المحاضرة الرابعة: التقنيات البيئية الخاصة بمعالجة ومراقبة وادارة الموارد المائية

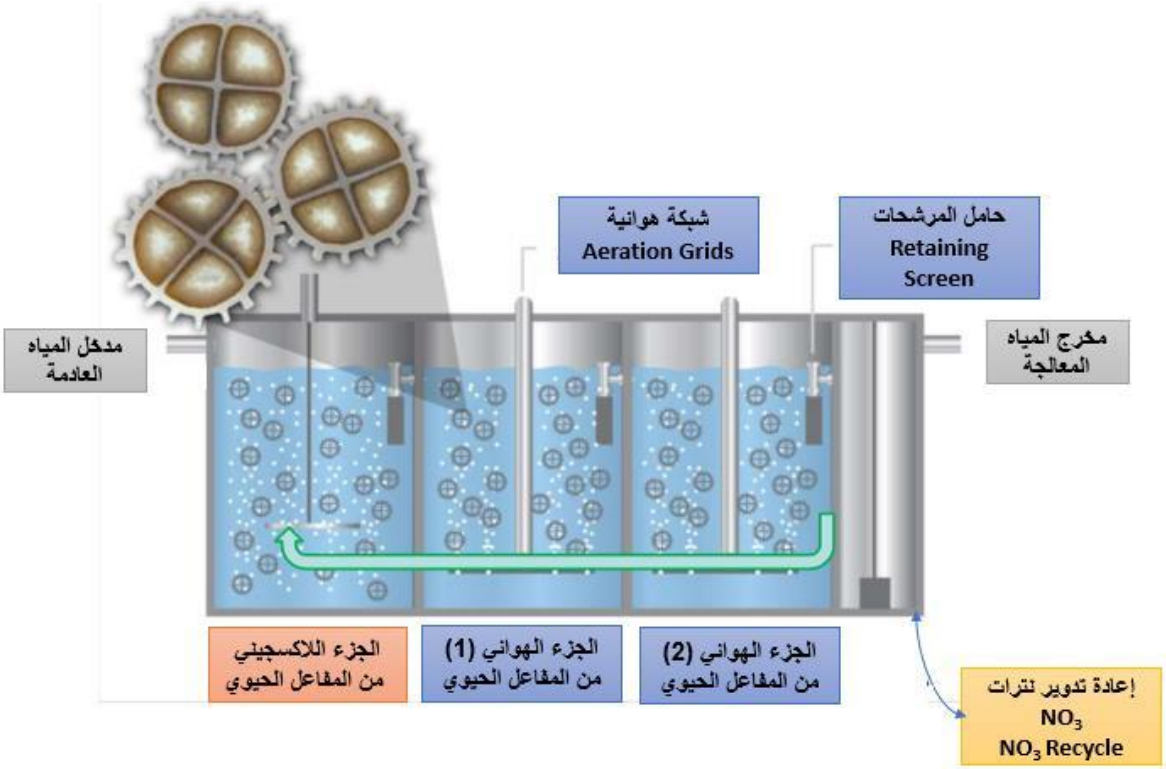
4- المفاعل الحيوي ذو السرير المتحرك

اشترطت المواصفات العالمية الحديثة، والتشريعات البيئية الصارمة ضرورة إزالة ما لا يقل عن 80 %من كمية النيتروجين الكلي "TN"ونحو 90 %من قيمة الطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي " BOD5"من مياه الصرف قبل إعادة صرفها على المسطحات المائية، وهو مالم تستطيع أن تفي به محطات المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية، بل تطلب إجراء بعض التعديلات في تصميمات تلك المحطات التقليدية.

أدت هذه التعديلات إلى استخدام طرق معالجة مدمجة، مثل إضافة وحدات لنزع النيتروجين "Denitrification"وإلى وحدات طرق المعالجة بالتهوية الممتدة، إلا أن هذه التعديلات تضمنت سلبيات عديدة، وأهمها: ارتفاع التكلفة الإنشائية ، الحاجة إلى وحدات ضخ كبيرة الحجم لتدوير الحمأة المنشطة، يضاف إلى ذلك المشكلات التشغيلية في عمليات فصل الحمأة في أحواض الترسيب الثانوية نتيجة انتفاخ الحمأة، وإمكانية حدوث انتقال لكميات من الحمأة، والمواد العالقة مع المياه المعالجة مما قد يؤثر سلبا على درجة نقاوتها، بالإضافة إلى الحاجة شبه المستمرة لإضافة المواد الكيماوية لرفع قلوية المياه، وتأمين ظروف مناسبة لعملية نمو وعمل البكتيريا المنترتة "Nitrifying Bacteria"، بالإضافة إلى مواجهة صعوبة في مرونة التشغيل للمحطات عند زيادة الحمولات الفجائية، وتغير تركيزات المياه.

