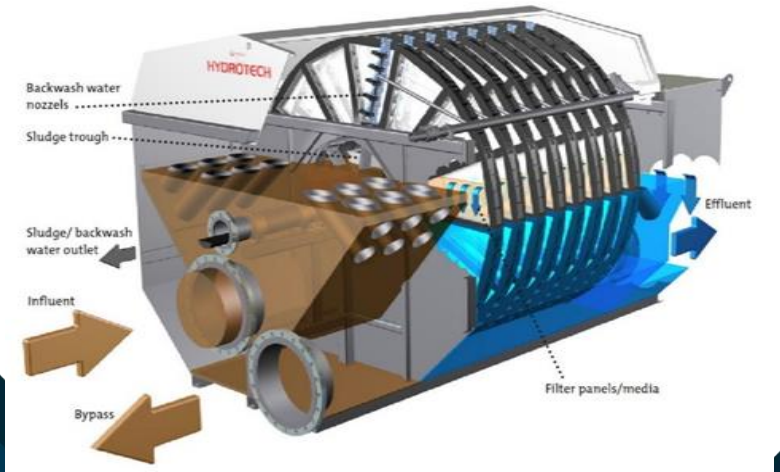
الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب



تكنولوجيا المعالجة الثلاثية

كيميائي - درجة ثانية

تم إعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي
الإصدار الثاني -2022.

Contents

مقـــــــــــدمـــــة 3
الغرض من المعالجة الثلاثية:..... 3
تكنولوجيا المعالجة الثلاثية: 4
عوامل اختيار تكنولوجيا المعالجة الثلاثية..... 4
طرق المعالجة الثلاثية :..... 4
أهم الملوثات المراد التخلص منها بالمعالجة الثلاثية : 4
طرق إزالة الملوثات : 4
المواد الصلبة العالقة : 4
ازالة الرائحة واللون والمواد العضوية المغذية 22
ازالة الملوثات البيولوجية وبعض الملوثات الكيميائية بالاكسدة 24
ازالة الاملاح الذائبة..... 26
ازالة المغذيات..... 31

مقـــــــــــــدمـــــــة

تعرف المعالجه الثلاثيه بالمعالجه المتقدمه وذلك باستخدام تقنيات خاصه ومتعدده لازاله الملوثات المتبقيه في المياه حيث تقوم محطات معالجة مياه الصرف الصحي بشكل اساسي بازالة الملوثات الرئيسية ومن اهمها المواد العضوية والمواد العالقة وتنقسم معالجة مياه الصرف الصحي من حيث المراحل الى معالجة ابتدائية وثنائية وثلاثية وترتبط جودة السيب الناتج غالباً بالمرحلة التى ينتج منها .

فمثلا تقوم المرحلة الابتدائية بازالة حوالي 35 – 50 % من الاحمال العضوية و 50 – 70 % من المواد العالقة بينما تقوم المرحلة الثانوية بازالة حوالي 95 - 98 % من الاحمال العضوية والمواد العالقة وتلبية للحصول على جودة اعلى للمياه بغرض توسيع نطاق استخدامها وجب التعرف على المعالجة الثلاثية.

تشمل المعالجة الثلاثية العديد من التقنيات الفيزيائية والكيميائية، والتي يمكن أن تستخدم بعد عمليات المعالجة البيولوجية في المرحلة الثانوية، بهدف تلبية متطلبات عمليات المعالجة الكلية للوصول إلى مستويات وجودة المياه المطلوبة من حيث المتطلبات البيئية لإعادة استخدامها.

و يتم في هذه المرحلة إزالة باقي الملوثات من المياه الناتجة من محطات المعالجة والتي لم يتم إزالتها أو التخلص منها بشكل تام في عمليات المعالجة الثانوية، وذلك للوصول إلى الحدود المقبولة من محتوى المواد الصلبة الكلية (TS)، ومحتوى الاحمال العضوية (BOD, COD) وإزالة المغذيات (النيتروجين، والفسفور) وإزالة السموم المركبات العضوية المتطايرة و المعادن. كما يمكن أن تشمل عمليات المعالجة الثلاثية تقنيات الفصل الفيزيوكيميائية مثل استخدام امتصاص الكربون المنشط والترويب والترسيب و ترشيح الأغشية و التبادل الأيوني و إزالة الكلورة والتناضح العكسي

1. الغرض من المعالجة الثلاثية:

هو الحصول علي كفاءه اعلي لازاله المواد الملوثه والمتبقية في السيب النهائي بعد المعالجه الثانويه والتي تتمثل في :

المواد العالقه - الاحمال العضويه - المواد الغير العضويه الذائبه (النتروجين - الفوسفور)-اللون - الرائحه – الاملاح المعدنيه الذائبه – خفض المحتوى البكتيرى .

ولذا يجب معرفة خصائص المواد الملوثة الموجودة في السيب النهائي لتحديد التكنولوجيا المطلوبة للمعالجة.

2. تكنولوجيا المعالجة الثلاثية:

عوامل اختيار تكنولوجيا المعالجة الثلاثية

يتوقف اختيار نوع المعالجه الثلاثيه لمياه الصرف الصحى المعالج والوحدات المكونه لها علي أساس :

1- درجه المعالجه السابقه
2- الاشتراطات والمعايير المطلوبه (طبقا لغرض استخدام المياه المعالجة)
3- نوعيه الموثات الموجوده
4- درجه المعالجة المطلوبه

طرق المعالجة الثلاثية :

1- معالجه طبيعه مثل (الترشيح ، .....)
2- معالجه فيزوكيميائيه مثل (الترويب ـ الترسيب ـ الترشيح)
3- كيميائيه مثل (التعقيم- التبادل الايوني- التحليل الكهربائي)
4- بيولوجية مثل (ازالة الفوسفور والنيتروجين)

أهم الملوثات المراد التخلص منها بالمعالجة الثلاثية :

1-المواد الصلبة العالقة
2- اللون والرائحة والمواد العضوية الذائبة
3- الملوثات البيولوجية وبعض الملوثات الكيميائية (الفينول ـ العناصر الثقيلة)
4- الاملاح الذائبة
5- المغذيات (النيتروجين ـ الفوسفور)

طرق إزالة الملوثات :

1- المواد الصلبة العالقة :

قد تكون هذه المواد عضويه او غير عضويه وتسبب عكاره ولون ورائحه وتسهل نمو البكتيريا ويتم ازالتها عن طريق عدة طرق للازالة

- الترشيح بأنواعه
- استخدام المصافي الميكرونية

- الترسيب باستخدام المواد الكيميائية ثم الترشيح

أولا : الترشيح

هو عملية فيزيائية لإزالة المواد العالقة في المياه المعالجة عن طريق امرارها خلال وسط مسامي يسمح بنفاذ المياه وحجز المواد العالقة.

تتضمن فكره الترشيح تقليل المواد العالقه عن طريق اضافه مواد كيميائيه مرسبه يتبعه اما

1- ترسيب حيث ترتبط المواد العالقه بالهيدروكسيدات الهلاميه مكونه مايعرف بالندف والتي تصبح ذو حجم ووزن كبير مما يسهل ترسيبها مثال للمواد المرسبه كبريتات الالومنيوم -كلوريد الحديديك البوليمرات

2- تعويم ويتم اللجوء اليه في حاله صغر المادة العالقه المترسبه والتي تحتاج الي وقت كبير لترسيبها لذا يستخدم التعويم حيث تساعد الفقاعات الهوائيه المضغوطه في تعويم المواد المتجمعه الي سطح الحوض للكشط مع ملاحظه ان التعويم يساعد في اكسده المواد العضويه القابله للاكسده ممايسهل عمليه خفض المحتوي العضوي مع الاخذ في الاعتبار ان الجدوي الاقتصاديه للتعويم اكثر كلفه

لا يحدث خلال عملية الفصل أي تفاعلات كيميائية، حيث أن عملية الفصل تتم بين طورين الطور السائل "المياه المعالجة"، والطور الصلب هو المواد الصلبة العالقة.

وتستعمل المرشحات في المعالجة الثلاثية اما منفرده او مع طرق اخري وغالبا ما تستخدم بعد المعالجه البيولوجيه او الكيميائيه حيث تقوم بحجز المواد العالقه سواء كانت عضويه او غير عضويه وكذلك جزء من البكتيريا و جزء من الامونيا والمحتوي العضوي لإمكانيه حدوث تفاعل بيولوجي علي جسم المرشح

وتشتمل المواد أو الشوائب الصلبة العالقة على كل من :

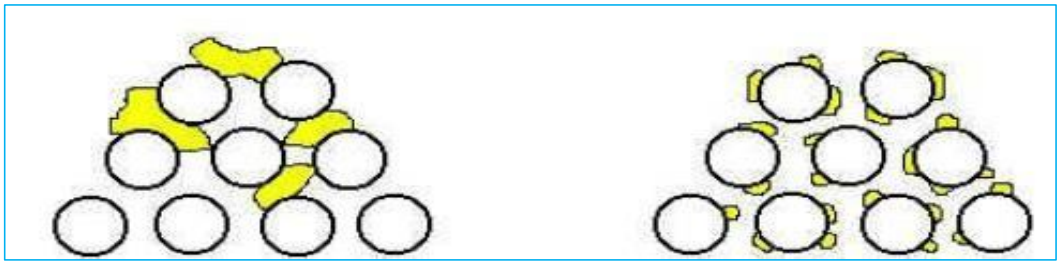
- دقائق الأتربة التي تختلط بالمياه أثناء مرورها خلال عملية الضخ والنقل والتخزين.
- المواد العضوية : وهي عبارة عن مخلفات عضوية متبقية من المعالجة الثنائية .
- الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا والفطريات والطحالب .
- المواد غير العضوية مثل مركبات الحديد والمنجنيز .

فكرة عمل المرشح :-

نتيجة مرور المياه المستمرة خلال المرشح تتكون طبقة مع مرور الوقت من الشوائب على سطح وسط الترشيح تسمي "بكيكة الترشيح"، أو الحصيرة – الفرشة- والتي تعد الوسط الحقيقي لعملية الترشيح حيث تتم خلالها عملية الترشيح بشكل فعال ذلك قبل أن تصل سماكتها إلى درجة تمنع مرور المياه وتعيق عملية الترشيح. حيث أنه ومع مرور الوقت تصبح هذه الطبقة عائقا لعملية الفلترة وتسبب ارتفاعا ملحوظا في فاقد الضغط حيث يحدث انخفاض في تدفق المياه من خلال الفلتر نتيجة زيادة فاقد الضغط .

تتم عملية الترشيح طبقا للأسس التالية:

- التصاق المواد العالقة بحبيبات الوسط الرشيحي، وتسمى عملية امتزاز
- ترسيب بعض المواد العالقة في فجوات بين الوسط الرشيحي، والتي تعمل كمصفاة تحجز المواد العالقة ذات الأحجام الكبيرة نسبيا وهي عملية ميكانيكية. يبين الشكل الفرق بين عمليتي الامتزاز " فيزيائية"، وعملية الحجز "ميكانيكية"(شكل 1)
- تكون طبقة هلامية على سطح الوسط الرشيحي من المواد العالقة الدقيقة وما يحتمل تواجده من كائنات حية دقيقة، مما يساعد على امتزاز وحجز المواد العالقة.
- اختلاف الشحنات الكهربائية على كل من المواد العالقة وحبيبات الوسط الرشيحي ، مما يساعد على جذب والتصاق هذه المواد بحبيبات الوسط الرشيحي



شكل 1 : يبين الفرق بين عملتي الامتزاز " فيزيائية"، وعملية الحجز " ميكانيكية"

أوساط الترشيح

تستخدم لأغراض الترشيح والفلترة مواد مختلفة بعضها من مصادر طبيعية، وبعضها من مصادر صناعية ،يعتمد اختيار وسط الترشيح على عوامل عديدة، ومن أهمها:

1 ـ حجم المواد الصلبة

يتم اختيار وسط الترشيح بحيث تكون مسامه أصغر من حجم دقائق المواد الصلبة المراد إزالتها، مع مراعاة أنه كلما قل قطر مسام وسط الترشيح كلما زاد فرق الضغط الفاقد مما يسبب انسداد المسام وتوقف عمليات الفلترة بعد وقت قصير.

2ـ درجة التنقية المطلوبة

كلما كانت درجة عمليات التنقية المطلوبة فائقة، فانه من الضروري اختيار فلاتر بكفاءة عالية (مسام بينية اصغر)

3ـ **فترة التشغيل**

يوجد أوساط ترشيح تتحمل فترات تشغيل طويلة دون أن تتأثر كفاءة الفلترة، بينما هناك أوساط أخرى لا تتحمل فترات طويلة.

4ـ الغسيل والتنشيط

من الضروري اختيار أوساط ترشيح تكون سهلة الغسيل، واقتصادية وخاصة في العمليات الصناعية الضخمة.

