأملاح الذائبة في المياه (ملجم/لتر) . وتفضل المياه التي تحتوي على تركيز من الأملاح أقل من ٦٥٠ ملجم/لتر .

* مجموع تركيز الكربون العضوي
Tolal Organic Carbon (TOC)

محتوى مياه الشرب من المواد العضوية الكلية .

* مجموع تركيز الهالوجينات العضوية
Total Organic Halogens

مقياس يستخدم للدلالة على وجود مواد عضوية مهلجنة في مياه الشرب ، ووجود منتجات ثانوية مكلورة تكونت أثناء تطهير المياه بغاز أو مركبات الكلور .

* العكارة Turbidity

مستوى عكارة المياه الناتج عن وجود جسيمات دقيقة عالقة ـ مواد عضوية وبكتيريا وطين ـ وتقاس العكارة إما بوحدة جاكسون (Jackson) ، ويتراوح الحد المسموح به بين ٠,٤ إلى ٤، وإما بالملجم مكافيء/لتر ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) ، ويتراوح الحد المسموح به لمياه الشرب في هذه الحالة بين واحد إلى عشرة .

المصدر :

Water Quality and Treatment, American Water Works Association, 1990.

الجديد في العلوم والتقنية
الجديد في العلوم والتقنية

سلامة البعوض لسلامة الإنسان

تركز الجهود التي تبذل عادة لوقف إنتشار الأمراض التي ينقلها البعوض على قتل الحشرة نفسها ، وعلى الرغم من تطوير الباحثين لطرق وتقنيات جديدة للحد من تكاثره ، إلا أن الأمراض التي تحملها في إنتشار مستمر ، ولذا فقد نهج بعض العلماء طريقة اخرى للحد منها تتمثل في جعل البعوضة خالية تماماً من الفيروس الذي يؤدي للإصابة بالمرض ، وذلك عن طريق التحكم في مورثات الحشرات لتتمكن من مقاومة العدوى الفيروسية ، ونقل هذا الأثر إلى الأجيال القادمة من البعوض.

وقد أخذ فريق من جامعة ولاية كولورادو في فورت كولينز زمام المبادرة لتحقيق هذا الهدف عن طريق إستخدام جزء من مادة الحامض النووي الريبوزي (Ribo Nucleic Acid - RNA) لمنع فيروس حمى الضنك "أبو الركب" (dengue virus) الذي تحمله بعوضة (Aedes aegypti) من التكاثر في لعابها ، وبالتالي فإن البعوض المعالج بهذه الطريقة لن يستطيع نقل الفيروس المسبب للمرض.

ومن الجدير بالذكر أن هذا المرض يشكل تهديداً متزايداً لسكان المناطق الحارة من تكساس حتى آسيا لأنه يسبب أعراضاً تشبه أعراض الإنفلونزا في الإنسان ، وقد يسبب نزيفاً يؤدي إلى وفاة الرضع والأطفال.

وقد قام **كينيث أولسون** (**Kenneth E. Olson**) وزملاؤه من جامعة ولاية كولورادو بربط جزء صغير من الحامض النووي لفيروس حمى الضنك بفيروس سندبيس (Sindbis) ، وهو فيروس شائع له تأثير بسيط على البعوض ، ثم عرَّضوا البعوض لكل من فيروس سندبيس المعالج وراثياً ، وفيروس حمى الضنك العادي (غير المعالج وراثياً) ، وقد تمكن الفيروس المعالج وراثياً من التكاثر في معظم أنسجة البعوض بما في ذلك الغدة اللعابية ، بينما توقفت عملية التكاثر لفيروس حمى الضنك غير المعالج ، ولم يعرف بعد كيف حدث هذا.

وبعد تحليل قام به الفريق للعاب البعوض لم يجدوا أي أثر لفيروس حمى الضنك ، كما أنه لم تظهر أي علامات لإنتشار الفيروس بعد حقن لعاب البعوض المصاب إلى آخر سليم.

وتعد هذه أول محاولة ناجحة لإعطاء مناعة خلوية ضد جرثومة ممرضة للإنسان ، وذلك بإدخال مورث غريب لكائن حي مثل حشرة البعوض ، وكما أكد **أنتوني جيمس** (**Anthony A. James**) من جامعة كلفورنيا في تعليقه على تلك النتائج أن هذه الطريقة تكشف لنا عن بعض النجاح الذي تحقق بالنسبة للفيروسات المتكاثرة في البعوض.

