***جمهورية مصر العربية***

**شركة الصرف الصحى للقاهرة الكبرى**

**إحدى شركات**

**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**

# برنامج تدريبى

# عن

# أنظمة المعالجة

# لمياه الصرف الصحى

***للكوادر الفنية***

***بمحطات المعالجة لشركات الصرف الصحى***

**( حمص ــ حلب ــ حماه )**

**وزارة الإسكان والتعمير الجمهورية العربية السورية**

# المحتويات


| البيـــــــــان | الصفحة |
|---|---|
| **الدرس الأول : مكونات ومواصفات ميـــاه الصـــرف الصحى وآثارها على عمليات المعالجة** | **٣ ــ ٨** |
| ــ الخواص الطبيعية . | ٤ |
| ــ الخواص الكيماوية . | ٦ |
| ــ الخواص البيولوجية . | ٧ |
| **الدرس الثانى : مراحل المعالجة لمحطات الصرف الصحى** | **٨ ــ ١٩** |
| ــ المعالجة البسيطة . | ٩ |
| ــ المعالجة الإبتدائية . | ١٠ |
| ــ المعالجة الثانوية بإستخدام ( الحمأة المنشطة ــ برك الأكسدة ) . | ١٤ |
| **الدرس الثالث : مراحل المعالجة الحماة** | **٢٠ ــ ٦٩** |

# الدرس الأول

## مكونات ومواصفات مياه الصرف الصحى

## وآثارها على عمليات المعالجة

**خواص وتركيب مياه المجارى :**

تتكون مياه المجارى من المياه التى كانت نظيفة وتم استعمالها بواسطة الإنسان والحيوانات والصناعات وتختلط فيها نتيجة هذا الاستعمال موارد مختلفة منها ما هو صلب أو ذائب والمعلق والغروي سواء كانت هذه المواد عضوية مثل الدهون والشحوم والزيوت او المواد غير العضوية مثل الرمل والحصى وأملاح المعادن .

ولهذا نجد أن مياه المجارى تتركب من حوالي ٩٩.٩ فى المائة ماء والباقي وهو ١ فى المائة مواد صلبة .

وهذه المواد الصلبة هى التى نعالجها ونعمل على إزالتها فى عمليات التنقية حتى لا تكون مياه المجارى خطراً على الصحة العامة وسبباً فى انتشار الأمراض .

ولكي نكون قادرين على تنقية مياه المجارى فيجب أن ندرس الخواص الطبيعية والكيماوية والبيولوجية التى تتميز بها مياه المجارى .

**١ــ الخواص الطبيعية :**

١ – ١ اللـــــون : مياه المجارى التى تجمعت فى الشبكة ووصلت لمحطة المعالجة بسرعة وهى فى حالة طازجة يكون لونها رمادي ورائحتها زنخة مثل رائحة التراب وغير متعفنة وتحمل مواد مختلفة كبيرة وصغيرة فى الحجم ومواد أخرى ثقيلة أو خفيفة فى الوزن ، وبمرور الوقت تتحول هذه المجارى الطازجة الرمادية اللون إلى اللون الأسود وتصبح لها رائحة كريهة أسوأ من رائحة البيض الفاسد وتظهر أجسام سوداء طافية على سطحها وفى هذه الحالة تسمي بالمجارى المتعفنة .

١ – ٢ درجة الحرارة : تكون درجة حرارة مياه المجارى عادة أعلى من درجة حرارة مياه الشرب نتيجة إستخدام هذه المياه فى الأعراض المنزلية والصناعية ومعدل درجة حرارة مياه المجارى يتراوح بين ١٥ – ٢٥ درجة مئوية تبعاً للموقع الجغرافى أو مع إختلاف فصول السنة من صيف وشتاء ويجب على العاملين ملاحظة أى تغير فى درجة حرارة المجارى الواردة فالزيادة الكبيرة عن

معدل درجة الحرارة المعتاد قد يكون ناتج عن صرف كمية زائدة من المخلفات الصناعية والنقص فى درجة الحرارة عن المعدل المعتاد يكون عادة نتيجة تسرب مياه جوفية خلال كسور فى خطوط الشبكة .

١ – ٣ الرائحة : مياه المجارى الطازجة التى تحتوى على كمية من الأكسجين الذائب تكون رائحتها زنخه مثل رائحة التراب ولكن عندما يستهلك الأكسجين الذائب تبدأ البكتريا اللاهوائية فى تحليل المواد العضوية وينتج عن ذلك غاز كبريتيد الأيدروجين ورائحته تشبه رائحة البيض الفاسد بالإضافة إلى وجود خليط من غازات أخرى ذات روائح كريهة وهذه ظاهرة تصاحب مياه المجارى المتعفنة .

١ ــ ٤ المواد الصلبة : تحمل مياه المجارى مواد صلبة مختلفة يمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين : مواد صلبة عضوية ومواد صلبة غير عضوية وكلاً من النوعين ينقسم إلى مواد صلبة عالقة ومواد صلبه ذائبة .