5ـ التكلفة

تعد التكلفة الاقتصادية من المحددات الرئيسية في اختيار أوساط الترشيح، وبخاصة في الوحدات الصناعية التي تستهلك كميات كبيرة من الوسط الترشيحى في عمليات المعالجة.

الأوساط المستخدمة في عملية الترشيح

تنقسم المواد المستخدمة في عملية الترشيح من حيث طبيعتها إلى :

- طبيعي – مثل الفحم والرمل
- صناعية – عبارة عن ألياف صناعية يتم تخليقها ذات مسافات بينية ضيقة أو فجوات صغيرة

ـ من أهم الأوساط المستخدمة في عمليات الترشيح ما يلي:

1ـ الرمال

تعد الرمال من أرخص الأوساط المستخدمة في عمليات الترشيح، وتستخدم بشكل واسع في المرشحات الرملية، حيث يستخدم رمل الكوارتز لهذا الغرض. يستخدم الرمل بسماكات مختلفة تصل إلى 700 مللي للطبقة الواحدة، وبأقطار مختلفة تتراوح ما بين 0.55 – 0.45 ملم.

ولتحديد الأقطار المقبولة، والمطلوبة للرمال ،تستخدم تقنية" التحليل بالمناخل" وهي عبارة عن مجموعة من المناخل الرأسية المرقمة حسب فتحة كل منخل ،ليعطي كل منخل رقم يسمى "Mesh Number"، ويتم تحريك المناخل من خلال هزاز كهربائي، وتؤدي عملية التحريك إلى حجز الرمال على سطوح المناخل حسب حجمها، وبالتالي يتم تحديد قطر هذه الحبيبات على كل منخل

2ـ فحم الأنثراسيت

يستخدم هذا النوع من الفحم كبديل للرمال في بعض محطات المعالجة بالترشيح، وقد يستعمل مع الرمال، ومواد أخرى كوسط خليط للترشيح، وتستخدم هذه النوعية من المرشحات بسماكات قريبة من شبيهاتها في أوساط الرمال.

3ـ الأوساط المخلوطة.

أصبح استخدام أكثر من وسط "خليط "للترشيح أمرا شائعا ، بحيث توضع الحبيبات الأكبر حجما والأقل كثافة في أعلى حشوة الوسط بينما توضع الحبيبات الأقل حجما والأكثر كثافة في أسفل الحشوة، كما يبين (**الشكل 2**) ، تستخدم عادة مجموعة من المواد كأوساط مخلوطة كطبقات فوق بعضها البعض كما يبين (الجدول 3)، ولدى مرور المياه من أعلى إلى أسفل فان هذه الأوساط المخلوطة تضمن عملية نفاذية منتظمة لفترات طويلة قبل الحاجة إلى عملية الغسيل العكسي

الشكل 2: شكل خليط أوساط الترشيح في المرشحات

نوع الوسط	القطر الفعال (ملم)	الوزن النوعي
الأنثراسيت	0.7-1.7	1.4
الرمال	0.3-0.7	2.6
الجرانيم	0.4-0.6	3.8
الماجنتايم	0.3-0.5	4.9

جدول3 : أنواع مختلفة من الأوساط تستخدم في فلاتر الترشيح

أنواع المرشحات

تنقسم أنواع المرشحات إلى

- **مرشحات تعتمد على سرعة الترشيح** مثل، المرشحات الرملية البطيئة، والمرشحات الرملية السريعة.
- **مرشحات تعتمد على نوع طبقة الترشيح** فنجد مرشحات الرمل، أو الفحم، أو الإثنين معا .
- **مرشحات تعتمد على عدد طبقات الترشيح :** المرشحات ذات الطبقة الواحدة أو متعددة الطبقات
- **مرشحات تعتمد على اتجاه الترشيح**، فهناك المرشحات التي يتم فيها الترشيح من أعلي إلى أسفل وهو النوع الشائع، أو من أسفل إلى أعلي.
- **مرشحات تعتمد على الضغط**
- **مرشحات تعتمد على الاغشية والمسافات البينية بين فراغاتها** وتشمل المرشح الميكرو micro filter والمرشح الفائق ultra filter والمرشح النانو nano filter

ـ مرشحات الرمل البطيئة

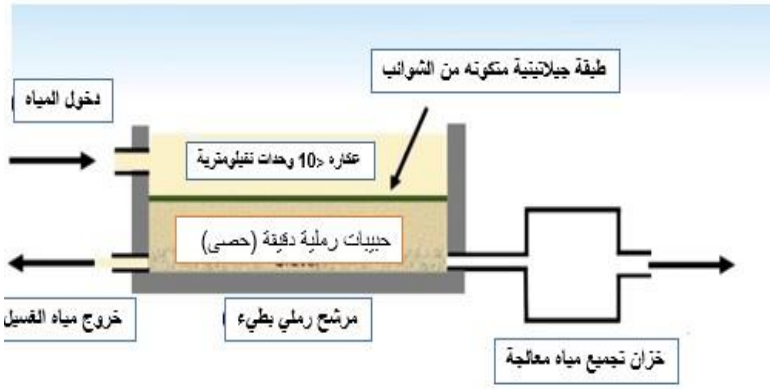
يعتبر مرشح الرمل البطيء " من أوائل أنواع المرشحات، إلا أنه لم يعد شائعا في الوقت الحالي بسبب بطئه الشديد، واحتياجه إلى مساحات أراضي شاسعة، كما أنه غير مناسب في الأجواء الحارة حيث تنمو الطحالب بكثرة، وينحصر استخدامه على ترشيح المياه ذات العكارة المنخفضة

فكره العمل يتراوح معدل الترشيح بين 2-3م^3/م^2/ يوم وعمق الوسط الترشيحي من 30-75سم ويتكون من طبقه زلط التي تعلو نظام التصريف السفلي وتعتمد علي فكره علي تكوين طبقه رقيقه علي سطح المرشح والتي تزداد سمكا بمرور الوقت والتي تلعب هذه الطبقة بجانب حجز المواد ذات

الحجم الأكبر بالمساعدة في التخلص من الأحمال العضوية ويستمر المرشح بكشط هذه الطبقة الرقيقة وعمل عملية استعاضة لطبقة الرمل.

على الرغم من أن مرشحات الرمل البطيئة تحتاج مساحات أراضي تزيد بـأكثر مـن 30 مـرة عن مساحة مرشحات الرمل السريعة، إلا أنها تمتاز بعدة **مميزات منها**:

- انخفاض التكلفة التشغيلية.
- لا تحتاج إلى كيماويات للمساعدة في تجميع الرواسب.
- انخفاض استهلاكات الطاقة أو المياه لعدم الحاجة لإجراء عمليات الغسيل اليومية.
- عدم وجود مشكلات التخلص من مياه الغسيل، حيث يتم تنظيف المرشـحات البطيئـة علـى فترات طويلة تمتد لعدة أشهر دون الحاجة إلى عمليات غسيل يومية.



شكل 4: مخطط مرشح رملي بطيء

ـ مرشحات الرمل السريعة

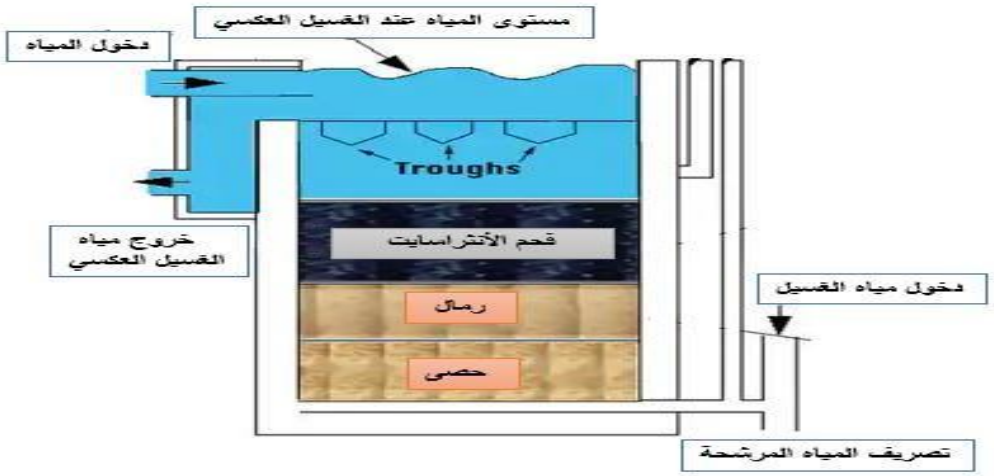
مرشـحات الرمـل السـريعة " وتعـرف أيضـا بالمرشـحات الميكانيكية، وهي عبارة عن أحواض خرسانية مستطيلة تحتوي عادة على طبقات مختلفة متتالية من الحصى، والرمـال، وعـادة فحم الأنثراسيت. يوجد فـي قـاع الحـوض مصـافي لتجميـع الميـاه المرشحة، كما توجد مجموعة صرف " لتجميع المياه التي يتم ترشيحها خلال جميع أجزاء المرشح، كما أنها تقوم في الوقت نفسه بتوزيع مياه الغسيل على جميع أجـزاء المرشح. تستخدم هذه النوعية مـن المرشـحات فـي حالـة أن تكون كميـات الميـاه المـراد ترشـيحها كبيـرة، ويسـتخدم المرشـح السـريع ضـمن مجموعـة معالجـة متكاملـة تتضـمن الترسيب، والترويب ، والترشيح.

وتعتمد نظرية الترشيح على:

1. تقوم حبيبات الرمل بعمل مصفاة لحجز المواد العالقة.
2. تترسب المواد الأصغر في الحجم في المسافات البينية بين حبيبات الرمل
3. تلتصق المواد العالقة بحبيبات الرمل وسواء كانت هذه العمليات (حجز – ترسيب – التصاق) تسمى ظواهر ميكانيكية.
4. تلعب البكتريا دورها باتمام بعض التفاعلات البيولوجية
5. تحدث بعض التفاعلات الكهروكيميائية بين الشحنات الموجبة والموجودة في املاح الحديد والمنجنيز. والشحنات السالبة الموجودة في المواد العالقة اللاصقة على حبيبات الرمل مما يساعد على ازالة جزء من املاح الحديد و المنجنيز.

<u>تختلف المرشحات البطيئة عن المرشحات السريعة في عدد من الأمور ومنها:</u>

- معدل ترشيح المرشحات السريعة يتراوح ما بين 100-125 م^3/م^2 يوم، بينما معدل ترشيح المرشحات البطيئة لا يتعدى 3-8 م^3/م^2 يوم.
- طريقة التنظيف للمرشحات السريعة تتم بعملية الغسيل العكسي في فترة زمنية قصيرة .
- عمليات الغسيل للمرشحات البطيئة تتم عن طريق إزالة الطبقة الجيلاتينية المتكونة فوق سطح الرمال
- التكلفة الانشائية للمرشحات السريعة أقل من المرشحات البطيئة
- تكلفة التشغيل للمرشحات السريعة أعلى نسبيا من المرشحات البطيئة



شكل 5 : مخطط لمرشح رملي سريع

المشاكل الفنية للفلاتر الرملية

المشكلة : تكون فقاعات من الهواء المذاب في الماء داخل وسط الترشيح نتيجة ارتفاع درجة الحرارة، أو بسبب الأكسجين المنطلق من الطحالب المتراكمة في داخل وسط الترشيح، أو بسبب بعض المشكلات الفنية الناتجة عن انخفاض ضغط المرشح عن الضغط الجوي.

العلاج: عن طريق السيطرة على الطحالب بإضافة الكلور، بينما يمكن إشباع الماء بالهواء والمحافظة على درجة الحرارة داخل المرشح.

المشكلة : تكون طبقة كثيفة ناتجة عن تجمع وتكون كميات من الطين" الوحل" على سطح المرشح، ومع بداية عملية الغسيل العكسي يندفع الطين على شكل كرات كثيفة إلى أسفل المرشح في اتجاه الحصى.

- **العلاج :** باستخدام تيار من الماء، والصودا الكاوية، وقد يستخدم تيار قوي من الهواء في بعض الأحيان.

