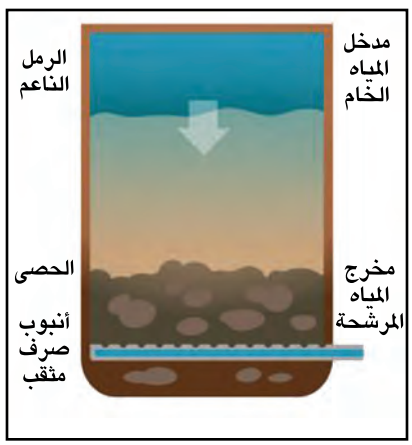
الترشيح هو: عملية يتم فيها إزالة المواد العالقة في الماء ، بطريقة فيها محاكاة للطبيعة ، ذلك أن المياه أثناء جريانها تنساب إلى جوف الأرض مروراً بطبقات من الرمل والحصى والتي تزيل كثيراً من المواد العالقة قبل استقرارها في باطن الأرض، وبذلك تكون كمية المواد العالقة قليلة جداً أو معدومة في المياه الجوفية، مقارنة بكميتها في المياه السطحية من أنهار أو بحيرات وغيرها ، وعليه: فإن أقدم عمليات الترشيح كانت تلك التي تستخدم المرشحات الرملية.

شهد عام ١٨٠٧ م إنشاء محطة لمعالجة المياه في مدينة جلاسكو في اسكتلندا والتي تعد من أوائل المحطات في العالم ، لمعالجة المياه بطريقة الترشيح بالمرشحات الرملية ، كذلك كانت المعالجة باستخدام المرشحات الرملية المظهر السائد في محطات معالجة المياه حتى أوائل القرن العشرين ، ولا تزال تستخدم حتى يومنا هذا في محطات تنقية المياه الجوفية في كثير من الدول.

تعد إزالة المواد العالقة من مياه الشرب أمراً ضرورياً للوقاية من أضرارها الصحية المباشرة و غير المباشرة ، لأنها قد تسبب انسدادات في شبكات التوزيع وترسبات في خزانات المياه وتضفي على المياه رائحة ونكهة غير جيدة ، كما أنها توفر وسطاً جيداً لحماية الأحياء الدقيقة – من بكتيريا وغيرها– تقيها من تأثير المواد المطهرة، مثل الكلور أو الأوزون. و قد تتفاعل المواد العالقة مع المواد المطهرة و تحد من فعاليتها في القضاء على الأحياء الدقيقة ، كما يؤدي ترسب المواد العالقة في بعض أجزاء شبكات التوزيع وخزانات المياه إلى نمو البكتيريا وتغير رائحة المياه وطعمها ولونها.

أنظمة الترشيح التقليدية

تعالج المياه بتمريرها خلال وسائط حبيبية، مثل الرمل، فتزيل المواد العالقة بها، وتتفاوت فعاليتها بدرجة كبيرة ، وغالباً ما تستخدم هذه الأنظمة لتحسين عكارة ولون الماء، كما يمكن لهذه المرشحات أن تزيل –بفعالية – الكائنات الدقيقة التي تسبب الأمراض ، و يمكن تحسين فعالية عملية الترشيح التقليدي؛ وذلك باستخدام مواد التخثر الكيميائي، مثل: أملاح الحديد، أو أملاح الألومنيوم التي تضاف إلى المياه قبل عملية الترشيح لتعمل على تراكم



● شكل (١) مثال للترشيح بالرمل

وتجمع جزيئات المواد العالقة لتكوّن كتل متجمعة يسهل إزالتها.