***أ ــ المواد الصلبة العضوية :*** وهى المواد التى تحتوى فى تركيبها على الكربون والايدروجين والأكسجين وبعض هذه المواد يكون متحد مع النيتروجين أو الكبريت أو الفسفور ومن هذه المواد البروتينات والنشويات والدهون والمواد العضوية دائما تتحلل وتتفكك بفعل نشاط البكتريا الموجودة فى مياه المجارى .

***ب ــ المواد الصلبة الغير عضوية :*** وهذه المواد مثل الرمل والزلط والطمى والأملاح المعدنية غير قابلة للتحلل وتوجد دائماً ثابتة التركيب .

***ج ــ المواد العالقة :*** وتنقسم هذه المواد العالقة طبقاً لكثافتها بالنسبة لكثافة مياه المجارى فالمواد الثقيلة فى الوزن تكون قابلة للترسيب والمواد الخفيفة فى الوزن تكون قابلة للطفو إلى سطح المياه ..

***د ــ المواد الغروية :*** وهذه المواد تنتج من مخلفات المجازر والدهون والزيوت الذائبة فى الماء والمواد الغروية لا يمكن فصلها بالطرق الطبيعية أو الميكانيكية .

***هـ ــ المواد الذائبة :*** وهى جميع المواد التى تمر من خلال ورقة الترشيح وتكون عادة من الأملاح الذائبة فى الماء والمواد الغروية وهى تحتوى على مركبات عضوية قابلة للتحلل ومواد غير عضوية ثابتة التركيب ولا تتحلل .

١ – ٥ الغازات الذائبة : الأكسجين الذائب نتيجة حركة مرور المياه على الهواء الجوى تعتبر من أهم الغازات المرغوب وجودها دائما فى مياه المجارى لأنه يساعد البكتريا الهوائية على أستهلك المواد العضوية وتحليلها إلى غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وعند استهلاك كمية الأكسجين الذائب يتواجد فى الماء غازات ذات روائح كريهة وسامة مثل غاز كبريتيد الإيدروجين وأول أكسيد الكربون وغاز الميثان والنوشادر وغيرها من الغازات التى تنتج من نشاط البكتريا ألا هوائية وتحليلها للمواد العضوية .

١ – ٦ السوائل المتطايرة : من المحتمل ان تحمل مياه المجارى سوائل متطايرة وسريعة الاشتعال بل وقابلة للانفجار مثل الأسيتون والبنزين وخلافها من مركبات متطايرة عند درجة حرارة أقل من ١٠٠ درجة مئوية.

**٢ــ الخواص الكيماوية : ــ**

تنحصر الخواص الكيماوية التى تحملها مياه المجارى فيما يلى :

**٢ – ١ مواد غير عضوية :** وهى مواد غير قابلة للتحلل وثابتة التكوين سواء كانت ذائبة أو عالقة أو صلبة كبيرة الحجم أو صغيرة ذات كثافة أو خفيفة .

**٢ –٢ مواد عضوية :** وهى مواد قابلة للتحلل والتفكك بفعل البكتريا الموجودة فى الماء ونواتج هذا التحلل قد يكون غير ضار إذا حدث بواسطة البكتريا الهوائية ومنتجاته غاز ثانى أكسيد الكربون والماء ، ونواتج ضارة ذات رائحة كريهة وغازات سامة وبعضها قابل للاشتعال وقد يحدث انفجار إذا زادت تركيزها وكلها تنتج من نشاط البكتريا اللاهوائية فى عدم وجود الأكسجين .

**٢ ــ ٣ الأس الهيدروجينى :**

هى درجة قلوية أو حامضية السائل وهي تقاس من ١ إلى ١٤ وتؤثر قيمة الأس الهيدروجيني على عمليات المعالجة الهوائية ويكون نشاط الكائنات الحية الدقيقة أكبر ما يمكن عندما تكون المياه متعادلة بين القلوية والحامضية وعموماً يتم تشغيل عمليات المعالجة الهوائية فى حدود الأس الهيدروجيني بين ( ٦.٥ – ٨.٥ ) فإذا زاد عن هذه الحدود لا تستطيع البكتريا الهوائية القيام بنشاطها وإذا قل عن هذه الحدود فإن الفطريات يكون لها الإمكانية الأكبر من البكتريا فى تحلل المواد العضوية .

**٣ ــ الخواص البيولوجية : ــ**

تحتوى مياه المجارى على ملايين من الكائنات الدقيقة التى لا يمكن رؤية معظمها إلا من خلال الميكروسكوب والعدسات المكبرة وهذه الكائنات الدقيقة معظمها من البكتريا التى تتغذى على المواد العضوية ومن الكائنات الدقيقة التى تتغذى على البكتريا وتنمو وتتجمع مع بعضها ويثقل وزنها وتصبح قابلة للرسوب والانفصال عن الماء خالية من المواد العضوية سواء كانت هذه المواد العضوية ذائبة أو معلقة _ وهذه الخاصية البيولوجية هى التى تستخدم فى تنقية مياه المجارى .