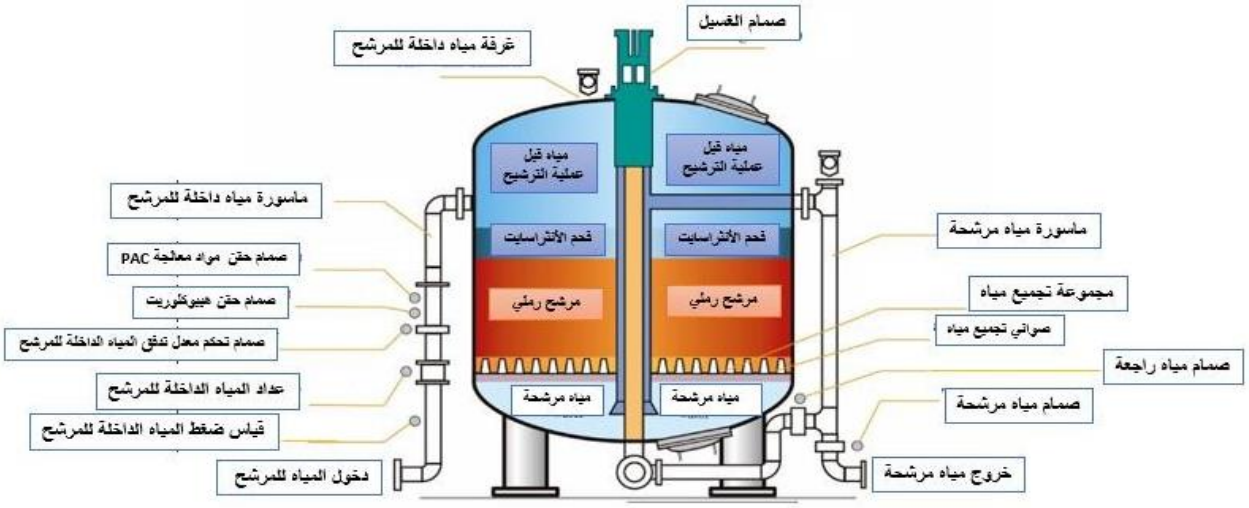
مرشحات الضغط

تعد مرشحات الضغط أحد أنواع المرشحات السريعة، والتي تعتمد على إجراء عملية الترشيح داخل وعاء مغلق تحت ضغط ،وتتشابه مع مرشحات الرملية في احتواءها على أوساط ترشيح مع طبقة الحصى الداعمة لوسط الترشيح، مع نظام التصريف وتجميع مياه المرشح، ولكن لا تحتوي على قنوات لتصريف مياه الغسيل،.

توضع في مرشحات الضغط طبقات من الرمل، والحصى داخل أسطوانة مغلقة من الصلب في الاتجاه الأفقي أو الرأسي، تتحمل ضغط داخلي لا يقل عن 2 ضغط جوي، وتدخل المياه المراد ترشيحها من أعلى وتمر بطبقات الرمل والحصى إلى أسفله، حيث تتجمع المياه المرشحة.

مصطلح "الضغط" لا يعني أنه يلزم إمرار المياه داخل المرشح تحت ضغط عالي، أو أن الضغط الفاقد داخل المرشح عالي، بل أن الماء يمر خلاله تحت أي ضغط مناسب مثل ضغط طلمبات المياه العكرة " الضغط المنخفض"

تستخدم أنواع من الكيماويات بهدف تحسين كفاءة المرشح " الفلتر"، ومن أهم أنواع المواد المستخدمة المواد المانعة لنمو البكتريا والطحالب، والكائنات الحية الدقيقة " والتي يؤدي وجودها إلى انسداد مسامات أوساط الترشيح، حيث يستخدم الكلور ومركباته مثل هيبوكلوريت الصوديوم. كما تستخدم بعض المواد المخثرة لتجميع الدقائق الرغوية الناعمة جدا على شكل ندفات كبيرة يسهل فصلها.



شكل 6: قطاع في مرشح يعمل تحت ضغط

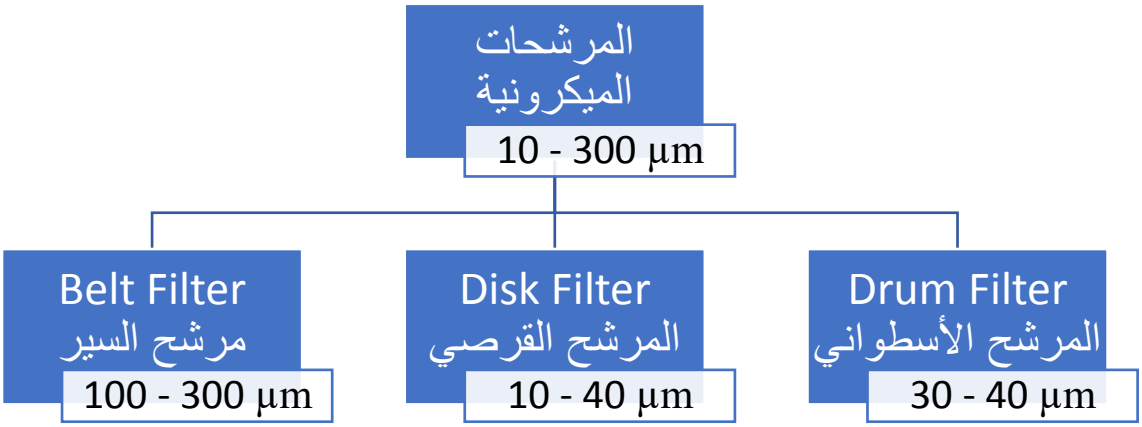
ثانيا : الترشيح بالأغشية الميكرونية

➢ تعريف المرشحات الميكرونية

مرشحات ميكانيكة الحركة ذاتية التنظيف وذومسام تتراوح من 10 - 300 ميكرومتر ، يتم اختيار مقاس المسام حسب

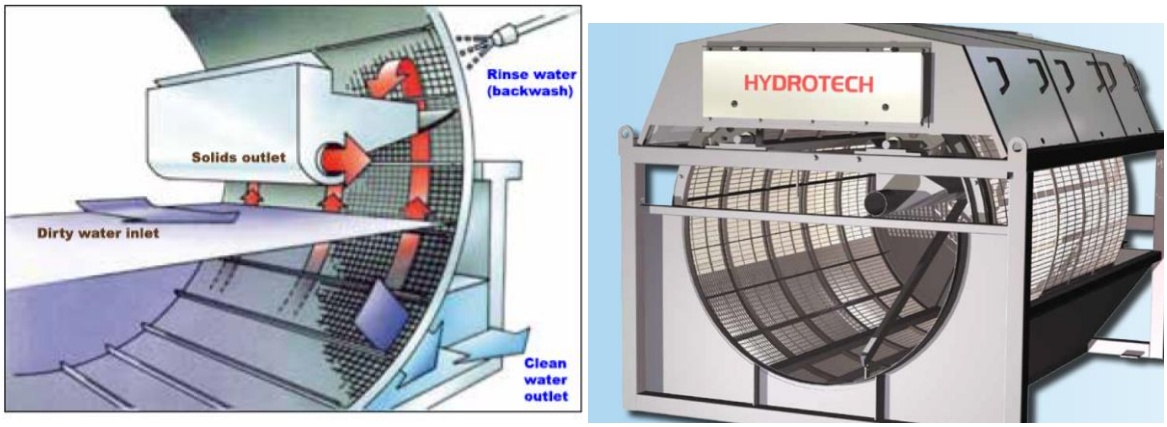
1) حجم المواد العالقة المراد حجزها
2) معدل تحميل المواد الصلبة

➢ أنواع المرشحات الميكرونية



أولا : المرشح الأسطواني Drum filter

هيكل اسطواني مسامي ذو حركة دائرية تمر الماء المراد ترشيحها من داخله إلى خارجه حاجزة المود العالقة داخله و يتم إزالة طبقة المواد العالقة الداخلية بالغسيل العكسي



شكل 7 : مرشح أسطواني

ثانيا : المرشحات القرصية (Disk Filter)

أقراص مثبتة على اسطوانة مركزية ، كل قرص مكون من مجموعة من الفصوص segments كل فص segment له شكل يشبه الماسه

شكل 8 : يوضح شكل الفص وقرص الترشيح

- يختلف عدد الأقراص في الوحدة بناء على كمية التدفق ، كما ان مساحة الفص تتفاوت حسب كمية التدفق ايضا

تصنيف المرشحات القرصة:

يتم تصنيف المرشحات القرصية من حيث

- اتجاه التدفق :

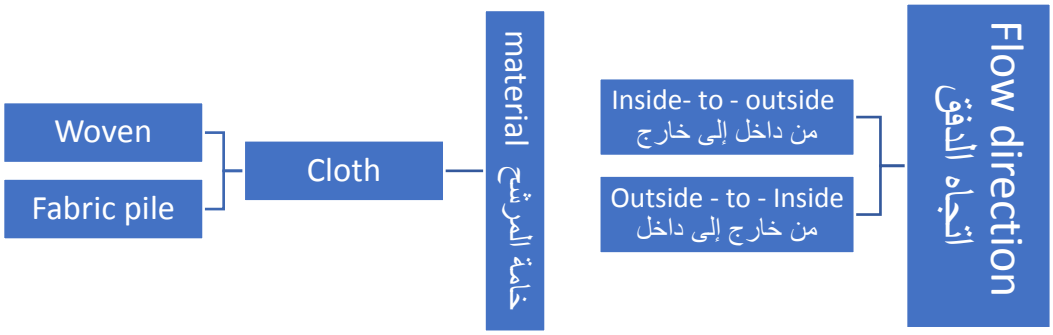
1. **من الداخل إلى الخارج**
2. من الخارج إلى الداخل

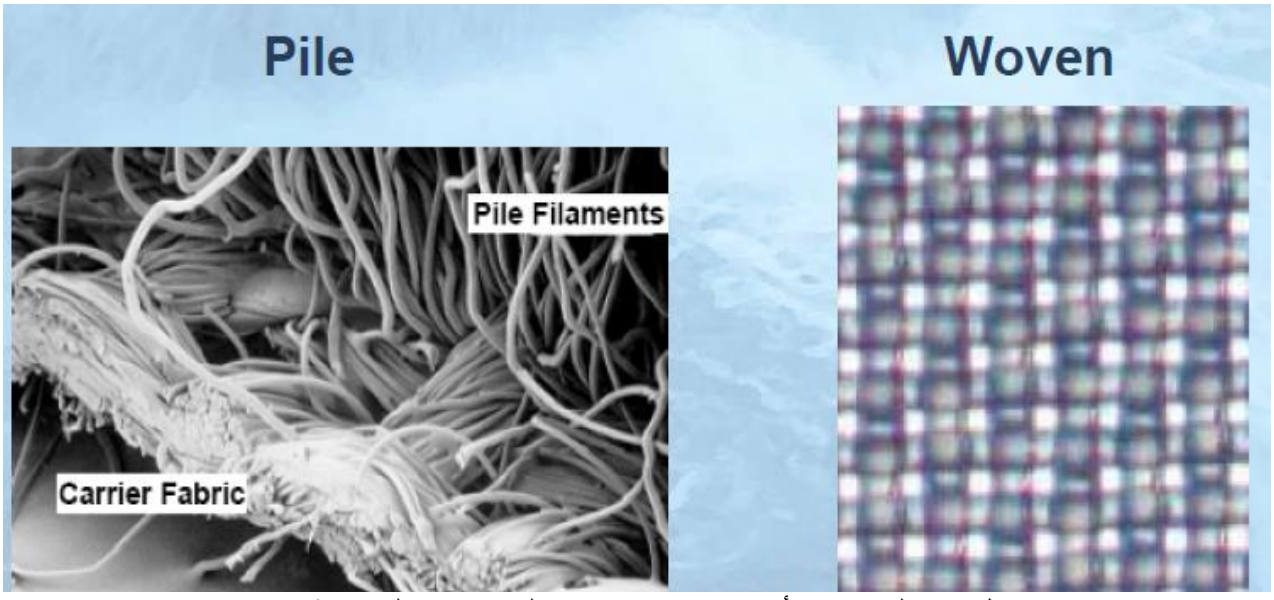
- خامة المرشح

قماشي(نسيجي)

1-كومي pile

2- منسوج Woven

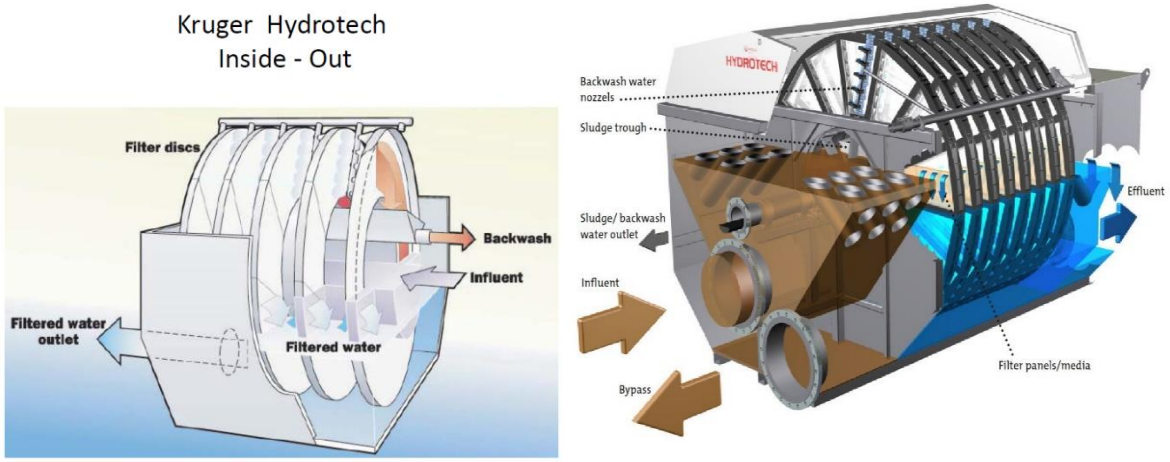




شكل 9 : الفرق بين أنواع خامات تصنيع المرشحات القرصية

أولا : من حيث اتجاه التدفق

- **INSIDE – OUTSIDE من الداخل إلى الخارج**



شكل 10 : عملية الترشيح خلال وحدة الترشيح In-Ou

المكونات :