تعد المرشحات الرملية من أشهر المرشحات التقليدية ، وفيها يكون وسط الترشيح مكون من طبقات رملية ذات أحجام متفاوتة ، الشكل (١)، و عند مرور المياه خلال وسط الترشيح تلتصق المواد العالقة بجدران حبيبات الوسط الرملي، ومع استمرار عملية الترشيح تنخفض كفاءة الوسط الرملي نظراً لالتصاق المواد العالقة فيه، وانسداد الفتحات التي يمر من خلالها في الوسط الرملي . وعند ذلك يجب إيقاف عملية الترشيح وغسل المرشح لتنظيف الوسط الرملي مما علق فيه من مواد . وتتم عملية غسله بضخ مياه نظيفة من أسفل المرشح – عكس إتجاه سريان المياه أثناء الترشيح – لتحريك المواد المترسبة ودفعها مع المياه إلى أعلى المرشح ، وينتج عن تمدد الوسط الرملي وتحرك حبيباته واصطدام بعضها ببعض إزالة ما التصق من عوالق على الوسط الرملي ، وتستغرق عملية غسيل الوسط الرملي وتنظيف حبيباته نحو ١٠ دقائق تقريباً.

المرشحات الخزفية

استخدمت المرشحات الخزفية (مرشحات السيراميك) في معالجة المياه منذ فترة طويلة ، وتنحصر معظم تطبيقاتها عند مرحلة استخدام المياه وليس في مراحل تنقيتها ومعالجتها، وقد أثبتت تجارب استخدام المرشحات الخزفية قدرتها على إزالة أو تعطيل فعالية البكتيريا والأوليات والطفيليات.

تحتوي المرشحات الخزفية على حبيبات السليكون الصغيرة جداً ، وبعضها تحتوي على دقائق الفضة في صدفات الخزف الخارجية المسامية، وهذه تقوم بمحاصرة

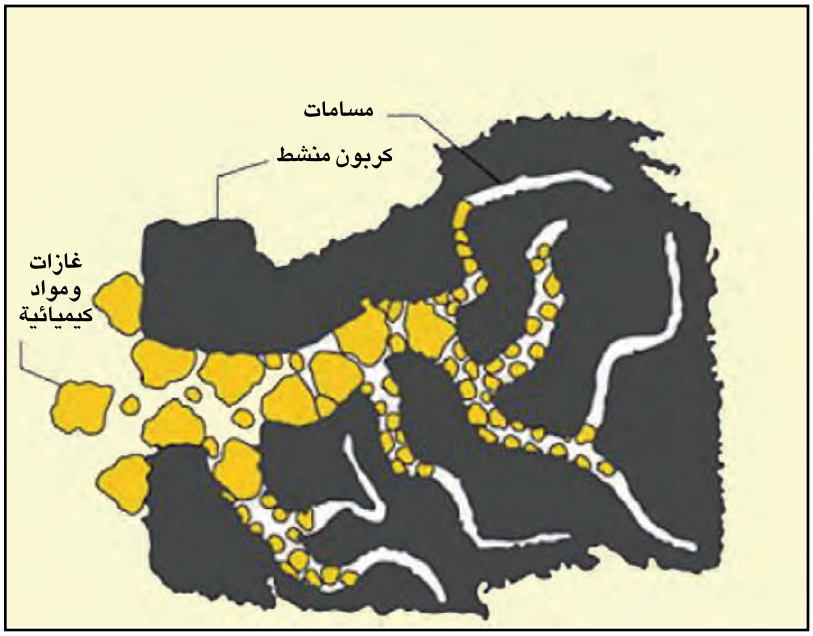
الكثير من أنواع البكتيريا التي قد يصل حجمها نحو ٠,٢٢ ميكرون ، بينما تمنع دقائق الفضة عودة نمو البكتيريا خارج مسامات الخزف ببعث كميات من أيوناتها الموجبة الشحنة ، والتي تتداخل من النظام الإنزيمي لخلية البكتيريا وتحييدها.

تعد المرشحات ذات الوسط الترشيحي الفعال– الذي يتراوح قطره بين ٠,١ إلى ٠,٤٥ ميكرون – مرشحات معقمة بكتيرياً. أما المرشحات ذات الوسط الترشيحي الفعال الذي يتراوح قطره بين ٠,٤٥ إلى ١,٠ ميكرون فهي مرشحات آمنة بكتيرياً.