***# أنواع البكتريا :***

***٣ – ١ البكتريا الهوائية :*** ويلزم لوجودها ونموها وتكاثرها إلى الأكسجين الذائب فى الماء ونتيجة نشاطها مع المواد العضوية غاز أكسيد الكربون الغير ضار والماء وهذه البكتريا يحرص العاملين فى تنقية المجارى فى تربيتها وتكاثرها فى أحواض التهوية حيث تعمل على استهلاك المواد العضوية .

***٣ – ٢ البكتريا اللاهوائية :*** وهذا النوع من البكتريا غير مرغوب فى وجوده وينمو ويتكاثر عندما يستهلك الأكسجين الذائب ونتيجة نشاط هذه البكتريا اللاهوائية هو الغازات الكريهة الرائحة مثل غاز كبريتيد الايدروجين وغاز أول أكسيد الكربون السام وغاز الميثان القابل للاشتعال وغيرها من الغازات المسببة للعفونة والتى يدل وجودها على أن المجارى أصبحت فى حالة متعفنة ويكون من الصعب اتقيتها .

***٣ – ٣ البكتريا الاختيارية :*** وهى من نوع من البكتريا يعيش فى وجود الأكسجين الذائب ، ونشاطها مثل البكتريا اللاهوائية فى عدم وجود الأكسجين ويستفاد من وجود البكتريا الإختيارية وتكاثرها فى وجود الأكسجين الذائب فى مساعدة عمل البكتريا الهوائية فى إستهلاك المواد العضوية وتحويلها إلى ثانى أكسيد الكربون وهو غاز وماء وبذلك يتم تنقية مياه المجارى فى المعالجة الثانوية من المواد العضوية .

# الدرس الثانى

## مراحل المعالجة لمحطات الصرف الصحى

- المعالجة البسيطة .
- المعالجة الإبتدائية .
- المعالجة الثانوية .

## مرحلة المعالجة البسيطة :

### المصافى ( screen ) :

أول مراحل التنقية هى المصافى ونستخدم فيها بارات حديدية Bars screens وتكون هذه البارات معالجة ضد الصدأ بالجلفنة أو بطرق أخرى .. وتكون موضوعة بزاوية تسمح بمرور المياه ويتجمع أمام هذه البارات العوالق الكبيرة Trush ويتم تجميع هذه الرواسب والتخلص منها بالحروق أو الدفن .

### أحواض فصل الرمال Grit chamber :

تخرج المياه من المصافى إلى أحواض فصل الرمال وتتركز هذه العملية فى فصل المواد الثقيلة غير العضوية مثل الرمال والحصى وهذا يحدث بتقليل السرعة إلى حد يكفى لترسيب هذه المواد وتكون حوالى ١ قدم/ ث ، تتجمع هذه المواد فى قناة بقاع الحوض ويكون تصميم قاع الحوض منزلق بحيث تتجمع هذه المواد بداخل القناة التى تسمى Hopper ويمكن سحب هذه الرمال بطرق متعددة أحدهما يدوى أو بالإنحدار الطبيعى ( By Gravity ) ويتم سحب هذه الـ Hopper عن طريق طلمبات .

### التهوية الأولية Pre Aeration :

تستخدم فى أحواض فصل الرمال تهوية أولية وفائدتها تنشيط مياه المجارى . وهذه التهوية مع تقليل السرعة يساعد على سرعة فصل الرمال والزيوت والشحوم وهذه الخطوة تقلل من المواد الصلبة ( solids ) وأيضاً تقلل من B.O.D أن هذا الرمل هو اثقل المواد المعدنية التى يمكن أن تتواجد فى مياه المجارى وأن هذه المواد لا تتحلل أثناء معالجة الحمأة وتتسبب فى نحر الطلمبات بالمحطة .

كما أن هذا الرمل بالإضافة إلى الشحومات والمازوت وبعض المواد الأسمنتية تكون مادة صلبة فى المواسير والمخمرات ( Digester ) . ولا يمكن إزلتها بالطرق العادية ولذلك يجب أن يزال الرمل بأسرع ما يمكن بمجرد وصول مياه المجارى للمحطة وبعد ترسيبه فى حوض فصل الرمال .

ولكى نحفظ سرعة المياه عند ١ قدم/ ث يجب أن يكون لدينا عدة أحواض لفصل الرمال . بحيث يخرج حوض أو أكثر من الخدمة عندما تقل التصرفات الواردة .

إلى هذه الخطوة ومياه المجارى مازالت خام Row Sewage وكل المراحل التى مرت بها تسمى مراحل التنقية البسيطة Pre Treatment .