أدت هذه السلبيات إلى ابتكار المفاعل الحيوي ذو السرير المتحرك Moving Bed bioreactor ، ويتميز بامكانية معالجة مختلف أنواع، وكميات المياه العادمة مهما كانت درجة تلوثها. كما تستخدم هذه التقنية أيضا للتخلص من المواد العضوية، والنترجة، ونزع النيتروجين من المياه العادمة، وتعتمد هذه التقنية في عملها على أسس عمل تقنيات المعالجة بنظام الحمأة المنشطة التقليدية، ونظم عمل عمليات الفلترة الحيوية.

يمكن أن يتكون نظام المعالجة من نظام المرحلة الواحدة، أو متعدد المراحل اعتمادا على المواصفات المطلوب تحقيقها للمياه المعالجة طبقا لاستخداماتها النهائية. تعتمد الطريقة على تصميم حامل الفيلم الحيوي " Biofilm Carrier"من كتل بلاستيكية صغيره متماثلة، أسطوانية مموجة الشكل، أو على هيئة شرائح مجوفة أو منحنية، مصنعة من البلاستيك " البولي بروبيلين"، أو السيراميك، لها وزن نوعي "0.96" أخف قليلا من الوزن النوعي للمياه، وتكون دائمة الحركة خلال تدافع المياه داخل المفاعل الحيوي. يبين الشكل (4) معالجة المياه العادمة بنظام المفاعل الحيوي ذو السرير المتحرك.



الشكل (4) معالجة المياه العادمة بنظام المفاعل الحيوي ذو السرير المتحرك

صممت الكتل البلاستيكية بحيث تضمن سطوحا نوعية كبيرة تصل إلى نحو (355 م2/م3) يتم التصاق نحو 40 %من الكتلة الخلوية البكتيرية "Bacterial Mass" على شكل فيلم حيوي محمي بشكل هندسي يحول دون انسلاخه بسبب الحركة العشوائية المستمرة، والتصادمات بين هذه الكتل داخل المفاعل الحيوي، كما يضمن عمليات تلامس بين الملوثات، وفقاعات الهواء المنتشرة خلال الشبكة الهوائية الممتدة فوق قاع الجزء الهوائي من المفاعل. يبين الشكل (5) الكتل البلاستيكية لنمو بكتريا المعالجة عليها.

شكل(5) الكتل البلاستيكية لنمو بكتريا المعالجة عليها.

تتميز هذه التقنية بالمميزات التالية

- وحدات معالجة مدمجة لا تحتاج إلى مساحات شاسعة من الأراضي.
- إمكانية تطوير وتعديل محطات المعالجة التي تعمل بطريقة الحمأة المنشطة التقليدية، لتشغيلها بالتقنية الجديدة، واستيعاب كميات أكبر من المياه المعالجة دون الحاجة لمنشأت جديدة.
- كفاءة عالية لإزالة المواد الصلبة، والنيتروجين الكلي، والنترات، ومحتوي الطلب على الأكسجين الكيميائي، والكيميائي الحيوي "COD,BOD".
- إمكانية معالجة المياه العادمة ذات تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة تتروح ما بين 6000-9000 ملغرام/لتر، بينما الطرق الأخرى تعالج مياه عادمة ذات تركيزات تصل إلى 60 %من هذه القيم، مما يميز الطريقة الجديدة بالفاعلية في المعالجة مع بقاء كميات الحمأة الناتجة في حدود كمياتها الناتجة عن الطريقة التقليدية.
- زمن المكوث " زمن الحجز الهيدروليكي" منخفض جدا مقارنة بالطرق التقليدية السائدة حيث يتراوح ما بين 1.5-2ساعة، بينما يصل إلى نحو 24ساعة في طريقة الحمأة المنشطة ممتدة التهوية.
- لا حاجة لإجراء عمليات الغسيل العكسي بصورة دورية.
- انخفاض كميات الحمأة المسترجعة، وعدم الحاجة لإعادة تدويرها إلى المفاعل، وتفادي مشكلات انتفاخها.
- مرونة التشغيل مع تحمل التغيرات المفاجئة في الأحمال، ومواصفات المياه العادمة، ودرجات الحرارة.
- خفض في التكلفة الاستثمارية والتشغيلية

5- الفلترة "الترشيح الحبيبي" Granular Media Filtration

هي عملية فيزيائية لإزالة المواد العالقة في المياه العادمة عن طريق إمرارها خلال وسط مسامي يسمح بنفاذ المياه وحجز المواد العالقة، لا يحدث خلال عملية الفصل أي تفاعلات كيميائية، حيث أن عملية الفصل تتم بين طورين، الطور السائل "المياه العادمة"، والطور الصلب "Solid Phase"وهو المواد الصلبة العالقة.