1) خزان دخول مياه التغذية أي المراد ترشيحها
2) الأسطوانة المركزية CENTRAL DRUM: أنبوب افقي بطول الوحدة ويتوسطها و تمر منه مياه التغذية ،الأسطوانة مفتوحة من ناحية واحدة فقط ، تركب على الاسطوانة المركزية جميع الأقراص بحيث تدور جميعها مع دوران الأسطوانة المركزية ، كما توجد فتحات تصريف لتمر المياه من خلالها إلى فصوص الأقراص segment
3) قناة تجميع مياه الغسيل : تكون أعلى من مستوى قناة التغذية ومتصل بنهايتها ماسورة تصريف
4) أذرع الغسيل مركب عليها رشاشات ، تكون بين الأقراص ، متصلة بطلمبة الغسيل العكسي
5) طلمبة الغسيل العكسي : مصدر التغذية من خزان المياه المرشحة لتدفعها تحت ضغط عبر انبوب إلى أذرع الرشاشات
6) موتور الإسطوانة المركزية : متصل بالإسطوانة لتدويرها ببطء أثناء بدأ الغسيل العكسي
7) خزان تجميع مياه الغسيل : يتم ب تجميع مياه الغسيل
8) خزان تجميع المياه المرشحة (المعالجة ثلاثيا)
9) حاجز التدفق الزائد : لإستيعاب المياه في حالة انسداد المرشح
10) أقطاب ضغط هيدروستاتيك Hydrostatic pressure probe لقياس ارتفاع منسوب المياه ، يوجد واحد منها في خزان التغذية والآخر داخل الأسطوانة المركزية في وحدات التحكم التي تعمل آليا لقياس فرق الأرتفاع ، وفي بعض الوحدات يتم تركيب واحد فقط في خزان التغذية لقياس ارتفاع مياه التغذية فقط

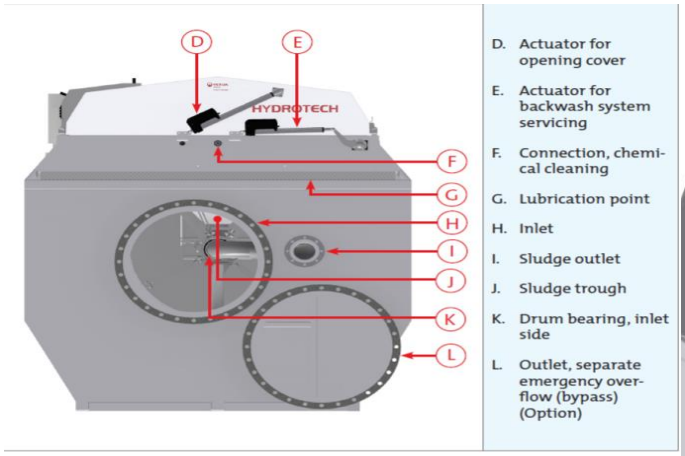
يمكن تركيب وحدة الترشيح الميكرونية في منشأ خرساني أو داخل هيكل معدني ستانليس ستيل

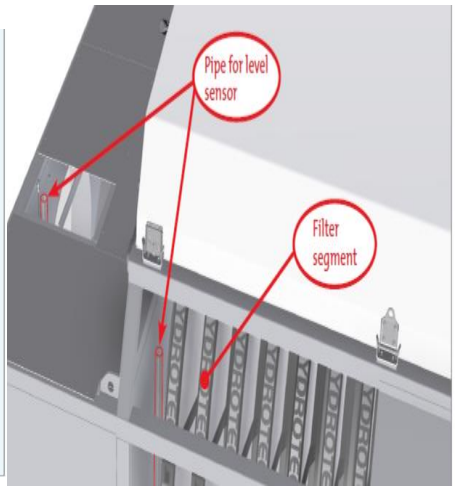
خطوات عمل المرشح القرصي:

1) عن طريق الجاذبية ، تتدفق المياه إلى خزان التغذية ومنه إلى الأسطوانة المركزية
2) عبر فتحات التصريف تملأ المياه غير المرشحة الفصوص السفلية فقط وهي تمثل 65% من المساحة الإجمالية للترشيح تسمى Active Area ، ويبقى حوالي 35 % غير مغمور
3) تمر المياه عبر الفلتر من جانبي الفص لتحجز العوالق الأكبر من مسام الفلتر بداخل الفص المغمور ، في هذه الحالة يكون الديسك فلتر في حالة سكون -أي عدم دوران-
4) مع تراكم طبقة العوالق داخل الفص تحدث إعاقة لمرور المياه عبر الفلتر ويزداد الحمل الهيدروليكي ، فيرتفع بذلك منسوب المياه في خزان التغذية
5) يبدأ اقطاب الضغط في حساب فرق المنسوب ، وعند قيمة معينة تتم عملية الغسيل العكسي
6) في الغسيل العكسي تبدأ الأسطوانة بالدوران ، فتتبدل الفصوص التي لم تكن مغمور فتصبح في الأسفل مغمورة،والتي لم تكون مغمورة تصير في الاسفل وتمتلئ بالماء الراد ترشيحه، ويتوقف الدوران مرة أخرى ، وتبدأ الرشاشات في غسيل الفصوص التي كات مغمورة وتكونت بداخلها طبقة العوالق
7) تتساقط طبقة العوالق داخل قناة الغسيل لتمر إلى خزان تجميع مياه الغسيل وباستخدام طلمبة يتم ضخها إلى المعالجة الإبتدائية اوأحواض التهوية
8) المياه المعالجة تمر الى خزان تجميع المياه المعالجة ومنه الى عملية التطهير

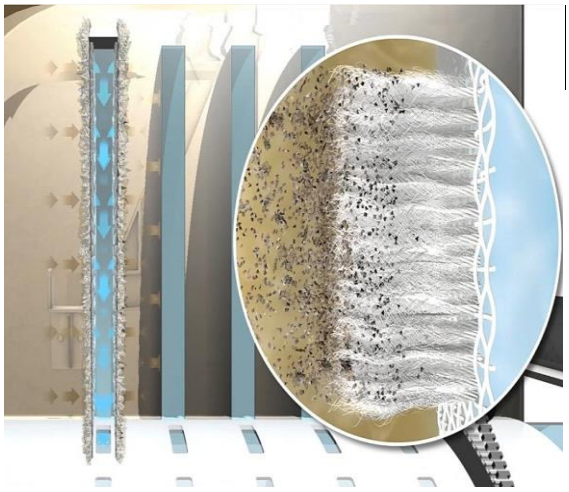
- هذا النوع من المرشحات يوجد بـ(محطة معالجة كيما 1 – كيما 2 - محطة الحاجر "مركز ادفو") أسوان ، محطة بني سويف ، محطة معالجة مياه صرف بحر البقر بسيناء
- يمكن ملاحظة خصائص هذا النوع من المرشحات بالآتي :

1) الأقراص تتحرك جميعا مع بعضها أثناء دورة الغسيل العكسي ، بالتالي يتم الغسيل العكسي في ذات الوقت
2) المساحة الفعلية Active areaللترشيح حوالي 65% من المساحة الإجمالية للأقراص
3) الغسيل يكون بقوة ضغط المياه لإسقاط طبقة الحمأة
4) مادة صنع هذا النوع من المرشحات Woven
5) Pore size = 10 µm
6) حجم مياه الغسيل العكسي = 0.5 – 3 % of Q





- **من الخارج للداخل OUTSIDE – INSIDE**



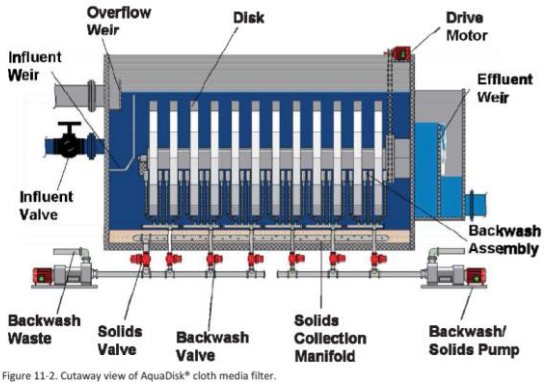


Figure 11-2. Cutaway view of AquaDisk® cloth media filter.

المكونات :

1) خزان مياه التغذية أي المراد ترشيحها : تغمر المياه جميع الأقراص بكامل مساحتها
2) الأسطوانة المركزية CENTRAL DRUM: أنبوب افقي بطول الوحدة ويتوسطها وتمربه المياه المرشحة ،الأسطوانة مفتوحة من ناحية واحدة فقط ، تركب على الاسطوانة المركزية جميع الأقراص بحيث تدور جميعها مع دوران الأسطوانة المركزية ، كما توجد فتحات تسمح بعبور المياه المرشحة من الفصsegment الى الأسطوانة المركزية
3) خط سحب طبقة الحمأة suction pipe : متصل بطلمبة (طلمبات)الغسيل
4) أذرع الشفط : متصلة بخط سحب طلمبة الغسيل
5) طلمبة(طلمبات) شفط طبقة الحمأة (الغسيل) : سحب الحمأة من السطح الخارجي للفلتر
6) محابس الغسيل : مجموعة من المحابس مركبة على خط سحب طلمبة الغسيل ، كل محبس مسئول عن غسيل عدد محدد من الأقراص
7) طلمبة سحب الحمأة المترسبة
8) موتور الإسطوانة المركزية : لتدوير الاقراص اثناء دورة الغسيل
9) خزان تجميع المياه المرشحة (المعالجة ثلاثيا)
10) حاجز التدفق الزائد : لإستيعاب المياه في حالة انسداد المرشح
11) أقطاب ضغط هيدروستاتيك Hydrostatic pressure probe لقياس ارتفاع منسوب المياه ، يوجد واحد منها في خزان التغذية والآخر داخل خزان المياه المرشحة لقياس فرق الأرتفاع (في وحدات التحكم آليا) ، وفي بعض الوحدات يتم تركيب واحد فقط في خزان التغذية لقياس ارتفاع مياه التغذية فقط

يمكن تركيب وحدة الترشيح الميكرونية في منشأ خرساني أو داخل هيكل معدني ستانليس ستيل

خطوات عمل المرشح القرصي :

1) عن طريق الجاذبية ، تتدفق المياه لملئ خزان التغذية لغمر جميع اقراص الترشيح
2) تمر المياه من خارج الفلتر الى داخله تاركة العوالق على السطح الخارجي للفلتر

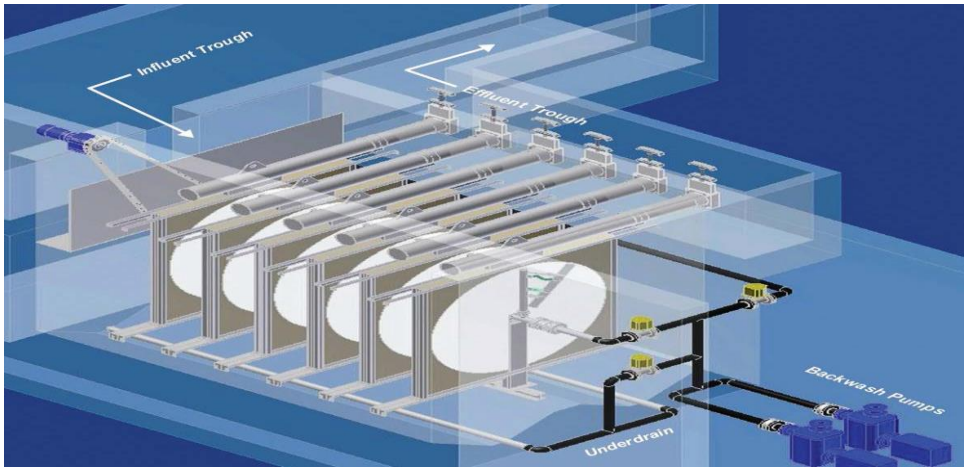
3) نتيجة لإمتلاء الفصوص بالمياه تنتقل عبر فتحات في الاسطوانة المركزية الى خزان المياه المرشحة ومنه إلى التطهير
4) المساحة الإجمالية للترشيح تسمى Active Area ،وفي هذا النوع تكون 100%
5) مع تراكم طبقة العوالق خارج الفص تحدث إعاقة لمرور المياه عبر الفلتر ويزداد الحمل الهيدروليكي ، فيرتفع بذلك منسوب المياه في خزان التغذية
6) تبدأ اقطاب الضغط في حساب فرق المنسوب ، وعند قيمة معينة تتم عملية الغسيل العكسي
7) في الغسيل العكسي هناك طريقتين في التصميم