يعد تنظيف المرشح الخزفي وصيانته مسألة جوهرية، ويمكن أن ينظف بجعل المياه النقية تتدفق إليه باتجاه معاكس لعملية الترشيح . وتمتاز المرشحات الخزفية بأنها سهلة الاستخدام وتعمر طويلا إذا لم تكسر، كما أنها منخفضة التكلفة إلى حد ما، ولكن يعاب عليها احتمال تلوث المياه المخزنة مرة أخرى حيث لا توجد بها بقايا الكلور، إضافة إلى انخفاض معدل تدفق المياه المرشحة نسبيا، حيث لا يزيد عادة عن لتر أو لترين في الساعة .

مرشحات الكربون المنشط

الكربون المنشط (النشط) هو عبارة عن كربون موجب الشحنة، له قدرة امتصاصية عالية لكثير من الشوائب، وتبلغ المساحة السطحية للجرام الواحد من الكربون المنشط نحو ٥٠٠ م٢ من المساحة، وهي تقارب ضعف مساحة ملعب التنس الأرضي الذي تبلغ مساحته عادة نحو ٢٦٠م٢ ، وبذلك فإنه يكون



● (٢) حجز وامتصاص المواد على سطح الكربون المنشط .

قادراً على التخلص من المذاق والرائحة غير المرغوب فيها ، فضلاً عن أنه يزيل الكلور وكثير من الملوثات الخطرة والمعادن الثقيلة، مثل: النحاس، والرصاص، والزئبق، وبقايا عمليات تطهير (تعقيم) المياه، والمبيدات والرادون والمواد الكيميائية المتطايرة وغيرها.

يعمل الكربون المنشط على امتصاص الشوائب أثناء مرور الماء عليه، عن طريق حجزها في التجاويف الموجودة فيه أو بامتصاصها على سطحه كما هو موضح في الشكل (٢)، وتحتوي مرشحات الكربون النشط على حبيبات أو مسحوق الكربون النشط حيث يبلغ قطر دقائق حبيباته حوالي ٥ملم ، أما مسحوق الكربون النشط فيتراوح قطره عادة بين ٠,١٤ ملم و ٠,٢٥ ملم .

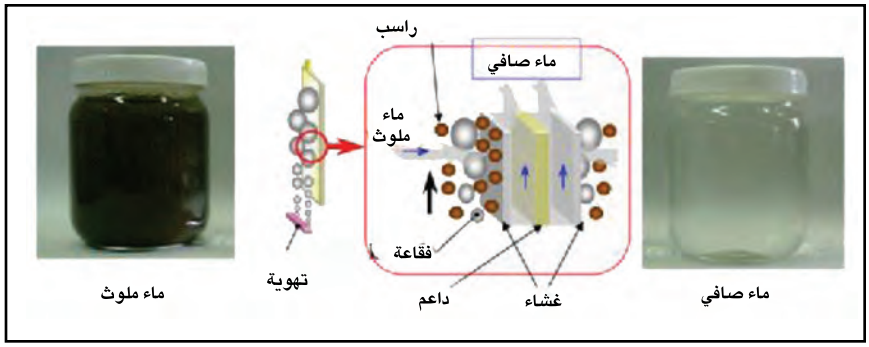
يلزم تغيير حبيبات الكربون النشط واستبدالها بعد فترة من الاستخدام، خاصة عند انخفاض مقدرتها على امتصاص الشوائب من الماء ، ويمكن تنشيطها بغسلها بالماء النقي.

مرشحات التبادل الأيوني

تعمل هذه المرشحات خلال: سلسلة من التفاعلات الكيميائية؛ التي تؤدي إلى التبادل الأيوني لأيونات الأملاح المراد فصلها وامتصاصها في الوسط الترشيحي ، ومن ثم التخلص منها ، وبذلك تقوم بخفض تركيز المعادن المذابة التي لها شحنات موجبة عالية ، مثل: الكالسيوم والمغنسيوم ، كما تزيل بقايا أيونات الحديد التي قد ينجم عنها أضرار صحية .