## مرحلة المعالجة الإبتدائية Primary Treatment :

تركز هذه المرحلة من المعالجة فى خطوة واحدة مما يسمي ( المعالجة الإبتدائية ) وهى عبارة عن ترسيب المواد القابلة لترسيب وتعويم المواد القابلة للطفو ويتم ذلك فيما يسمى Primary Clarifier المروق الإبتدائى .

إن ترسيب أكبر من المواد العضوية فى المروق الإبتدائى مهم جداً لأنه يعنى إزالة أكبر قد من الـ B.O.D قبل دخولها على المعالجة البيولوجية فى المرحلة الثانية .

***هناك عدة عوامل تتحكم فى ترسيب المواد الصلبة فى المروق نلخصها فى الأتى :***

### ١ ــ درجة الحرارة : *Temperature*

فكلما زادت درجة الحرارة زاد حجم الماء وقلت كثافته ، فيزيد معدل الترسيب والعكس صحيح .

### ٢ــ القصور : *Short circuit*

وهى تعنى ببساطة عدم تجانس سرعة الانسياب ( Flow ) فى جميع أجزاء المروق ، وبالتالى فإن الأماكن ذات السرعة العالية سوف تغادر مياه المروق من خلالها حاملة بعض الرواسب التى كان المفروض أن تترسب فى حين أن الأماكن الأخرى ذات السرعة البطيئة سيحدث بعض حالات الترسيب الغير مرغوب فيها مما يسبب تعفن Septic Condition .

### ٣ــ فترة المكث : *Detention Time*

المياه يجب أن تبقى فى المروق الوقت الكافى لعملية الترسيب وهو ما يسمى بفترة المكث يتراوح بين ساعتين وثلاث ساعات فى التصميم الجيد ومن هذا الوقت يمكن حساب حجم المروق وعدد المروقات المطلوبة للتصرفات الواردة للمحطة .

### ٤ــ الحمل السطحى : *surhace loading*

هى معدل التصرف الحجمى لوحدة المساحة من السطح المروق ويأتى بقسمة التصرف اليومى على مساحة سطح المروق ، وله علاقة مباشرة بكفاءه الترسيب فى المروق .

### ٥ــ الحمل الصلب *solids loading*

هو يعبر عن كمية المواد الصلبة التى يمكن أن تزال يوميا من المروق بالنسبة لوحدة المساحات .

## مرحلة المعالجة الثانوية :

### ١ ــ الغرض من المعالجة الثانوية :

يتم فى المرحلة الإبتدائية لمحطات تنقية المجارى حجز المواد الكبيرة الحجم فى الشباك وترسيب المواد الثقيلة مثل الرمل والطين والحصى فى فواصل الرمال والسماح لطفو الشحوم على سطح المروقات .

وبالرغم من أن المروقات الإبتدائية ذات فاعلية فى إزالة المواد الصلبة القابلة للترسيب إلا أنها غير قادرة على إزالة الأجسام المعلقة الخفيفة الوزن أو المواد العضوية سواء كانت معلقة أو ذائبة ، لذلك تصل كفاءة المرحلة الإبتدائية لمعالجة مياه المجارى من ٤٠ إلى ٦٠ فى المائة فى إزالة المواد غير العضوية ، وترسيب وتعويم حوالى ٢٠ – ٣٥ فى المائة من المواد العضوية القابلة للترسيب .

ومن أجل إمكان إزالة المواد الخفيفة سواء عضوية أو غير عضوية التى لا تزال عالقة فى المياه الخارجة من المروقات الإبتدائية بالإضافة إلى المواد العضوية الذائبة فيجب إضافة مرحلة معالجة ثانوية إلى محطات التنقية ، حيث يمكن تربية كائنات بيولوجية تحتاج فى غذائها للمواد العضوية والأكسيجين لإستمرار حياتها وتكاثرها وبهذه الطريقة يمكن رفع كفاءة معالجة مياه المجارى فى المرحلة الثانوية إلى ٩٠ فى المائة أو أكثر .

ومن أجل إمكان إزالة المواد الخفيفة سواء عضوية أو غير عضوية التى لا تزال عالقة فى المياه الخارجة من المروقات الإبتدائية بالإضافة إلى المواد العضوية الذائبة فيجب إضافة مرحلة معالجة ثانوية إلى محطات التنقية ، حيث يمكن تربية كائنات بيولوجية تحتاج فى غذائها للمواد العضوية والأكسيجين لإستمرار حياتها وتكاثرها وبهذه الطريقة يمكن رفع كفاءة معالجة مياه المجارى فى المرحلة الثانوية إلى ٩٠ فى المائة أو أكثر .

**والطرق الأكثر إستخداماً فى المعالجة الثانوية هى :-**

١ ــ مرشحات التنقيط والمرشحات الخشنة .

٢ ــ أحواض التهوية .

٣ ــ برك الأكسيجين .