- أحدهما تصمم بحيث يوجد أكثر من طلمبة غسيل ، كل طلمبة مسئولة عن عدد محدد من الأقراص ، بناء على هذا التصميم تبدأ دورة الغسيل (الشفط) بالتناوب حيث مع دوران الأقراص تكون طبقة العوالق في مواجهة اذرع الشفط(السحب) و تبدأ طلمبة الغسيل الأولى بالعمل لفترة محددة ثم تتوقف وينتقل التحكم لتشغيل طلمبة الغسيل التالية لشفط طبقة العوالق من مجموعة أخرى من الأقراص وهكذا حتى يتحقق في الدورة الواحدة للدوران عمل جميع الطلمبات ، وبذلك تم تخليص الفلتر من الانسداد ، الأمر يشبه لحد كبير طريقة عمل المكنسة الكهربائية ، قد يتطلب الأمر عمل طلمبتين معا ،
- التصميم الآخر يوصف بتركيب طلمبة غسيل واحدة ويتم التناوب على غسيل الأقراص عن طريق محابس ، بناء على هذا التصميم تبدأ دورة الغسيل (الشفط) بالتناوب حيث مع دوران الأقراص تكون طبقة العوالق في مواجهة اذرع الشفط(السحب) و يبدأ المحبس الأول بالفتح لغسيل مجموعة محددة من الأقراص لوقت محدد ثم يغلق المحبس وينتقل التحكم لفتح محبس آخر لغسيل (شفط) طبقة العوالق من مجموعة أخرى من الأقراص وهكذا حتى يتحقق في الدورة الواحدة للدوران عمل جميع المحابس ، وبذلك تم تخليص الفلتر من الانسداد ، قد يتطلب الأمر فتح محبسين معا

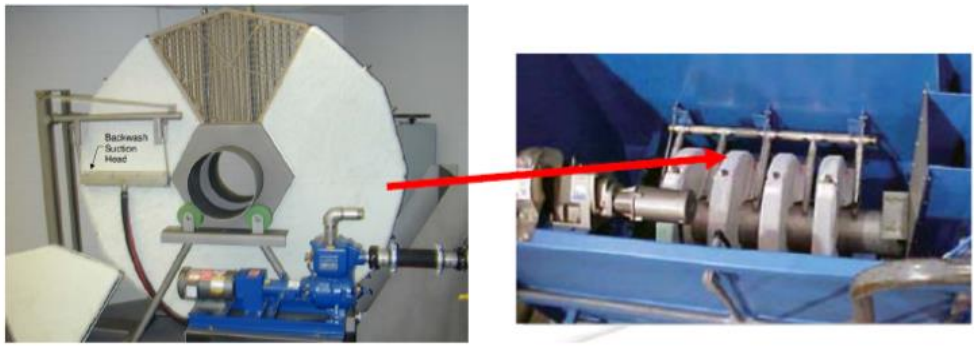
8) باستخدام طلمبة يتم ضخ الحمأة إلى المعالجة الإبتدائية اوأحواض التهوية
9) أثناء شفط طبقة الحمأة يتساقط بعضها ويترسب في قاع خزان الترشيح(التغذية) ، تقوم طلمبة الحمأة المترسبة بضخها ايضا الى المعالجة الابتدائية او التهوية في بعض الوحدات يستغنى عن هذه الطلمبة ليتم سحب الحمأة المترسبة بذات طلمبة الغسيل

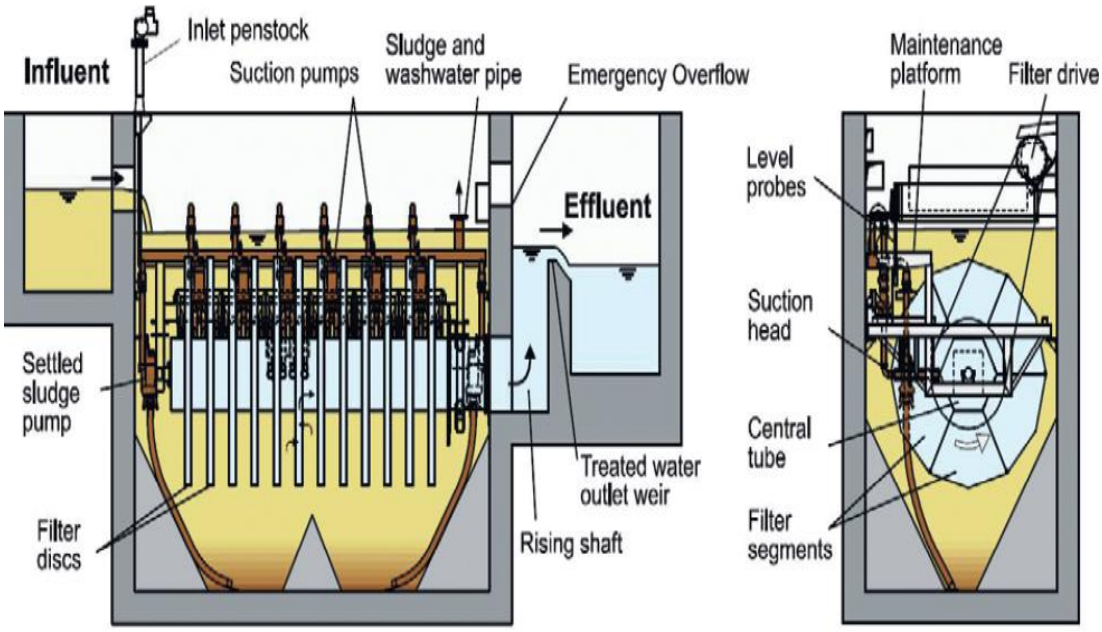
- هذا النوع من المرشحات بالتصميم الأول يوجد بـمحطة معالجة كيما3 - أسوان
- **<u>يمكن ملاحظة خصائص هذا النوع من المرشحات بالآتي :</u>**

1) الأقراص تتحرك جميعا مع بعضها ، لكن غسيل الأقراص يتم بالتناوب
2) المساحة الفعلية Active area للترشيح 100 %
3) الغسيل يكون بشفط طبقة الحمأة يشبه عمل المكنسة الكهربائية
4) خط الشفط قد يكون في أعلى الفلتر او من الأسفل
5) مادة صنع هذا النوع من المرشحات Fabric pile
6) Pore size = 10 µm
7) حجم مياه الغسيل العكسي = 1 – 3 % من تدفق المحطة



شكل 11 : يوضح خط الغسيل العلوي – تحكم محابس





شكل 12 : يبين خط سحب المواد العالقة المترسبة

مجالات تطبيق المرشحات الميكرونية القرصية

1) ازالة المواد العالقة
2) ازالة الفوسفور وذلك بإضافة مروب Coagulant
3) معالجة المياه السطحية

4) معالجة السيب النهائي للصرف الصناعي
5) بمثابة معالجة اولية لانظمة المعالجة بالأغشية
6) اعادة استخدام المياه المعالجة في الري

مميزات المرشحات الميكرونية القرصية

1) المرونة في التشغيل
2) يحتاج مساحة اقل كثيرا من المرشحات الرملية في حال التدفق معيار
3) لا تتطلب توقف التدفق لاجراء غسيل عكسي
4) معدلات غسيل عكسي اقل (اقل من 1% مقارنة بكمية التدفق الكلية) ويتم بصورة آلية
5) لا يحتاج لأفراد تشغيل ذو خبرات
6) كفاءة عالية في ازالة المواد العالقة
7) استيعاب احمال هيدروليكية ومواد صلبة كبيرة
8) يمكن قياس جودة المياه المعالجة ثلاثيا بشكل مستمر عن طريق استخدام بروب قياس العكارة يركب في مجرى السيب النهائي
9) نتيجة للإزالة الفائقة للمواد العالقة ، يمكن تغيير طريقة التطهير باستخدام UV بديلا عن الكلور
10) لا يحتاج لمعدات لتحقيق ضغط اثناء الترشيح بل على العكس التدفق يكون بالجاذبية gravity

عيوب المرشحات الميكرونية القرصية

1) قطع غيار الاغشية مكلف
2) تكلفة التشغيل والصيانة اكبر من المرشحات الرملية

ثالثا :مرشحات السيور(Belt Filter)

تستخدم بعد إضافة البوليمر إلى مياه الغسيل العكسي الناتجة من المرشح الاسطواني والقرصي المحتوية على عوالق الصغيرة جدا لتكثيف الحمأة (العوالق) وتقليل المحتوى المائي

5 – 2 إزالة الرائحة واللون والمواد العضوية الذائبة

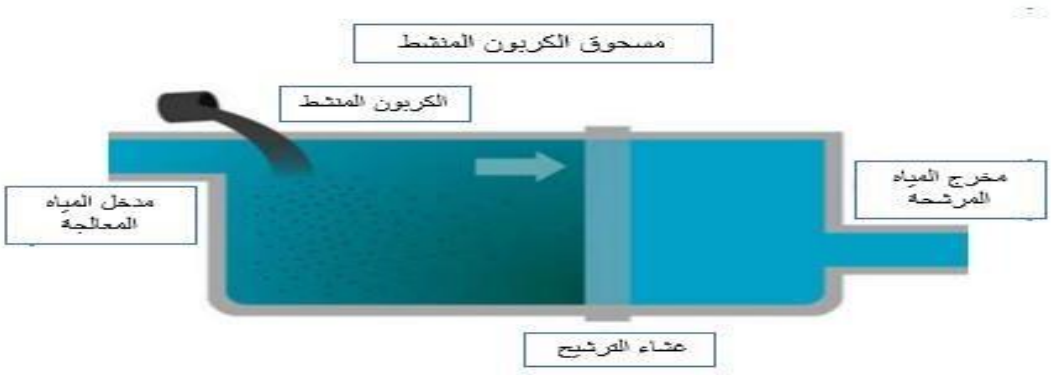
الإمتزاز بالكربون المنشط

الامتـزاز هـو عمليـة تجميـع المـواد الذائبـة فـي محلـول علـى سـطح مناسب . تعالج المياه المعالجة عـادة بالكربون المنشّط بعد المعالجة البيولوجية العادية بهدف إزالـة المادة العضـوية الذائبـة المتبقيّـة أو الجسيمات، والمسببة تغيـرات فـي اللـون، والرائحـة للمياه.
الكربـون المنشـط مـن المـواد ذات القـدرة العاليـة علـى الامتـزاز ،ويمكـن تعريفـه علـى أنـه مـاده مسـامية نتجـت عـن خلـل فـي التركيـب البلـوري أثنـاء التحضـير أدى إلـى ظهور مسـامات يكـون لهـا القـدرة علـى عمليـة الامتـزاز.

شكل 12 : عملية الإمتزاز على الكربون النشط

يختلف الكربون المنشط عن بقية المواد المسامية مثل السيليكا جل، والألومينا ببعض الصفات مثل احتوائه على جميع أنواع المسام، كبيرة الحجم التي يمكن ملاحظتها بسهولة عن طريق المجهر الإلكتروني، وحتى الدقيقة والتي تشترك في الامتزاز تعتمد خواص الامتزاز على حجم مسام الكربون المنشط، حيث تزاد خاصة الامتزاز كلما زاد حجم تلك المسام، وتعتمد أيضا على حجم مسام الكربون طبقا لنوع الكربون المستخدم وطريقة تنشيطه، وتعمل فلاتر الكربون المنشط بكفاءة أعلى في امتزاز الملوثات ذات الحجم الكبير.
يعد الامتزاز بالكربون المنشط من أرخص الطرق المستخدمة في امتزاز الملوثات ،كما بدأت بعض الدراسات في تحضير الكربون المنشط من مصادر جديدة، صديقة للبيئة ،ومنخفضة التكلفة .حيث تم تحضير الكربون المنشط من المخلفات النباتية مثل مخلفات نبات الكاسافا" الغنية بالسليلوز، ومن قشور الجوز، ونوى الخوخ ، ونوى الزيتون، وقشور جوز الهند، إضافة إلى الأخشاب ونوى بعض الفواكه مثل المانجو، والكرز، والتمر
يصُنع الكربون المنشّط بتسخين الفحم إلى درجات حرارة عالية ومن ثمّ تنشيطه عبر تعريضه لغاز مؤكسد. ويؤديّ الغاز إلى إنتاج مسام في الفحم بحيث يزيد من مساحة السطوح الداخلية. وينتشر استخدام نوعين من الكربون المنشّط هما: الكربون المنشّط الحُبيبي ، والنوع الأخر وهو مسحوق الكربون المنشط.
تتم معالجة المياه المعالجة باستخدام الكربون المنشط، بإضافة مسحوق الكربون مباشرة إلى المياه في خزان التلامس لبعض الوقت، الذي يتراوح ما بين 5-20 دقيقة، حيث يترسب المسحوق في القاع ويتم إزالته، كما يبين الشكل يمكن إزالة المعادن الثقيلة الناتجة عن بعض العمليات الصناعية وتشمل كل من الزنك، والنيكل، والحديد، والنحاس ، والرصاص ،والكادميوم، والمنجنيز، بالإضافة إلى المواد العضوية المتطايرة" VOCs"
تعتمد نسبة الإزالة على:

1. زمن التلامس.
2. pH
3. درجة الحرارة
4. تركيز المواد الذائبة
5. حجم ووزن المواد الملوثة



شكل 13 : معالجة المياه باستخدام الكربون المنشط

5 -3 ازالة الملوثات البيولوجية وبعض الملوثات الكيميائية بالأكسدة .