المرشحات الغشائية

تعد عمليات الترشيح باستخدام تقنيات الأغشية من العمليات الحديثة التي لاقت رواجاً كبيراً في السنوات الأخيرة ؛ وذلك لصغر حجم المرشحات الغشائية ، وانخفاض تكاليفها، وسهولة استخدامها واستبدالها . ويعد علم الأغشية من العلوم الدقيقة التي تشمل التقنيات متناهية



● شكل (٣) فعالية المرشحات الغشائية في تنقية المياه .

الصغر والتي تستعمل في عمليات الترشيح المختلفة وتمتاز بانخفاض استهلاكها للطاقة، ويبين الشكل (٣) ، فعالية أغشية الترشيح في الحصول على مياه صافية من مياه ملوثة.

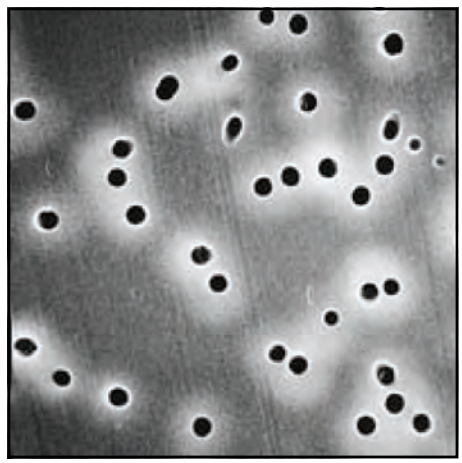
تختلف المرشحات الغشائية باختلاف عمليات الفصل (Process & Seporrton) وذلك وفقاً لما يلي:

١- مرشحات الجسيمات (Particle Filters): وتقوم بفصل المواد التي يزيد قطرها عن ألف ميكرون (١٠-٣ملم).

٢- المرشحات كبيرة الحجم (Macro Filters): ويتراوح مدى فتحات مساماتها مابين ١٠ إلى ١٠٠٠ ميكرومتر ، ويمكن رؤية الجسيمات المنفصلة عن المرشح وهي بحجم فقاعات الهواء الصغيرة أو ذرات الغبار.

٣- المرشحات الدقيقة (Microfilters) : ويمكن بواسطتها فصل المواد العالقة خلال فتحات مسام أغشية الترشيح والتي يتراوح قطرها ما بين ٠,١ إلى ١٠ ميكرون، وتكون موزعة بشكل عشوائي على سطح الغشاء (المرشح)، كما هو موضح بالشكل (٤) ، ولا يمكن رؤية هذه المواد المرشحة بالعين المجردة، إذ إن لها حجماً يماثل حجم كرية الدم الحمراء أو ذرات الفحم الدقيقة أو بعض أنواع البكتيريا . تستخدم هذه المرشحات في عملية تعقيم وتنقية عصائر الفواكه وفي مرشحات المياه عندما لا يحتاج إلى تعديل (تحسين) طعم أو نكهة المياه.

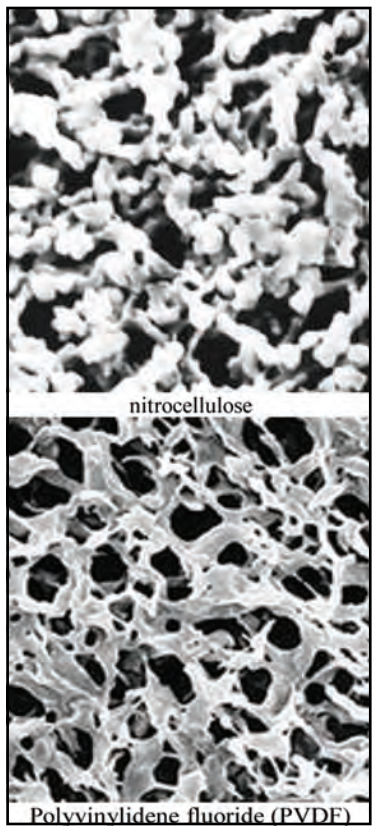
٤- المرشحات فائقة الصغر (Ultrafilters): يمكن بواسطتها فصل المواد التي يتراوح قطرها بين ٠,٠٠١ إلى ٠,١ ميكرون ، وبذلك فإنها تستخدم في فصل المواد الغروية (Colloidal) أي الغرويات العالقة أو الذائبة في الماء ، كما يمكنها فصل بعض الجزيئات الذائبة في الماء ذات الأوزان الجزيئية التي يتراوح قطرها ١,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ أي ما يعادل حوالي ١٥ إلى ٢٠٠ أنجستروم ، وتكون الأغشية منفذة فقط للماء (شبه منفذة أو نصف منفذة)