### ٢ ــ المرشحات الخشنة ( مرشحات التنقيط ذات الحمولة العالية ) :-

**وصف الوحدة والغرض منها :**

تستخدم وحدات مرشحات التنقيط ذات الحمولة العالية فى محطة تنقية لمعالجة نسبة كبيرة من المواد العضوية التى تحتويها مياه المجارى الخارجة من المروقات الابتدائية وقبل تدفقها فى أحواض التهوية ، وبذلك يقل الحمل على أحواض التهوية .

فالغرض الأساسى من إستخدام هذه الوحدات هو تقليل الحمولة على أحواض التهوية ، وبطريقة سهلة وبسيطة يمكن رفع كفاءة إزالة المواد العضوية فى المياه الخارجة من هذه الوحدات إلى حوالى ٥٠ – ٧٠ فى المائة .

ويتكون مرشح التنقيط ذو الحمولة العالية من مبنى يشبه البرج ويحتوى على الأجزاء الرئيسية التالية :-

١ ــ فتحات على السطح تستخدم لتوزيع المياه بالتساوى على مساحة السطح .

٢ ــ تسقط المياه الموزعة على السطح على وسط مكون من البلاستيك المشكل على صورة خلية النحل أو من صخور تقاوم تأكل مياه المجارى مستديرة أو بيضاوية الشكل بقطر حوالى ١٠ سم ، ويبلغ عمق هذا الوسط من متر إلى حوالى ٢,٥ متر والغرض من تصميم شكل الوسط هو الحصول على مساحة كبيرة يمكن لمياه المجارى أن تنتشر عليها مع وجود فراغات تهوية جيدة .

٣ ــ حوض فى القاع لتجميع المياه المتساقطة من الوسط مع الوسط مع ما تحمله من كائنات حية لضخها إلى أحواض التهوية .

***<u>كيفية إستهلاك المواد العضوية :</u>***

تنتشر المياه المتساقطة من أعلى سطح الوسط المكون من مكعبات البلاستيك أو الصخور ، ومع وجود التهوية الجيدة من خلال الفراغات يبدأ فى تكوين طبقة هلامية من الكائنات الحية يزداد سمكها ويثقل وزنها ، وبذلك تسقط مع المياه وتتجمع فى قاع الحوض .

فالمبدأ الأساسى فى التشغيل بإنتشار المياه المحملة بالمواد العضوية على سطح كبيرة مع وجود تهوية جيدة وكافية للسماح للبكتريا الهوائية والكائنات الحية التى تتغذى عليها بالنمو والتكاثر ، والوجود الدائم لهذه الكائنات الحية وسط المياه المشبعة بالأكسيجين يعمل على تنقية نسبة كبيرة من المواد العضوية .

ولما كانت هذه العملية لا تعبر عن مفهوم الترشيح أى حجز المواد الصلبة ، فذلك إطلاق مصطلح الترشيح عليها خاطئ ، ونجاح عملية التشغيل يتوقف على مدى إنتشار المياه على الوسط مع إستمرار التهوية الجيدة لتكوين طبقة الكائنات الحية التى تتغذى على المواد العضوية العالقة والذائبة وتتأكسد إلى ثانى أكسيد كربون وماء .

***<u>طريقة التشغيل :</u>***

تستغرق تشغيل الوحدة عدة أيام يمر فيه الماء على الوسط لتربية القدر الكافى من الكائنات الحية القادرة على إستهلاك نسبة من المواد العضوية ، وقد يلزم عدة أسابيع لإكتمال نمو هذه الكائنات وتكاثرها حتى تزداد كفاءة الوحدة فى العمل ، وتتوقف المدة اللازمة على عدة عوامل منها قوة تركيز المواد العضوية فى مياه المجارى ودرجة حرارة الجو ، فإرتفاع حرارة الجو فى الصيف مع وجود نسبة عالية من المواد العضوية يعمل على نضوج طبقة الكائنات الحية فى مدة قصيرة .

وبمجرد نضوج وتكاثر الكائنات الحية فى الوحدة ، لا يحتاج تشغيل هذه الوحدات لأى نوع من المهارة أو المجهود على شرط أن يلاحظ العاملين : ــ

١ ــ عدم وجود أى إنسداد فى فتحات التوزيع من أعلى تكوين برك من الماء فى أجزاء من الوحدة .

٢ ــ عدم وجود روائح كريهة ، فمعنى ذلك هو إنسداد فى فتحات التهوية .

٣ ــ عدم وجود فرصة لتكاثر الذباب .

٤ ــ عدم وجود أى تسرب للمياه خارج أحواض الوحدة .

٥ ــ عدم زيادة الحمل على الوحدة أكثر من الحد المسموح به فى التصميم .

٦ ــ عدم السماح بتوقف المياه عن الوحدة وجفاف الوسط لأن الجفاف سوف يؤدى لهلاك جميع الكائنات الحية ، ومن الضرورى إعادة دوران المياه عندما يكون الإنسياب ضعيفاً حتى يمكن الإحتفاظ بالوسط رطباً طوال الوقت والكائنات الحية ملتصقة به .