وفي دراسة أجرتها **آن بورز** (**Ann M. Powers**) وأعضاء آخرين من فريق كولورادو تم إيقاف تكاثر فيروس لاكروس (LaCrosse virus) ـ يسبب إلتهاب الدماغ عند الأطفال ـ في بعوض أ. تراي سيراتوس (A. triseriatus) ، بينما فشل فيروس سندبيس في إصابة الغدد اللعابية في بعوض أ. تراي سيراتوس ، مما جعل البعوض لازال قادراً على نقل المرض.

يشير الباحث المشارك **باري بيتي** (**Barry J. Beaty**) في تعليق له إلى أن الأمل لا يزال يراود العلماء بإستخدام الحامض النووي لكل من فيروس حمى الضنك وفيروس اللاكروس الذي يعمل على إعاقة التكاثر الفيروسي لتحقيق الهدف الأكبر ، وهو التأكد من أن البعوض يمكنه نقل مقاومة المرض لأجياله القادمة. ولا شك أن هذه ـ إذا تحققت ـ خطوة كبيرة .

تمكن الباحثون من إنتاج بعوض محول وراثياً (transgenic mosquitoes) بإستخدام مورثات معينة عن طريق إدخال الحامض النووي إلى بيض البعوض ، إلا أن هذه المورثات لم تُغَيِّر من قدرة البعوض في نقل الأمراض ، ولذلك فإنه يجري الآن إختبار تقنية جديدة تتمثل في إدخال "غرز" (Insert) الحامض النووي في الفيروسات التقهقرية (Retroviruses) ، لإن محتويات الحامض النووي للفيروسات يمكن أن تندمج مباشرةً مع جينوم (Genome) البعوض .

المصدر :

Science News, Vol. 149, P. 295 May 11, 1996

نواتج معالجة مياه الشرب بالكلور في المملكة

تعد عملية تعقيم مياه الشرب عن طريق المعالجة بالكلور، من أكثر الطرق استعمالاً في المملكة العربية السعودية. وقد زاد اهتمام الأوساط العلمية في الآونة الأخيرة بهذه الطريقة، نظراً للآثار الصحية الخطيرة التي قد تنجم عن تكون المواد العضوية المتطايرة - خصوصاً مركبات الميثان الهالوجينية (Trihalomethane -THM) - في مياه الشرب نتيجة لاستخدام هذه الطريقة. وإلى وقت بدء هذه الدراسة، فلم تكن هناك أي معلومات عن وجود هذه المواد في مياه الشرب في المملكة. ومما زاد من أهمية هذه الدراسة أيضاً عدم توفر أية معلومات منشورة عن تكون هذه المواد في مياه الشرب التي تعتمد على خلط المياه الجوفية ومياه التحلية، كما هو الحال في كثير من مدن المملكة العربية السعودية.

ونظراً للأهمية الكبيرة لهذا الموضوع فقد دعمت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** دراسة قام بتنفيذها **معهد البحوث بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن**، وقد استغرق تنفيذ الدراسة مدة عامين.

وقد تم أثناء هذه الدراسة، تحديد أنواع وتركيزات مركبات الميثان الهالوجينية (THMs)، في حوالي ٢٢٠ موقعاً من شبكات مياه الشرب لثمان مدن بالمملكة، خلال فصل الصيف لعام ١٩٧٩م وفصل الشتاء لعام ١٩٩٠م. كذلك تم خلال تلك الفترة إجراء دراسة معملية لتحديد الجرعة الأمثل من الكلور والتي تعطي أقل تركيز من هذه المواد. وقد تم خلال هذه الدراسة أيضاً تطوير قاعدة للمعلومات باستخدام الحاسب الآلي. تحتوي كافة النتائج والمعلومات التي تم الحصول عليها مثل تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية في كل موقع، وتركيز الكلور المتبقي في المياه، ودرجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني إضافة إلى تركيز المركبات العضوية الكلية في المياه. كما احتوت قاعدة المعلومات على تفاصيل عن مصادر المياه، ومعدلات الاستهلاك، وطرق المعالجة المتبعة ونوعية الأنابيب المستخدمة في شبكات المياه للمدن المختلفة.