● شكل (٤) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لسطح غشاء مرشح دقيق

(Semipermeable)، وتلعب الشحنة الموجودة على المواد المراد فصلها دوراً كبيراً في عملية الفصل أكثر من فتحة مسام الغشاء، كما أنها تستخدم في عمليات المعالجة الأولية في عمليات تحلية المياه؛ لإزالة العوالق الدقيقة أو الجزيئات الذائبة كبيرة الحجم. ومن الجدير بالذكر أن هذه الأغشية لاتستطيع فصل الأملاح الذائبة في الصناعات الغذائية بشكل واسع، مثل: فصل البروتين من الحليب، أو السكر، أو الآيسكريم (البوظة) (Ice Cream) بكفاءة عالية .

٥- المرشحات النانوية (Nano filters) : وتتمتع بقدرة عالية على فصل المواد الدقيقة جداً ، إن مدى فتحات مسامها يكون فيما بين ٠,٠٠٠١ إلى ٠,٠٠١ ميكرون ، أي قدرتها تتمثل في فصل الجسيمات ذات الأوزان الجزيئية التي تتراوح فيما بين ٢٥٠ إلى ٤٠٠ ، ويبين الشكل (٥) ، أمثلة

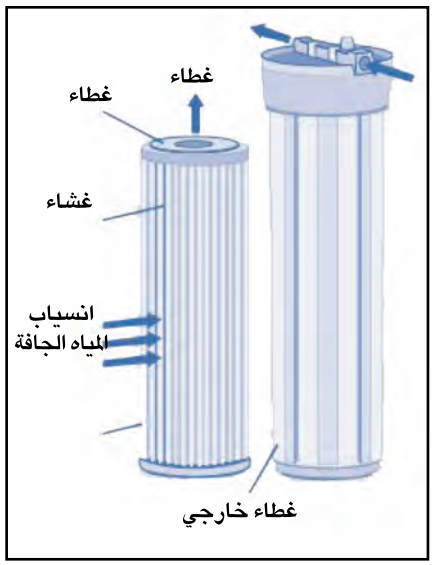


● شكل (٥) صورة من المجهر الإلكتروني الماسح الأسطح بعض المرشحات النانوية .

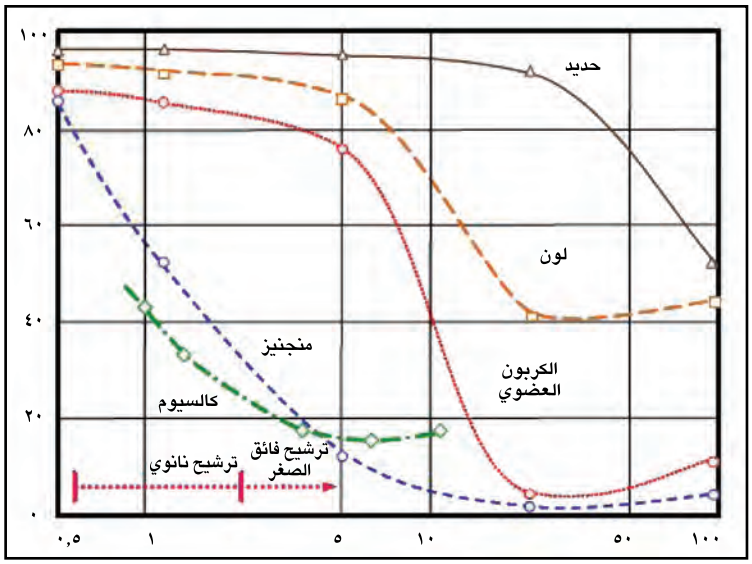
المادة	المرشحات فائقة الصغر(UF)	المرشحات النانوية (NF)	التناضح العكسي(RO)
كلوريد الصوديوم	٠	٥٠ -٠	٩٩
كبريتات الصوديوم	٠	٩٩	٩٩
كبريتات الكالسيوم	٠	٥٠ -٠	٩٩
كبريتات الماغنسيوم	٠	٨٠	٩٩,٩
حمض الكبريت	٠	٥	٩٨
حمض الكلور	٠	٥	٩٠
فركتوز	٠	٩٠ -٢٠	٩٩,٩
سكروز	٠	٩٩	٩٩,٩
فيروس	٩٩	٩٩,٩٩	٩٩,٩٩
بروتين	٩٩	٩٩,٩٩	٩٩,٩٩
بكتيريا	٩٩		