تشمل طرق الأكسدة المتقدمة عديد من الطرق التي تعتمد على تكوين مجموعة الهيدروكسيل التي تقوم بأكسدة الملوثات العضوية بمختلف أنواعها، وتتضمن:

1- المعالجة بالأوزون

المعالجة بالأوزون أو ما يطلق عليها الأوزنة و يعمل خلالها الأوزون على أكسدة ايونات الحديد والمنجنيز ليسهل ترسيبها وإزالتها بسهولة، كما يعمل الأوزون على تكسير الفينول ومركباته، وتحويلها إلى مركبات مفتوحة وثاني أكسيد الكربون وماء.

شكل 14 :صورة لمولدات الأوزون

شكل 15 :حقن الأوزون داخل الوسط المائي بواسطة الثقوب الدقيقة

2- فوق أكسيد الهيدروجين:

يستخدم في أكسدة المواد العضوية السامة بنفس أسلوب تفاعل الأوزون ولكن في وجود الحديد كمنشط

أثبتت التجارب ان فوق اكسيد الهيدروجين له القدرة على معالجة مخلفات المصانع وغالبا ما تتفاعل في وجود الاشعة الفوق بنفسجية ويتم تخزينه في محاليل ذات تركيزات من 35 % إلى 50 %.

3- الكلور

تعد عملية الأكسدة بالكلور "الكلورة"، الوسيلة التقليدية لتطهير المياه المعالجة، وهي الخطوة الأخيرة لعملية التطهير قبل أن تخرج المياه من محطة المعالجة. تعتمد على إضافة كمية محسوبة من الكلور، أو مركبات الكلور ،"هيبوكلوريت الصوديوم" أو هيبوكلوريت الكالسيوم .

يقتل الكلور طيف واسع من الجراثيم المسببة للأمراض، كما يمكن تعريض المياه للأشعة فوق البنفسجية، كوسيلة للتطهير، ولكن هذه الطريقة لا تتمتع بالفعالية الكافية، وخصوصا عندما تكون المياه غير صافية بدرجة كافية، أو لا تزال تحتوي على بعض الجزيئات الصلبة، بينما يعتبر التعقيم بالأوزون الطريقة الأحدث والأعلى فعالية.

$$CL_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl$$

ويعتمد كمية الحقن على الاس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والعكارة ونوعية وكمية الملوثات

4- المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية

لم ينتشر استعمال الأشعة فوق البنفسجية UV على نطاق واسع في معالجة المياه، وبقي محدوداً لتعقيم مياه الشرب لبعد المنشأت الصغيرة وفي شروط معينة، ومن مميزات هذه الطريقة عدم الحاجة على إضافة مواد كيماوية، والتعقيم بالأشعة فوق البنفسجية لا يكون ناجحاً إلا إذا كان الماء خالي من المواد العالقة الدقيقة، حيث أن وجودها يعمل على صعوبة انتقال الأشعة وبالتالي عدم التأثير المباشر على الكائنات الحية الدقيقة

تزداد كفاءة المعالجة بالأكسدة بالأشعة فوق البنفسجية إذا ما تكاملت مع طرق أكسدة أخرى مثل الأكسدة بالأوزون ،أو بماء الأكسجين، وتعطي نتائج جيدة لأكسدة المركبات العضوية الموجودة في المياه.
تستخدم المصابيح الزئبقية لإنتاج الأشعة فوق البنفسجية التي تعطي موجة طولها 254 نانومتر، ويحتوي جهاز المعالجة على عدداً من المصابيح، ويقدر عمر المصباح بنحو 14 ألف ساعة عمل ومن أهم مميزات المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية أنها لا تستعمل المواد الكيماوية، ولا ينتج عنها مواد ثانوية ضارة، وهي سهلة الاستخدام، ومنخفضة التكلفة نسبياً.

شكل 16 : مصباح إنتاج الأشعة فوق البنفسجية

شكل 17 : وحدة المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية بأحد محطات المعالجة

تقنية التناضح العكسي (RO)

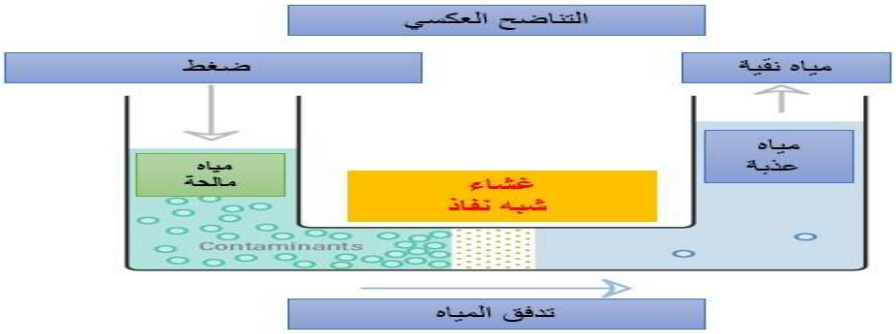
5 - 4 إزالة الأملاح الذائبة

5 – 4 – 1 تنقية التناضح العكسي RO

الأغشية البوليمرية ذات أهمية قصوى في تطبيقات الصناعة مثل تحلية المياه، وفصل الأملاح ،والمعالجة، ويعد التناضح العكسي من أهم طرق الأغشية البوليمرية. كان أول إعلان عن استخدام خاصية التناضح العكسي هو براءة اختراع بالاسم نفسه لإزالة عسر الماء " باستخدام أغشية السيانيد الحديدي على مثبتات مسامية من البورسلين، وفي عام 1952 أنتج في جامعة فلوريدا أغشية مصنعة من " أسيتات السيليلوز" لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسي. وفي ستينيات القرن الماضي تم إنتاج الأغشية الملفوفة" Spiral wound"، وفي السبعينيات ظهرت أغشية الشعيرات الدقيقة المجوفة" hallow fine fiber" مصنعة من مادة البولي أميد. تتميز طرق التحلية بالأغشية عموما بانخفاض الطاقة المستخدمة مقارنة بطرق التحليل الحرارية

تعتمد طريقة التناضح العكسي على الخاصية الأسموزية، حيث تستخدم الضغوط الواقعة على أسطح الاغشية للتغلب على الضغط الاسموزي الطبيعي للماء، حيث انه إذا وضع غشاء شبه نفاذ بين محلولين متساويين في التركيز تحت درجة حرارة وضغط متساويين لا يحدث اي مرور للمياه عبر الغشاء نتيجة تساوي الجهد الكيميائي على جانبيه ،وإذا ما اضيف ملح قابل للذوبان لأحد المحلولين ينخفض الضغط ويحدث تدفق اسموزي للماء من الجانب الأقل ملوحة الى الجانب الأكثر ملوحة حتى يعود الجهد الكيميائي إلى حالة التوازن السابقة .

ويحدث هذا التوازن عندما يصبح فرق الضغط في حجم السائل الأكثر ملوحة مساويا للضغط الأسموزي، وهي خاصية من خواص السوائل ليس لها علاقة بالغشاء. وعند توجيه ضغط مساو للضغط الاسموزي على سطح المحلول الملحي يتم التوصل أيضا الى حالة التوازن ويتوقف سريان المياه من خلال الغشاء. وإذا رفع الضغط الى أكثر من ذلك فان الجهد الكيميائي للسائل سيرتفع ويسبب تدفقا عكسيا للماء من المحلول الملحي باتجاه المحلول الاقل ملوحة وهو ما يعرف بالتناضح العكسي. تصل كفاءة طريقة التناضح العكسي في التخلص من الأملاح إلى أكثر من 99%، وكذلك فإن أغشية التناضح العكسي لها قدرة على التخلص من البكتيريا، والجراثيم، والعناصر الضارة الموجودة في المياه.



شكل 18 – شكل توضيحي يبين تنقية التناضح العكسي

تعتبر أغشـية البولى اميد واسيتات السليلوز هى الاكثر انتشارا في الإستعمال للتخلص من الأملاح الذائبة.

ـ عيوب اغشية السليولوز :

1ـ تاثرها الشديد بالتلوث البيولوجى مما يسبب انسدادها وحاجاتها للغسيل الكيماوى .

2ـ تاثرها بدرجة الحموضة والقاعدية .

- **تتميز بعدم تاثرها بالمواد المؤكسدة**

ـ ومن مميزات البولى اميد قدرتها على تحمل درجات الحموضة اثناء التشغيل

تصنف الاغشية من حيث الشكل الى :

1- الأغشية الأنبوبية "Tubular":

حيث يكون الغشاء علـى شكل أنبـوب يدخل في اسطوانة مسامية تقوم بمثابة دعامة للغشاء، حيث ينفذ المـاء مـن الخلـف وينســاب مـن خلال فتحات في الأسطوانة حيث يتم تجميعه، بينما يبقى الماء المالح خارج الأنبوب والغشاء.

تمتاز الأغشية الأنبوبية بسهولة تنظيفها، إلا أن مـن أهـم عيوبهـا ارتفـاع نسـبة الحجـم إلـى مساحة السطح، بينما يلزم خفض الحجـم لزيـادة الضـغط الـلازم توليـده علـى هـذه الأغشـية لـذا لـم يعـد استخدام هذه الأغشية شائعا.

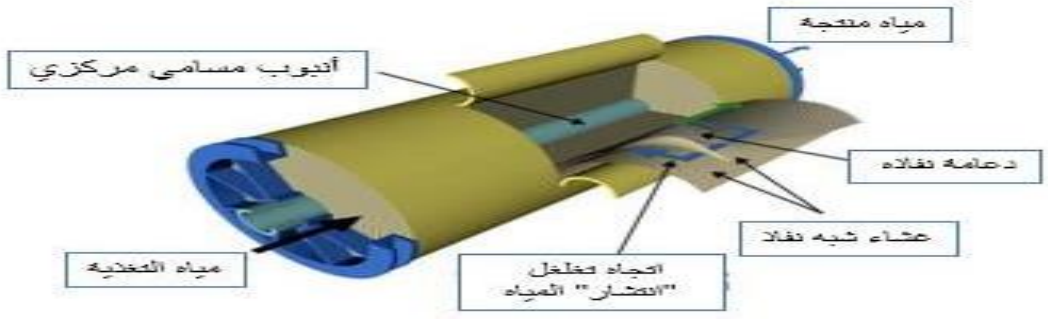
تستخدم مضخات ضغط عالي لتمرير الماء النقي عبر الغشاء وحجز الملح. وتستخدم عادة مضخات طاردة متعددة المراحل "Multi – stage centrifugal" أو مضخات ذا الإزاحة الموجبة " Positive displacement"، مثل المضخات ذات المكبس "Piston pump".

يتوقف اختيار نوع المضخة على نوعية الماء المالح ودرجة ملوحته فكلما كانت درجة الملوحة عالية كان الضغط المطلوب عاليا. زيادة الضغط تؤدي إلى الحصول على انتاجية أعلى من المياه العذبة، لكن على حساب نوعية هذه المياه بمعنى أن نسبة الملح الذائبة في الماء الناتج سترتفع .