نتائج الدراسة

يمكن تلخيص نتائج الدراسة فيما يلي:

● **أنواع وتركيزات مركبات الميثان الهالوجينية:**

١- أظهرت نتائج المسح الميداني تواجد مركبات الميثان الهالوجينية في مواقع الدراسة، ولكن بتركيزات أقل بكثير من الحد الأعلى المسموح به (٢٥٠ جزء في البليون) والذي تم تحديده من قبل الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس.

٢- وجد أن متوسط تركيزات هذه المركبات خلال فصل الصيف لعام ١٩٨٩م كان على النحو الآتي: الدمام > جدة > مكة > المدينة > الرياض > أبها > حائل. بينما كان ترتيب هذه المدن بالنسبة لتواجد هذه المواد خلال فصل الشتاء لعام ١٩٩٠م على النحو الآتي: الدمام > الرياض > المدينة > مكة > جدة > حائل > أبها > بريدة.

٣- بينت الدراسة أن تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية في مياه الشرب في مدن المملكة كانت على الترتيب الآتي: البروموفورم > ثنائي بروميد أحادي كلوريد الميثان > أحادي بروميد ثنائي كلوريد الميثان > كلوروفورم. وهذا التتابع هو عكس التتابع الموجود في مياه الشرب لمعظم مدن العالم.

٤- أظهرت الدراسة وجود علاقة بين التركيز الكلي لمركبات الميثان الهالوجينية في كل من الدمام والرياض وبريدة.

٥- هناك علاقة طردية بين الزيادة في درجة حرارة المياه في فصل الصيف وتركيز مركبات الميثان الهالوجينية في كل من الرياض والمدينة وجدة ومكة. بينما لم تكن هذه العلاقة واضحة في كل من أبها وحائل وبريدة. أما في مدينة الدمام فقد وجد أن متوسط تركيز هذه المواد في فصل الشتاء كان أعلى منه في فصل الصيف. وقد عزي ذلك إلى الزيادة النسبية لتركيز الكلور في مياه الشرب خلال فصل الشتاء مقارنة بفصل الصيف.

٦- كانت تركيزات المركبات العضوية الكلية في مياه الشرب منخفضة جداً لدرجة أنها لم تسمح بعمل علاقات بينها وبين تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية.

٧- وُجد أن تركيز الكلور في مياه الشرب في كثير من المناطق في مدن المملكة المختلفة أعلى من التركيز المقترح من قبل الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس وهو ٠,٥ جزء في المليون.

٨- اتضح أن تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية كانت أعلى في المدن التي تعتمد على خليط من مياه التحلية والمياه الجوفية، مقارنة بتلك التي تستعمل المياه الجوفية أو مياه التحلية بدون خلط.

● **نتائج الدراسة المعملية**

أظهرت نتائج الدارسة المعملية ما يلي:

- كان تركيز مركبات الميثان الهالوجينية الأقل في مياه التحلية النقية بينما كان تركيزها الأعلى في خليط المياه الذي يحتوي على ٧٥٪ من مياه التحلية و ٢٥٪ من المياه الجوفية.
- تزداد تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية في المياه بزيادة درجة الحرارة، وزمن التفاعل وتركيز الكلور.
- كان مركب البروموفورم هو الأعلى تركيزاً « والأكثر انتشاراً » من بين مركبات الميثان الهالوجينية التي تم قياسها تحت ظروف التجارب المخبرية المختلفة.
- بلغ التركيز الأمثل للكلور ٠,٥ جزء في المليون، حيث كان تركيز مركبات الميثان الهالوجينية أقل ما يمكن، فضلاً عن أنه يتفق مع مواصفات الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس.

التوصيات

* بناءاً على نتائج هذه الدراسة، يُقترح التنسيق مع الهيئة العامة للمواصفات والمقاييس في المملكة لمراجعة مواصفات مياه الشرب المتعلقة بمركبات الميثان الهالوجينية على أن تتضمن هذه المراجعة الحد الأقصى المسموح به لهذه المركبات، وأن يؤخذ بعين الاعتبار تواجد البروموفورم بتركيزات عالية في مياه الشرب في المملكة مقارنة بمركب الكلوروفورم والذي أكد عليه في المواصفات السعودية.
* يقترح إجراء قياسات دورية كل ثلاثة أشهر للتأكد من أن تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية في شبكات مياه الشرب للمدن المختلفة لا تزال تحت المستوى المسموح به.
* يجب أن تراعي مصالح المياه في المناطق المختلفة عدم زيادة تركيز الكلور المتبقي في شبكات المياه عن الحد المسموح به وهو ٠,٥ جزء في المليون، وذلك لتفادي الآثار الجانبية المترتبة على تلك الزيادة.
* يجب القيام ببحوث أخرى مشابهة لدراسة المركبات العضوية الهالوجينية غير المتاطيرة، والتي تتكون في مياه الشرب نتيجة المعالجة بالكلور، والتي لم تتطرق إليها الدراسة.