***العوامل التى تؤثر على تشغيل المرشح :***

١ ــ بقاء الوحدة فى العمل بدون توقف مع عدم زيادة الحمولة عليها .

٢ ــ الإحتفاظ بنظافة فتحات المدخل وتوزيع المياه على السطح .

٣ ــ الإحتفاظ بنظافة فراغات التهوية .

٤ ــ عدم ترك المياه تتجمع لمدة طويلة فى حوض التجمع فى أسفل الوحدة .

٥ ــ عندما يبدأ تكاثر الذباب يجب العمل على مقاومته بواسطة :

أ – زيادة كمية المياه المتدفقة على المرشح .

ب – محاولة تغريق يرقات الذباب مرة فى الأسبوع .

ج – المحافظة على نظافة المنطقة المحيطة بالمرشح .

٦ ــ عندما يبدأ ملاحظة وجود روائح كريهة يجب العمل على إزالتها بواسطة :

أ – زيادة كمية المياه المتدفقة على المرشح .

ب – نظافة فتحات دخول الهواء وتنظيف الفراغات التى يمر فيها الهواء .

ج – العمل على زيادة الهواء الداخل .

٧ ــ لا نقوم بعمل تغييرات كبيرة فى وقت واحد أثناء تشغيل المرشحات ويجب أن تمر فترة أسبوع قبل أن تعمل أى تغيير فى طريقة التشغيل حتى تسمح ببقاء الكائنات الحية فى تمام نموها للتعرف على مدى كفاءة التغيير الذى حدث .

## المعالجة الثانوية بإستخدام الحمأة المنشطة :

### الغرض من العملية :

الحمأة المنشطة إصطلاح يطلق على مجموعة من البكتريا والكائنات الحية التى تتغذى عليها وكلها موجودة فى الطبيعة . والحمأة المنشطة لها خاصية إستعمال المواد العضوية كغذاء سواء كانت هذه المواد عالقة أو ذاتية . وفى وجود الأكسيجين الذئب فى الماء تعيش هذه الكائنات الحية وتتغذى على المواد العضوية المراد التخلص منها ويكون الناتج غاز ثانى أكسيد الكربون والماء وهذه مركبات غير ضاره .

فلذلك إستعمال الحمأة المنشطة فى مرحلة المعالجة الثانوية للتغذية على المواد العضوية وإستهلاكها فى وجود كمية من الأكسيجين المذاب وتترك فترة كافية حوالى ٤ – ٦ ساعات حيث تتكاثر ويصقل وزنها ولذلك يمكن ترسيبها ، تاركه المياه المعالجة خالية من المواد العضوية بكفاءة تصل إلى أكثر من ٩٠ % .

### وصف العملية :

فى محطات المعالجة الثانوية يتم تصميم أحواض تهوية يمكن بها إذابة الأكسيجين الموجود فى الهواء فى مياه المجارى الواردة من المروقات الأبتدائية والغرض من أحواض التهوية هو تربية الكائنات الحية والبكتريا المكونة للحمأة المنشطة والسماح لها بالمكوث مدة من ٤ – ٦ ساعات مختلطة بالمواد العضوية حيث يجد الغذاء اللازم لتكاثرها ونموها . وهذا النمو والتكاثر يسمح بزيادة وزنها مما يسهل عملية فصلها من الماء المعالج بواسطة الترسيب فى المروقات الثانوية فوظيفة المروقات الثانوية هو فصل الحمأة المنشطة على الماء المعالج وبذلك يمكن الحصول على مياه خالية من المواد العضوية وفى طريق رسوب الحمأة المنشطة إلى القاع كمرشح وتسحب معها كثير من المواد العالقة سواء كانت غير عضوية أو عضوية ولم يتم إستهلاكها وبذلك يتم معالجة مياه المجارى الخارجة من المروقات الثانوية بكفاءة تصل إلى أكثر من ٩٠ % .

وللمساعدة فى إستمرار هذه العملية يعاد ضخ جزء من الحمأة المنشطة من قاع المروقات الثانوية لتعود إلى أحواض التهوية وتخلط بالمياه الواردة من المروقات الابتدائية ولذلك يسمى محتويات أحواض التهوية بالسائل المخلوط .

والحمأة المنشطة ذات لون بنى وبفحص عينه منها تحت الميكروسكوب نرى أنها مكونه من أنواع كثيرة من الكائنات الحية المختلفة الأشكال والأحجام . وهذه الكائنات جاءت للتغذية على البكتريا المستعملة فى إستهلاك المواد العضوية ويمكن رؤيتها فقط بإستعمال ميكروسكوب ذو قوة كبيرة فى التكبير .

يتضح من ذلك الوصف لعملية المعالجة الثانوية بالحمأة المنشطة أن البكتريا الهوائية هى الأساس اللازم للتخلص من المواد العضوية حيث تستخدمها كغذاء .