وتستخدم عادة ضغوط تتناسب مع قوة ومتانة الغشاء، حيث أنه في حالة تجاوز هذه الضغوط سيعمل ذلك على تلف الغشاء وتهتكه، كما أن استخدام ضغوط قليلة غير مناسبة لهذا الغشاء قد تقلل من إنتاجية الوحدة وانخفاض كفاءتها .وكقاعدة عامة تستخدم مضخات ذات ضغوط تتراوحما بين 17-25 بار إذا كانت ملوحة الماء متوسطة، وتستخدم ضغوط تتراوح ما بين 45-80بار إذا كان الماء مالحا جدا ، بينما تستخدم ضغوط أقل من 17 بار للمياه القليلة الملوحة

1- **الأغشية اللولبية الملتفة** "Wound Spiral " :

تعد الأغشية اللولبية تطويرا للأغشية الأنبوبية حيث يوضع غلاف مسامي غير قابل للانضغاط بين صفيحتين من الأغشية ملتصقتين بحوافهما حول الغلاف المسامي بمادة لاصقة، ويلف الشريط الناتج لولبيا حول أنبوب مثقب. يوضع المحلول الملحي تحت ضغط في وحدة التناضح حيث يمر محوريا على امتداد طول الغشاء من خلال دعامة نفاذه "Spacer" إلى الشريط اللولبي مارا خلال الغشاء إلى الغلاف المسامي الذي يعمل على تجميع الماء من طبقات الأغشية وينقلها الى أنبوب التجميع المركزي من خلال ثقوب صغيرة على امتداد الأنبوب، كما

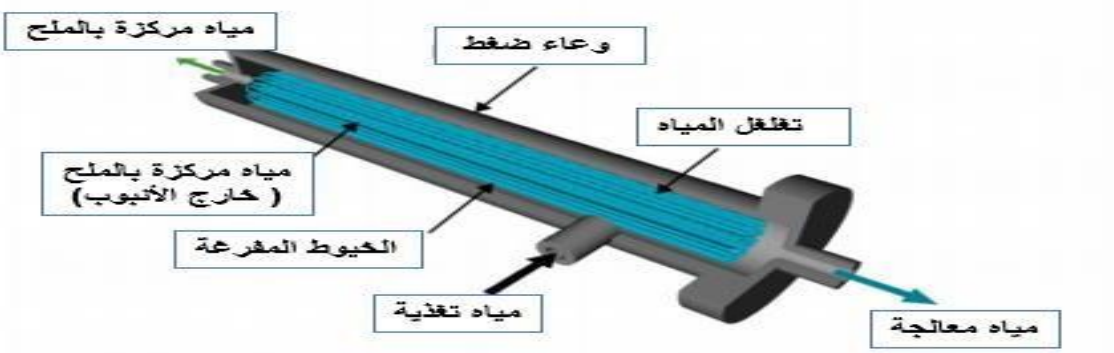


شكل 19 – الأغشية اللولبية

2- **الأغشية ذات الخيوط المفرغة_ (الشعيرات المجوفة** "Hollow Fiber"):

تتكون الأغشية ذات الخيوط المفرغة "Hollow Fiber" من عدد هائل من الألياف المجوفة على شكل حرف "U" حول أنبوب مسامي مركزي، يدخل من خلاله الماء المالح تحت الضغط ويوزع بالتساوي فوق سطح الأنبوب. يعمل الضغط على إجبار الماء على المرور من خلال جدران الألياف إلى الفراغ الداخلي لها ومن هناك يتم سريان الماء إلى طرفي الخيط

المفرغ المفتوحين الى صفيحة تجميع للمياه المعالجة في الجهة المعاكسة لدخول المياه المالحة، أما الماء المركز بالملح فيجري من خلال قناة دائرية على المحيط الخارجي لهيكل الخيوط ثم تخرج من نفس جهة دخول الماء الخام إلى التصريف..



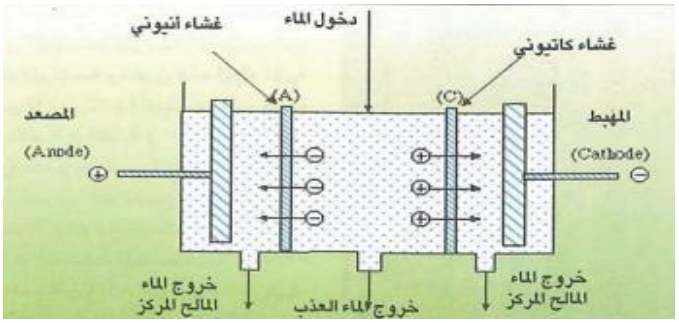
شكل 20 - الأغشية ذات الخيوط المفرغة المستخدمة في عمليات التناضح العكسي

يكون القطر الداخلي للألياف المفرغة "Hollow Fiber " حوالي 40-50 ميكرون، والقطر الخارجي لها يبلغ 85-100 ميكرون، لذا تمتاز هذه النوعية من الأغشية بزيادة نسبة المساحة التي يمر بها الماء إلى حجم الألياف.

الشكل 21 : جانب من إحدى وحدات التناضح العكسي

5 – 4 - 2الانتشار الغشائي الكهربائي " الديلزة الكهربائية"

الانتشار الغشائي الكهربائي، أوالفرز الغشائي الكهربي، أو ما يعرف أيضا بالديلزة الكهربائية "Electrodialysis" ، هي تكنولوجيا قديمة نسبيا تعتمد على انتقال الأيونات الموجبة الموجودة في الماء عبر غشاء شبه نفاذ يسمى الغشاء الكاتيوني"Cationic Membrane "، لا يسمح هذا الغشاء إلا بتمرير الأيونات الموجبة باستخدام قطب كهربائي سالب "Cathode"، وفي المقابل تنتقل الأيونات السالبة عبر غشاء أنيوني " Anionic Membrane " منجذبة نحو القطب الموجب "Anode" ،وبذلك يتم فصل شوائب الأملاح عن الماء ،ويبقى الماء العذب بين الغشائين الذي يتم تجميعه وسحبه من الوحدة وهكذا تستمر العملية

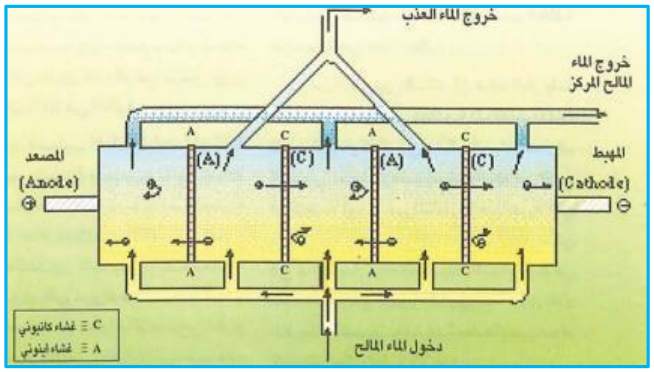


شكل 22 : وحدة الفصل الغشائي

إنتاجية خلية الفرز الكهربائي الواحدة محدودة، لذلك فانه يتم استخدام أكثر من خلية للوصول إلى مستوى الإنتاج المطلوب، لذا فان وحدات الفرز الكهربائي تتكون من عدد من الخلايا.

تتركب وحدات الفرز الكهربائي من عدد من الحجرات الضيقة (خلية) التي يضخ فيها الماء المراد معالجته من خلالها، وتنفصل هذه الحجيرات عن بعضها البعض بواسطة أغشية شبه نفاذة، تسمح بمرور" تنفذ" نوع واحد فقط من الأيونات، حيث بعضها ينفذ الأيونات الموجبة فقط، ويسمي الأغشية الكاتيونية "Cationic membrane"، أما البعض الأخر فينفذ الأيوناتا لسالبة ويسمى بالأغشية الأنيونية "Anionic membranes"، وعندما يمر التيار الكهربائي في هذه الخلايا فان الأغشية شبه النفاذة تقوم بحجز الأيونات على شكل شوائب في الحجيرات الصغيرة المخصصة لذلك في الخلية، وفي نهاية العملية تتجمع المياه النقية في الحجيرات الخاصة بها، بينما تتواجد الأملاح، والكاتيونات، أو الأنيونات في الحجيرات المجاورة،

(الشكل) : الوحدة الصناعية للفرز الكهربائي



المصدر: الفرز الغشائي الكهربائي

تعد طريقة الفرز الكهربائي مناسبة لمعالجة مياه الصرف الصناعي وخاصة مياه الغلايات، لأن هذه الطريقة لا تعتمد على استخدام مواد كيميائية مثل الطرق الأخرى، غير أن هناك عوامل كثيرة أدت الى عدم انتشار هذه الطريقة

1- التكلفة العالية للأغشية،
2- تكاليف التشغيل والصيانة
3- تغير الصفات الفيزيائية والكيميائية للماء، مثل ارتفاع القلوية والتي تساعد على حدوث الترسبات الكلسية في الأنابيب والأوعية.

شكل 23 : جانب من وحدة صناعية لمعالجة المياه بتقنية الفرز الكهربائي

5 - 5 ازالة المغذيات (النيتروجين والفوسفور)

يعتبر الفوسفور والنيتروجين هما المغذيان المسببان لظاهرة النمو الطحلبى مع اعتبار ان هذه ليست المشكلة الوحيدة التى تسببها هذه المغذيات فمثلا الامونيا تعتبر سامة لبعض الاحياء المائية كما ان

النيتريت يسبب مرض الطفل الازرق كما ان الفوسفات يؤثر على الازالة الكيميائية للعكارة ويمكن إزالة المغذيات كيميائيا وبيولوجيا .

أولا: إزالة الفوسفور

يمكن ان يتواجد الفوسفور فى مياه الصرف الخام بنسبة تتراوح من 2-20 ملجم/ل وذلك اما صورة غير عضوية او صورة عضوية وهو ضرورى للمعالجة البيولوجية ووجوده فى مياه السيب النهائى يسبب زيادة النمو الطحلبى وازالته يمكن ان تحدث اما كيميائيا او بيولوجيا

- **الإزالة الكيميائية للفوسفور**

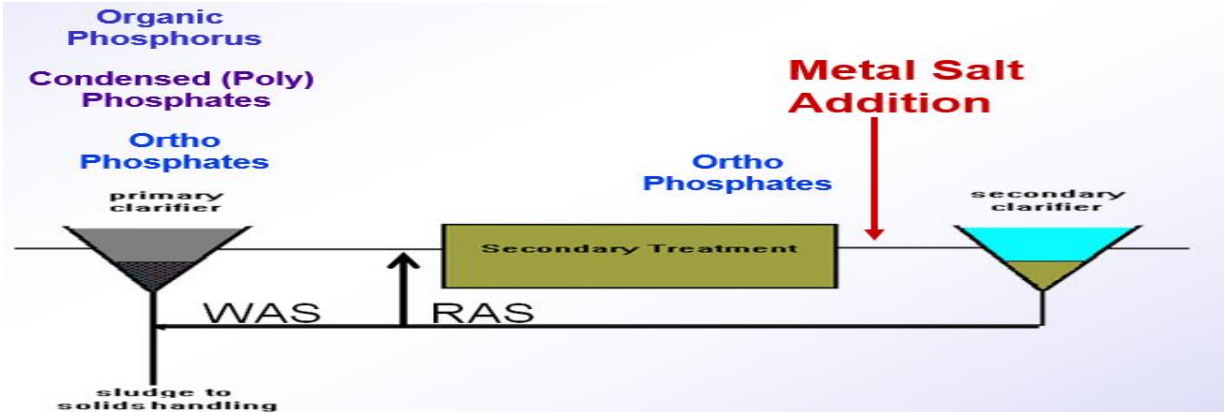
يتم ذلك عن طريقة عملية ترسيب كيميائي بإضافة املاح الألمونيوم والحديد

Metal	compound	Equation	Weight ratio (M^{3+} to P)
Fe^{3+}	$FeCl_3$	$M^{+3} + PO_4^{-3} \rightarrow MPO_4\downarrow$ $Fe^{+3} + PO_4^{-3} \rightarrow FePO_4\downarrow$	Fe^{3+} to P = 1.8 to 1 $FeCl_3$ to P = 5.2 to 1
Al^{3+}	$Al_2(SO_4)_3.14H_2O$ =شبةAlum $AlCl_3$ $Na_2Al_2O_4$ [Sodium aluminate]	$Al_2(SO_4)_3 + 2PO_4^{-3} \rightarrow 2AlPO_4\downarrow$	Al^{3+} to P = 0.87 to 1 Alum to P = 9.6 to 1

ويعيب هذه الطريقة

1- ارتفاع تكلفة عملية الإزالة

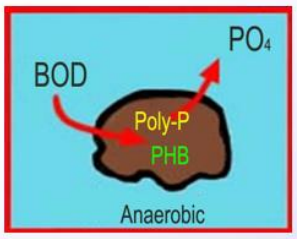
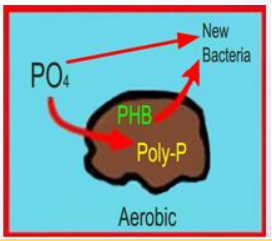
2- زيادة حجم الحمأة الناتجة