نوع آخر من فتامين ـ هـ

عند الإشارة إلى مضادات الأكسدة (Anti Oxidants) يأتي ذكر المركب الصناعي ألفا ـ توكوفيرول (Alpha - Toco Pherol) كمادة مرادفة لفيتامين ـ هـ . وفضلاً عن ذلك أشارت تحاليل المواد الطبيعية الغنية بفيتامين ـ هـ إلى وجود أنواع عديدة من أشكال مادة التوكوفيرول غير الشكل ألفا من أهمها شكل جاما ـ توكوفيرول (Gamma - Tocopherol) .

وفي الوقت الحالي أشار **ستيفان كريستين** (Stephan Christen) وزملاؤه بجامعة كليفورنيا بيركلي إلى أن جاما ـ توكو فيرول يكسب الجسم حماية ضد جذور أكاسيد النيتروجين (Nlirogen Oxides) التي لا يستطيع الشكل ألفاتوكو فيرول ـ مصدر فيتامين ـ هـ الموجود حالياً في السوق ـ مقاومتها .

تأتي أكاسيد النيتروجين من الأمطار الحمضية والأسمدة النيتروجينية ، وهي من المواد المسببة للأكسدة والتي ينجم عنها تحوير الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) في الجسم وتتسبب في تسرطنه وتعرضه للالتهابات .

قام **كريستين** وزملاؤه بإختبار كفاءة أنواع مختلفة من فيتامين ـ هـ كمضادات أكسدة للقضاء على مركب بيروكسي نيترايت (Peroxy nitrite) أحد أكاسيد النيتروجين المعروف بعلاقته بالتهابات الجسم . وقد أتضح للعلماء المذكورين أن ألفا ـ توكو فيرول رغم تحويره للأكسيد المذكور إلا أنه يخلف وراءه جزء نشط لايمكن القضاء عليه إلا بواسطة جاما ـ توكو فيرول الذي له خاصية التفاعل مع وتثبيط أكاسيد النيتروجين .

وفي دراسة أخرى ـ لم تنشر بعد ـ قام فريق كريستين بدراسة أثر التوكو فيرول على حيوانات تجارب مريضة بالتهابات سببتها جذور التأكسد المعروفة ، وعند متابعة تركيز التوكو فيرول في دم تلك الحيوانات اتضح الانخفاض الشديد والسريع للتوكو فيرول من نوع جاما مصحوباً بازدياد في المواد النيتروجينية مما يشير إلى تثبيط جاما ـ توكو فيرول للأكاسيد النيتروجينية .

ويزعم **كريستين** إلى احتمال اضمحلال أثر جاما توكو فيرول عند استهلاك كميات كبيرة من النوع المألوف ـ ألفا توكو فيرول ـ ويقترح ضرورة أخذ كلا النوعين من الفيرولات (ألفا وجاما) .

من جانب آخر أشارت دراسة قام بها **أنديرز أولسون** (Anders G. Olsson) بمستشفى الجامعة بلنكوبنج في السويد إلى انخفاض معنوي في تركيز جاما توكو فيرول في دم الرجال الليثوانيين (Lithuanians) بالسويد وعلاقة ذلك الانخفاض بمعدل ارتفاع مرضى أمراض القلب لديهم حيث يصل إلى أربعة أضعاف السويديين من نفس العمر.

وتشير دراسة أخرى إلى أن أمراض القلب ليست الأمراض الوحيدة التي لها علاقة بانخفاض تركيز جاما توكو فيرول حيث اتضح حسب دراسة قام بها **روبرت كوني** (Robert V. Cooney) في مركز أبحاث السرطان بهاواي إلى الأثر الفعال لجاما ـ توكو فيرول في منع نمو الخلايا السرطانية مقارنة بألفا ـ توكو فيرول ، وعلى ضوء هذه التجارب يتضح أن جاما توكو فيرول له نفس أهمية ألفا توكو فيرول في مقاومة أمراض الانحلال النسيجي . ويذكر **كوني** أنه بالرغم من مرور ٧٥ عاماً على اكتشاف فيتامين ـ هـ إلا أن تفاعلاته وأنواعه المختلفة لازالت غير معروفة ، وعليه يبدو أن تعاطيه من مصادره الطبيعية ـ وليس الصنعية ـ هي الطريقة الأفضل لتفادي مختلف أمراض الانحلال النسيجي .