## العناصر الأساسية فى المعالجة بالحمأة المنشطة :

يجب توافر الشروط الآتية لإستخدام الحمأة المنشطة فى إستهلاك المواد العضوية :

١ ــ الإحتفاظ بوجود قدر كافى من الأكسيجين الذائب بصفة مستمرة فى محتويات أحواض التهوية .

٢ ــ التقليب المستمر لإمكان خلط محتويات أحواض التهوية مع الكائنات الحية .

٣ ــ مكوث ماء المجارى فى أحواض التهوية فترة تلامس قد تصل إلى ٦ ساعات حتى تتمكن الكائنات الحية من التغذية والتكاثر والتلامس والتجمع مع بعضها وبذلك يزيد وزنها ويسهل فصلها عن الماء المعالج فى المروقات الثانوية .

٤ ــ إعادة جزء من الحمأة المنشطة من المروقات الثانوية حتى يمكن الإحتفاظ بالعدد الكافى منها فى الأحواض للتهوية .

٥ ــ تصريف الزيادة من الحمأة المنشطة من أسفل المروقات الثانوية .

## أحواض التهوية :

تستعمل أحواض التهوية لإذابة الأكسيجين فى ماء المجارى لكى نتمكن من تربية الكائنات الحية والسماح بالتغذية على المواد العضوية الموجودة بها ويختلف حجم وشكل أحواض التهوية منها المربع أو المستطيل وكلها ذات عمق يصل إلى ٥ أمتار . تستغل أحواض التهوية المياه الخارجة من المروقات الإبتدائية ومصدر الهواء قد يكون بواسطة كباسات تضخ الهواء بعد تنقيته من الأتربة والزيوت وخلطة فى الماء بواسطة ناشرات هواء مثبتة فى القاع على طول الجدران أو بواسطة محركات ميكانيكا لتشغيل رفاصات مثبتة على السطح وحركة دوران الرفاص تسمح بخلط الهواء بالماء وإذابة الأكسيجين اللازم . وحركة المياه تعمل على خلط الحمأة المنشطة مع المواد العضوية ، وتثبيت الناشرات على طول حائط الحوض تعمل على تقليب المياه فى حركة لولبية تعرف محتويات حوض التهوية بالسائل المخلوط الذى هو عبارة عن المياه الواردة من المروقات الإبتدائية بالإضافة إلى الحمأة المنشطة العائدة من المروقات الثانوية .

يوجد نوعان من ناشرات الهواء : أحدهما ذو مسامية دقيقة ويعطى فقاعات هواء صغيرة الحجم وبما أن معدل ذوبان الأكسيجين فى الماء يزيد كلما صغر حجم الفقاعة وزادت مدة خلطها بالماء فلذلك نعتقد أن ناشرات الهواء ذو المسامية الدقيقة أعلى كفاءة فى ذوبان الأكسيجين فى الماء ولكن هذه الناشرات الدقيقة المسامية معرضة للإنسداد فى وقت أكثر من المسامية الخاشنة وبالتالى تحتاج إلى تكاليف صيانة أعلى .

ولضمان سير العمل بكفاءة يجب الإحتفاظ دائماً بكمية الأكسيجين الذائبة فى جميع أجزاء حوض التهوية فى حدود ٢ جزء من المليون ألا تقل عن ٥, جزء فى الحمأة المعادة حتى تضمن بأن البكتريا الهوائية قادرة على المعيشة . ويجب أن يكون هناك العدد الكافى من الكائنات الحية متكافى مع كمية المواد العضوية الموجوة فى المياه فكلما زاد التركيز للمواد العضوية فى الماء( الآكل) كلما تطلب ذلك زيادة فى

عدد الكائنات الحية ( العمال ) ويلزم أن يكون هناك حركة وتقليب جيد فى الماء حتى تتمكن الكائنات الحية من الاتصال المستمر بالمواد العضوية ومع السماح لها بالمكوث مدة تتراوح بين ٦ – ٨ ساعة تأكل وتتكاثر وتزيد فى الوزن وتتجمع مع بعضها . فسوف تكون قادرة على الرسوب فى قاع المروقات الثانوية .

وكذلك من أهم الشروط التى يجب الحرص عليها حماية الكائنات الحية من التسمم بواسطة المخلفات الصناعية وعدم تعرضها للتغيرات المفاجئة من زيادة حمل أو حرارة أو عدم ثبات الأس الأيدروجينى بين ٦ – ٥ , ٨ .

والحمأة المنشطة السليمة لها لون بنى فاتح أو غامق حسب تركيز رائحة تركيز كمية الكائنات الحية فى السائل المخلوط ، ورائحتها مثل رائحة التراب وليس بها عفونة وإن كانت رائحة الحمأة المعادة قد تكون متعفنة بسبب نقص الكسجين الذائب أثناء فترة تكوينها في المروق الثانوي .