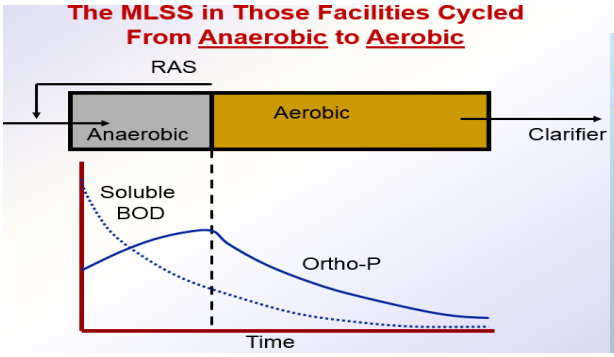


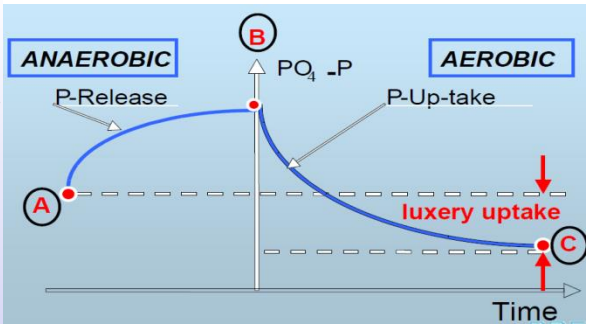
- **الإزالة البيولوجية للفوسفور**

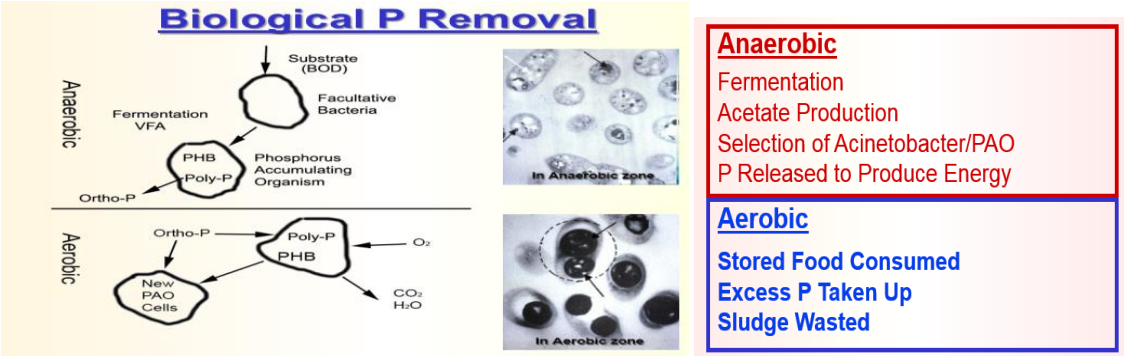
تحتاج البكتريا للفوسفور لاتمام النشاط التكاثرى وبناء خلاياها الجديدة ولذلك يتم ازالة من 20 - 40 % من مركبات الفوسفور فى تكوين خلايا بكتيرية جديدة

ويعتبر أساس فكرة إزالة الفوسفور بيولوجيا هي الإعتماد على تعزيز وتحفيز ونمو أنواع من الكائنات الدقيقة المستعملة للفوسفور كمخزون للطاقة ،وذلك بإضافة حوض لاهوائي[1] قبل حوض التهوية .

الحوض اللاهوائي	1. يتم خلط الحمأة المعادة مع المياه الخام في الحوض اللاهوائي 2. حيث تبدأ الخلايا البكتيرية في هذه الظروف اللاهوائية (بكتريا تخزين الفوسفات PAOs) بامتصاص الأحماض الدهنية المتطايرة وتخزينها على هيئة (PHB) كمخزون استراتيجي ونتيجة لهذه العملية يخرج الفوسفات في صورة أورثو فوسفات ونتيجة لهذه العملية يزيد تركيز الأورثوفوسفات في الوسط المحيط بالخلايا  VFAs (short chain) BOD + Hetero (Facultative) ➔Anaerobic digestion BOD + VFAs + Poly-P + PAO➔ PHB + Ortho-P + Acetate
حوض التهوية	1. تقوم البكتيريا بالأكسدة الهوائية لبقية المواد العضوية 2. تقوم PAO(بكتريا تخزين الفوسفات) بعملية انتاج خلايا جديدة مستخدمة الطاقة في المخزون العضوي PHB ومستعينة بالأكسجين الذائب الحر و بامتصاص الفوسفور الضروري لبناء الخلايا الجديدة المتواجد خارج الخلية على هيئة Orth-P ومصدره مياه الصرف وناتج العمليات اللاهوائية  3. تستخدم الطاقة الزائدة في تخزين الزائد من Ortho-P داخل الخلية على هيئة Poly-P مما يزيد من احتواء Sludgeعلى الفوسفور ، لذا يجب استبعاد الحمأة كلما كانت مشبعة بالفوسفور ،تكون إزالة الفوسفور في الهوائي أكثر من اللاهوائي PHB+O_2+Ortho-P ---(rapid aerobib metabolism)+ PAO ➔new cells + H_2O+CO_2+Poly-P







ثانيا : ازالة النيتروجين :

يوجد النيتروجين في المياه المعالجة بيولوجيا على هيئة :

نيتروجين عضوي ـ أمونيا ـ نترات ـ نيتريت

الإزالة البيولوجية للنيتروجين:

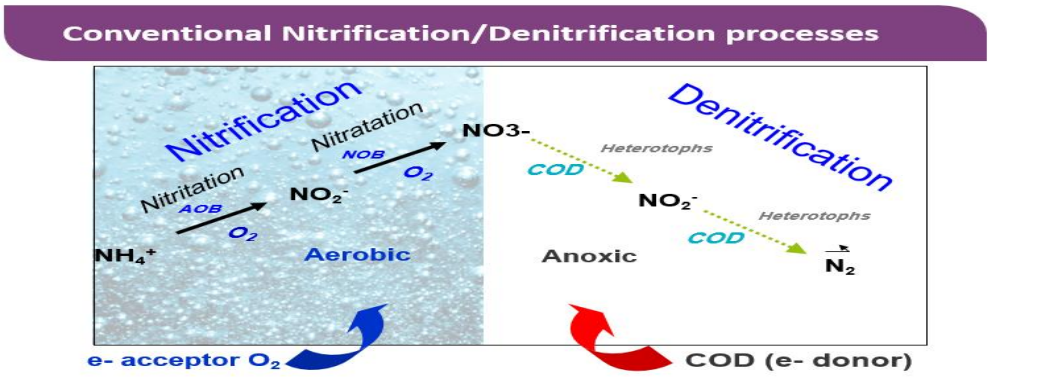
يمكن إزالة النيتروجين بيولوجياً عن طريق

- التمثيل البكتيري.
- النموالطحلبي.

1- التمثيل البكتيري:

تحتاج الكائنات الدقيقة عند نموها إلى وجود عناصر غذائية منها النيتروجين والفوسفور وذلك لاستخدامها في التمثيل الغذائي ولكن تعتمد هذه الطريقة على طول الفترة الزمنية . وتعتبر النترجة وازالتها هي الطريقة الأساسية لإزالة النيتروجين وتتم على خطوتين

الخطوة الأولى : النيترة nitrification



4.57 gO2/gNH4N nitrified
7.14 gCaCO3/gNH4N nitrified
0.12 gVSS/gNH4N nitrified

4-6 gCOD/gNO3N denitrified
3.57 gCaCO3 prod/gNO3N denitrified
0.2-0.4 gVSS/gNO3N denitrified

The following equations describe the nitrification process.

Alkalinity buffering equation

$$H_20 + CO_2 \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow HCO_3 + H^+ \leftrightarrow CO_3 + 2H+$$

Nitrification equations

$$NH_4^+ + 1.5O_2 \longrightarrow 2H^+ + 2H_2O + NO_2^-$$

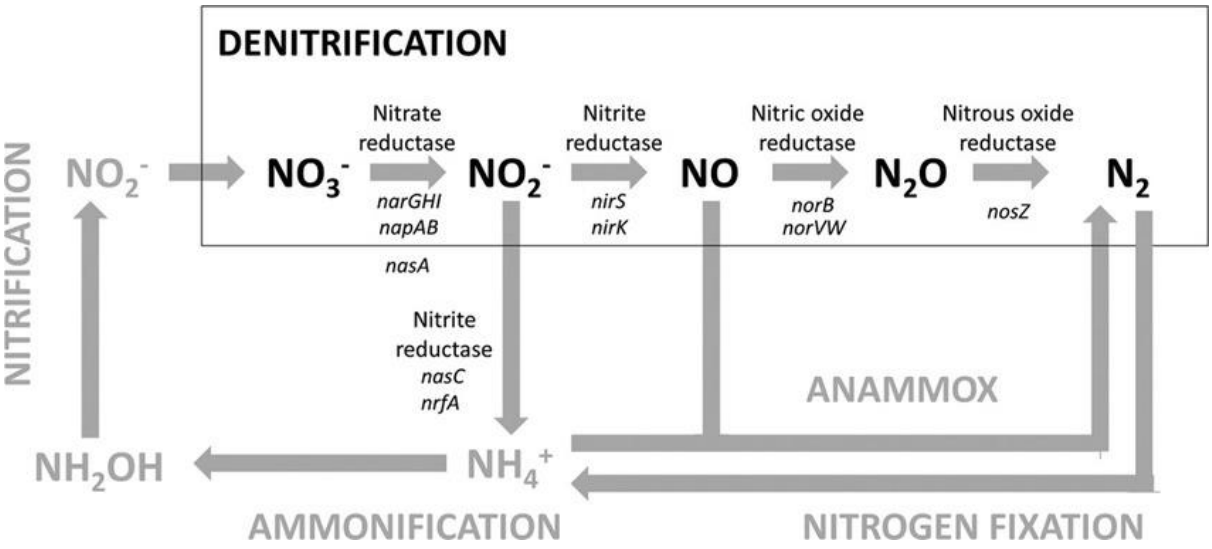
$$NO_2^- + 0.5O_2 \longrightarrow NO_3^-$$

$$NH_4^+ + 1.83\ O_2 + 1.98\ HCO3^- \longrightarrow 0.021\ C_5H_7O_2N + 0.98\ NO_3^- + 1.041\ H_2O + 1.88\ H_2CO_3^-$$

$$NH_4^+ + 1.9O_2 + 2HCO3^- \longrightarrow 1.9\ CO_2 + 2.9\ H_2O + 0.1\ CH_2$$

الخطوة الثانية : عكس النترجة Denitrification

وفيها يتم التخلص من النيتروجين على هيئة غاز عن طريق استهلاك البكتريا للنيترات في ظروف لاهوائية وتوفر مصدر كربوني (BOD or external carbon source)



Process	Reaction
Fixation	$N_2\,(g) + 8H^+ + 8e^- \rightarrow 2NH_3\,(g) + H_2\,(g)$
Ammonification	$NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2 + H_2O\,(l) \rightarrow 2NH_3(g) + CO_2\,(g)$
Nitrification (Two Steps)	(1) $NH_4^+ + 1.5O_2\,(g) \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O\,(l)$ (2) $NO_2^- + 0.5O_2\,(g) \rightarrow NO_3^-$
Denitrification	$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$

وبعد عملية النترجة يمكن التخلص من النيتروجين داخل حوض يعرف باسم Anoxic حيث تتحول فيه النيترات والنيتريت إلى غاز نيتروجين يسهل تصاعده للجو

2- النمو الطحلبي:

حيث يتم استخدم النيتروجين وثاني اكسيد الكربون مع وجود الطاقة الضوئية للحصول على خلايا طحلبية والتي تقوم بتحرير الاكسجين الذي يقوم بأكسدة النيتروجين .

ـ يراعى عند استخدام اى من الطريقتين السابقتين تطبيق التقنيات المناسبة لازالة الملوثات الناتجة عن تلك التقنية (مواد عالقة ـبكتريا ـ طحالب ـ.....)

قام بإعداد الإصدار الثانى من هذا البرنامج: تكنولوجيا المعالجة الثلاثية

كيميائي / أحمد عبد الفتاح سري	شركة الغربية
كيميائي / أحمد محمود حسين	شركة أسوان
د. محمد إبراهيم أحمد	شركة الدقهلية
كيميائي / محمد علي الإخناوي	الشركة القابضة
د. هاني التهامي حمدان	الشركة القابضة

قام بالمراجعة النهائية للنسخة الثانية V2 :

➢ كيميائى/ المعتز عبد الجليل على	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالفيوم
➢ كيميائى/ ايمان السيد ابراهيم	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالفيوم
➢ د / حازم حسن رجب	شركة صرف صحى القاهرة
➢ كيميائى/ رباب إيهاب احمد	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالفيوم
➢ كيميائى/ رحاب فتحى محمد	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالفيوم
➢ كيميائى/ رشا عبد الجواد يوس	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بدمياط
➢ د/ محمد إبراهيم احمد	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالدقهلية
➢ كيميائى/ محمد احمد محمد	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
➢ كيميائى/ محمود نبيل	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالمنوفية
➢ كيميائى/ مروة محمود محمد	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالفيوم
➢ كيميائى/ نشوى شوقى خطاب	شركة صرف صحى القاهرة
➢ د/ هانى التهامى حمدان	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
➢ كيميائى/ هانى عبد المنعم ابو زيد	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالغربية
➢ كيميائى/ هيثم صبرى عبدالله	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالدقهلية
➢ كيميائى/ وليد مصطفى السعيد	شركة مياه الشرب و الصرف الصحى بالدقهلية

قام بالمراجعة النهائية للنسخة

كيميائي/ محمد الصوفي زين العابدين	المعمل المرجعي للصرف الصحي- الشركة القابضة
كيميائي/ محمود جمعه	الإدارة العامة للمسار الوظيفى- الشركة القابضة