المصدر

Science News, Vol. 151 April 1997, P207 .

المحيط الهادى يبطىء تسخين الأرض

أشارت دراسة حديثة إلى أن برودة الجزء الاستوائي للمحيط الهادي خلال القرن الماضي أدت إلى إبطاء معدل تسخين الارض ، وتفسر هذه الظاهرة سبب عدم تسخين الأرض بالسرعة المتوقعة التي تم حسابها ـ عن طريق محاكاة طقس الأرض ـ بالحاسبات الآلية ، والتي أوضحت أن معدل الزيادة في تسخين الأرض يجب أن يكون ضعف المعدل الموجود حالياً ، ولمعرفة هذه الظاهرة قام مارك كين (Mark A. Cane) وزملاؤه من مرصد الأرض في لامونت ـ دوهرتي بنيويورك بتسخين المحيط الاستوائي إصطناعياً باستخدام النمذجة الحاسوبية (Computer modeling) ، حيث وجدوا أن الرياح وتيارات المحيط الناتجة عن التسخين المذكور قد عملت على تبريد شرق المحيط الهادي.

وفضلاً عن ذلك فإنه حتى في الحالات الطبيعية يميل شرق المحيط الهادي الإستوائي إلى البرودة مقارنة بالجزء الغربي ، بسبب أن الرياح التجارية تعمل على دفع المياه السطحية الدافئة باتجاه أندونيسيا ، مما يدفع المياه العميقة الباردة إلى السطح بالقرب من خط الإستواء .

وتشير دراسة كين إلى أن التسخين الناتج عن النشاط البشري من شأنه تسريع الدورة الطبيعية المذكورة بتقويته لشدة إندفاع الرياح التجارية ، وبالتالي زيادة كمية المياه الباردة المحيطية المندفعة إلى السطح في الجزء الشرقي من المحيط الهادي .

وللتدليل على صحة نظرية **كين** يشير العلماء إلى سجلات درجة حرارة سطح المحيط خلال القرن الماضي التي أبانت عن انخفاض درجة الحرارة في شرق المحيط الهادي في المنطقة الاستوائية بينما زادت درجة حرارة كوكب الأرض بمعدل ٠,٤ م° .

وبالرغم من أن هذه الظاهرة قد تبطىء تسخين الأرض ألا أن لها مشاكل تتمثل في أن تبريد المحيط الهادي يؤثر على طقس الكرة الأرضية عاكساً آثاره على النشاطات الاجتماعية والإقتصادية .

المصدر :

Science News, Vol. 151, March 1997, P 148.

فوائد نكهة القهوة

لنكهة القهوة المخمرة فوائد صحية تعادل فوائد الفواكه والخضروات . وقد توصل العلماء منذ وقت طويل إلى أن حبوب القهوة تحتوي على مضادات الأكسدة التي تساعد على مقاومة السرطان وأمراض القلب ، إلا أن الجديد في الأمر وجود مضادات أكسدة لم تكن معلومة من قبل في نكهة القهوة العادية أو منزوعة الكافيين .

وتركز معظم الدراسات على أنواع ثلاثة من مضادات الأكسدة هي : الفينولية (Phenolics) والفيتامينات (Vitamines) والفلافينودات (Flavonoids) ، غير أن فريق جامعة كاليفورنيا بديفس يبحثون عن مستقبل مضادات أكسدة أخري ، مثل المركبات الحلقية غير المتجانسة (Heterocyclic) التي تتكون عند طبخ بعض الأطعمة . وقد اتضح لفريق ديفس وجود حوالي ٣٠٠ من المركبات الحلقية غير المتجانسة في نكهة القهوة ولكن أثرها كمضادات أكسدة قليل ، إلا إذا تم جمعها مثلما يحدث عند تخمير القهوة ، حيث أن أثرها يفوق مضادات الأكسدة الأخرى مثل فيتامين ـ هـ أو ج. ، وقد أوضحت الدراسة أن كمية مضادات الأكسدة في نكهة كوب من القهوة تعادل مضادات الأكسدة في ثلاث برتقالات .