● جدول (١) مقارنة فصل المواد (٪) بين الغشائية لنسبة المرشحات .

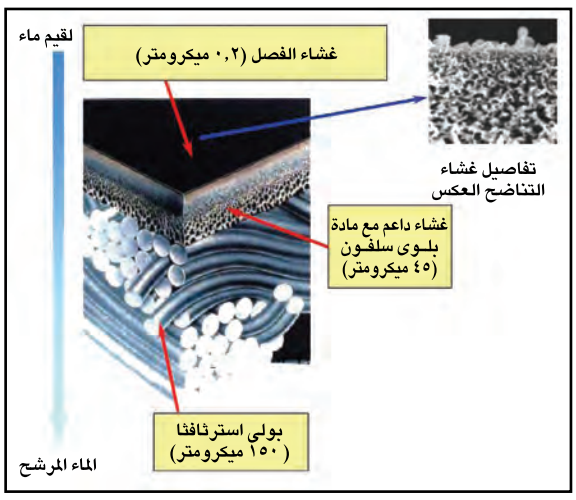
لأغشية مرشحات النانو . وتعد مرشحات النانو من المرشحات المهمة التى تلاقي استخدامات و تطبيقات متزايدة ، حيث تستخدم في: تركيز الأصباغ، وإزالة عسر المياه وإزالة اللون و الطعم و البكتيريا من المياه وتصل مقدرتها إلى فصل الجزئيات الذائبة في الماء ذات التكافؤ الثنائي أو أكبر كما هو موضح في الجدول (١) ، والشكل (٦) ، غير أن قدرتها محدودة في فصل الأملاح الذائبة أحادية التكافؤ مثل ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) والذي يسبب ملوحة المياه بشكل رئيسي، أو المواد العضوية صغيرة الوزن الجزيئي مثل الميثانول ، ولذلك ظلت مرشحات النانو ضمن مجموعة مرشحات المياه ، ولم تصل إلى مستوى أغشية التحلية التي تسهم بفعالية في فصل كافة الأملاح الذائبة في الماء ، مثل أغشية التناضح العكسي (Reverse Osmosis Membrane)، الشكل (٧)، التي لها قدرة على فصل الأيونات ذات الأقطار ٠,٠٠١ ميكرون وأقل، أي ما يعادل أقل من ١٢٥ وزن جزيئي ، حيث تستخدم بشكل أساسي في تحلية المياه و إنتاج مياه قليلة الأملاح ، وغالباً ما يسبق استخدام أغشية التناضح العكسي في تحلية المياه وجود المرشحات متناهية الصغر؛ لتعمل على فصل الجسيمات الدقيقة والغرويات الذائبة وذلك لحماية أغشية التناضح العكسي ورفع كفاءة إنتاجيتها وإطالة عمرها التشغيلي.



● مرشح غشائي منزلي .



● شكل (٦) فعالية ترشيح بعض المواد بالترشيح الغشائي .



● شكل (٧) تفاصيل غشاء التناضح العكسي .