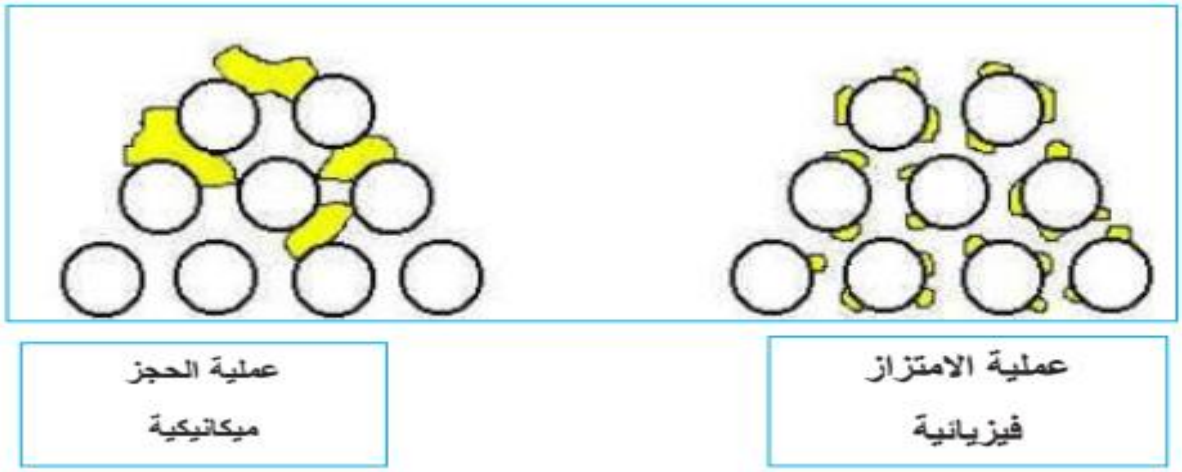
تشتمل المواد أو الشوائب الصلبة العالقة على كل من:

- دقائق التراب أو الرمل التي تختلط بالمياه أثناء مروره في طبقات الأرض، أو خلال عمليات الضخ، والنقل، والتخزين.
- المواد الغروية، وهي عبارة عن مخلفات عضوية ناتجة عن تحلل البقايا الحيوانية، والنباتية في المياه.
- الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا، والفطريات، والطحالب، والديدان، وتكون ذائبة في المياه.
- المواد العضوية التي تسبب تلون للمياه مثل الأصباغ، والأحبار، وغيرها.
- المواد غير العضوية التي تسبب تلوث للمياه مثل مركبات الحديد، والمنغنيز.

تتكون طبقة مع مرور الوقت من الشوائب على سطح وسط الترشيح تسمي "بكيكة الترشيح"، أو الحصيرة – الفرشة "Mat" 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 "Pressure losses" كما تسبب انخفاضا في تدفق المياه من خلال الفلتر.

تتم عملية الترشيح طبقا للاسس التالية:

- التصاق المواد العالقة بحبيبات الرمل، وتسمى عملية امتزاز"Adsorption"."
- ترسيب بعض المواد العالقة في فجوات بين الرمال، والتي تعمل كمصفاة تحتجز المواد العالقة ذات الأحجام الكبيرة نسبيا، وهي عملية ميكانيكية. يبين الشكل (6) الفرق بين عملتي الامتزاز " فيزيائية"، وعملية الحجز "ميكانيكية"
- تكون طبقة هلامية على سطح الرمل من المواد العالقة الدقيقة وما يحتمل تواجده من كائنات حية دقيقة، مما يساعد على اصطياد وحجز المواد العالقة.
- اختلاف الشحنات الكهربائية على كل من المواد العالقة وحبيبات الرمل، مما يساعد على جذب والتصاق هذه المواد بحبيبات الرمل.



شكل (6) 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:

أ- **حجم المواد الصلبة المراد ازالتها:**
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.

ب- **درجة التنقية المطلوبة:**
كلما كانت درجة عمليات التنقية المطلوبة فائقة، فانه من الضروري اختيار الفلتر ذو كفاءة الترشيح الاعلى.

ج- **فترة التشغيل:**
يوجد أوساط ترشيح تتحمل فترات تشغيل طويلة دون أن تتأثر كفاءة الفلترة، بينما هناك أوساط أخرى لا تتحمل فترات طويلة.

د- **الغسيل والتنشيط:**
من الضروري اختيار أوساط ترشيح تكون سهلة الغسيل، واقتصادية وخاصة في العمليات الصناعية الضخمة.

هـ- **التكلفة:**
تعد التكلفة الاقتصادية من المحددات الرئيسية في اختيار أوساط الترشيح، وبخاصة في الوحدات الصناعية التي تستهلك كميات كبيرة من أوساط الترشيح في عمليات المعالجة.