مما يجدر ذكره أن مضادات الأكسدة المذكورة لا توجد في حبوب القهوة ولكنها تنتج أثناء عملية التخمير ، حيث أن الطبخ في درجة الحرارة المرتفعة يزيد من هذه المضادات ، فكلما زادت المركبات المتطايرة في الجو بفعل الطبخ زادت نكهة البن المخمر حديثاً، وعند استنشاق هذه المواد فإنها تدخل الجسم كمواد مضادة للأكسدة . وفي خطوة أخرى يعمل فريق ديفس لمعرفة أثر نكهة القهوة على الحيوانات .

المصدر :

Emerging R&D Report Food Technolog Intelligence, Nov 1997 V.8 No. 8 .

مع القراء

الأخوة القراء الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد :-

أهلاً بكم مع هذا العدد الجديد من مجلتكم مجلة العلوم والتقنية ، ويسعدنا أن نجيب على رسائلكم بحدود ما تسمح به مساحة الصفحة .

● **الأخ / عبدالسلام الزايد ـ الرياض**

وصلتنا رسالتك بكل سرور شاكرين على ما حوته من إطراء وثناء ، ويسعدنا أن ندرج إسمك في قائمة التوزيع ، وسوف تصلك الأعداد المتوفرة من الأعداد السابقة .

● **الأخ / شاكر المالكي ـ الظهران**

سوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد بإذن الله فأهلاً بك .

● **الأخ / عبدالمعين الزعبي ـ سوريا**

يسعدنا أن ندرج اسمك في قائمة الإهداءات .

● **الأخ / عبدالرحيم ماضي الشريف ـ الطائف**

يسعدنا وصول رسالتك إلينا ، أما فيما يخص طلبك فنأسف لعدم تمكننا من إرسال جميع الأعداد السابقة لنفاذ بعضها وسيصلك بإذن الله المتوفر منها .

● **الأخ / علي حسن الأحمدي ـ المدينة المنورة**

رسالتك وصلت إلينا ، أما فيما يخص طلبك للعدد التاسع (الكيمياء الحيوية) فللأسف غير متوفر لدينا شاكرين تواصلك معنا .

● **الأخ / عادل عبدالله العودة ـ الجوف**

رسالتك السابقة لم تصل إلينا ، ويسعدنا تلقي أول رسالة منك ، ويسرنا أن ندرج اسمك ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / سعد عبدالله آل شيخ ـ الرياض**

يسعدنا تلقي مشاركتك بمقالات علمية شريطة أن يتوافق المقال مع موضوع العدد من المجلة .

كما يسرنا تزويدك بنسخة من المجلة بصفة دورية .

● **الأخ / شليح محمد ـ الجزائر**

سوف تصلك المجلة على عنوانك بصفة دورية ، ويسرنا تلبية طلبك من العدد السابع والثلاثين (المناعة) .

● **الأخ / أحمد حمدي هتهات ـ الجزائر**

يسرنا أن تصلك المجلة على عنوانك الجديد ، فأهلاً بك .

● **الأخوة / تومرات مراد ـ شيلي بن علي ـ لخداري حمودي ـ بوسالم علي ـ أسامة عال ـ كزيز جعفر ـ الجزائر**

وصلتنا رسائلكم بكل سرور ، ويسرنا إدراج عناوينكم ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / محمد سعيد العلياني ـ مكة المكرمة**

سوف تصلك بإذن الله الأعداد الأربعة المطلوبة على عنوانك ويامرحبا .

● **الأخ / عماد وجيه المنسي ـ مصر**

سوف نقوم بتغيير عنوانك على العنوان الجديد ، ويسعدنا أن يصلك العدد الخاص بالإستشعار عن بعد كما طلبت .

● **الأخ / عمر أبراهيم البليهي ـ الدمام**

تلقينا رسالتك وسوف يصلك المتوفر من الأعداد السابقة ، فاهلاً بك .

● **الأخت / خديجة مرزوق الصاعدي ـ المدينة المنورة**

وصلتنا رسالتك شاكرين ما حوته من إعجاب وثناء على المجلة والقائمين عليها ويسعدنا إدراج اسمك في قائمة التوزيع .

● **الأخ / عبد الرحمن شعبان ظاهر ـ الأردن**

يؤسفنا عدم تلبية طلبك من الأعداد السابقة المشار إليها في رسالتك لعدم توفرها لدينا ، أما فيما يخص المجلة فهي ليست شهرية بل فصلية . بواقع أربعة أعداد في السنة . وسوف نقوم بإرسال المجلة على عنوانك فأهلاً بك .

● **الأخت / لطيفة أحمد الغامدي ـ الباحة**

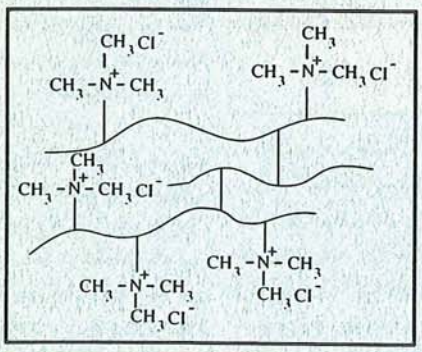
شكراً على إعجابك بالمجلة ويسعدنا أن ندرج اسمك في قائمة التوزيع . أما فيما يخص موضوع (الاستنساخ) فقد تطرقت له المجلة في العدد الأربعين (الصناعات غير العضوية) الصفحات ٣٤ ، ٣٥ .

● **الأخ / محمد يوسف أيوب ـ النماص**

تلقينا رسالتك وما حوته من مقالة (التلوث البيئي أضراره وطرق معالجته) وبقدر سرورنا بمشاركتك أنت وجميع القراء الأعزاء إلا أنه يؤسفنا عدم تمكننا من نشرها لعدم توافقها مع موضوع العدد من المجلة . آملين أن نستقبل مشاركتك حسب موضوع العدد المقبل مع التقيد بمنهاج النشر .

تنويه

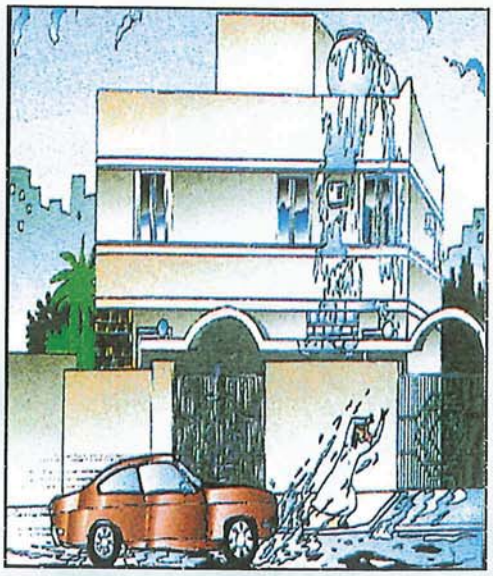
ورد خطأ فني في مقال التبادل الأيوني ص٢٢ من العدد الثالث والأربعين وذلك في شكل «المبادل الأيوني السالب قوي القاعدية في صورة (Cl) » . وأسرة المجلة إذ تعتذر عن هذا الخطأ يسرها إعادة نشر الشكل الصحيح وذلك كما يلي :



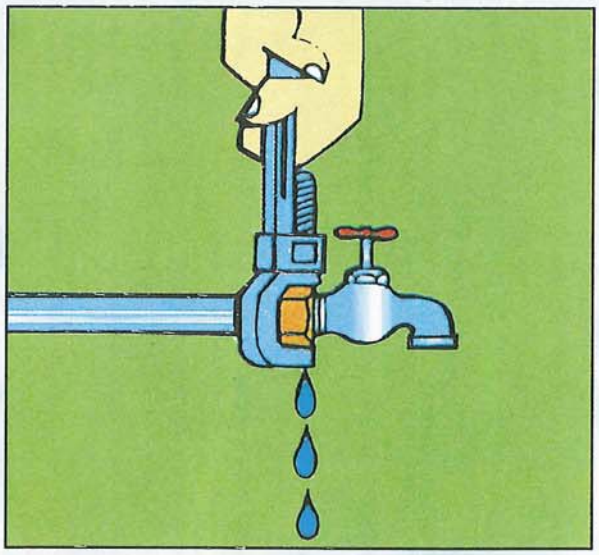
الماء

نعمة من نعم الله

فلا تسرف في استخدامه



الإسراف سبب كل جفاف



الماء حياتك .. راقب توصيلاتك

ترشيد الاستهلاك ... سلوك حضارى