## ***المعالجة باستخدام الأكسدة :***

## شرح عملية المعالجة في البرك :

تعتمد عملية المعالج الثانوية أو الكلية في البرك علي الصفات الطبيعية والكيماوية والبيولوجية للمخلفات فإذا درسنا الصفات الطبيعية والكيماوية نجد أن المخلفات تحتوي علي ٩٩.٩ في المائة أو أكثر ماء والباقي مواد صلبة منها ما هو قابل للرسوب أو الطفو أو يبقي عالق في المياه بالإضافة إلى المواد الغروية والذائبة وجميع هذه المواد أما مواد عضوية قابلة للتحلل أو غير عضوية أي ثابتة التركيب لا تتحلل .

وأما عن الصفات البيولوجية فالمخلفات تحتوي علي مجموعة كبيرة من الكائنات الحية التي تتغذي علي المواد العضوية وتثبيتها ويقصد بالتثبيت هو قدرة هذه البكتيريا في هضم المواد العضوية الخفيفة الغير ثابتة المسببة للروائح الكريهة ، وتترك مخلفات مهضومة في حالة ثابتة .

## والكائنات الحية التي تتغذي علي المخلفات تنقسم الي ما يأتي : ــ

***هوائية :*** أي تعيش في وجود الأكسجين الذائب ، والكائنات الحية الهوائية تتغذي وتنمو وتتكاثر علي المواد العضوية وتحللها الي غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وهذه منتجات غير ضارة .

***لا هوائية :*** أي تعيش في عدم وجود أكسجين غير ذائب ، والكائنات الحية اللاهوائية علي المواد العضوية ولكن تحللها الي مركبات سامة وضارة ورائحتها متعفنة وقابلة للإشتعال وإذا زاد تركيز هذه الغازات مع الهواء تؤدي الي انفجارات وهذه المواد هي كبريتيد الهيدروجين غاز الميثان ، غاز أول أكسيد الكربون ، غاز النشادر وكثير من المركبات الضارة التي تجذب جراثيم الأمراض .

***مزدوجة :*** وهى كائنات يمكنها أن تعيش فى وجود الأكسيجين الذائب أو عدمه وقادرة على العمال فى هضم المواد العضوية وتنتج نفس المركبات للبكتريا الهوائية فى وجود الأكسيجين الذائب ونفس المركبات للبكتريا اللاهوائية فى عدم وجود الأكسيجين الذائب ، أي تعيش في عدم وجود أكسجين غير ذائب ، والكائنات الحية اللاهوائية علي المواد العضوية .

***الطحالب :*** هى مجموعة من النباتات المتناهية فى الصفر تعيش وتتغذى على غاز ثانى أكسيد الكربون والمركبات الآزوتية والفسفورية التى تحتوى عليها المخلفات . والطحالب تنمو وتتكاثر فى وجود أشعة الشمس ويخرج منه نتيجة نموها غاز الأكسيجين كفضلات ، وهذا يعنى أن كلاً من الطحالب والبكتريا الهوائية متكاملان فى معيشتهما حيث تحتاج الطحالب فى غذائها إلى غاز ثانى أكسيد الكربون المنتج من البكتريا الهوائية ، وتغطى الطحالب فى وجود أشعة الشمس غاز الأكسيجين اللازم لمعيشة البكتريا الهوائية ، ولقد وجد أن كل كيلو جرام من الطحالب الموجودة فى البركة يمكن أن ينتج حوالى ٦ , ١ كيلو جرام من الأكسيجين فى أيام الصيف العادية ويجب هنا ملاحظة أن وجود أشعة الشمس ضرورى لنمو وتكاثر الطحالب ، أى أن الطحالب تكون غير قادرة على النمو وإنتاج الأكسيجين أثناء الليل أو غياب أشعة الشمس .

## أنواع البرك :

يوجد إختلافات كثيرة فى البرك نتيجة العمق وظروف التشغيل ، ولا يوجد حد فاصل للتمييز بينهم ، وعادة يمكن تقسيم البرك إلى برك هوائية أو مزدوجة وذلك تبعاً للنشاط البيولوجى المعرضة له البركة .

### البركة الهوائية :

وهى تتميز بوجود أكسيجين مذاب وموزع خلال محتويات البركة فى جميع الأوقات والبرك الهوائية غالباً ما تحتاج إلى مصدر إضافى للأكسيجين وذلك بالإضافة إلى الكمية البسيطة التى يحصل عليها من الهواء الملامس لسطح الماء ويمكن أن يكون مصدر الأكسيجين الإضافى الطحالب التى تنمو على السطح فى وجود أشعة الشمس أو بواسطة تحريك السطح ميكانيكياً أو بواسطة إنشاء ناشرات هواء بالقرب من قاع البركة .

والبركة الهوائية عادة تكون ضحلة ولا يزيد عمقها عن متر ونصف وتتم المعالجة أو تثبيت الفضلات التى تصب فى البركة بواسطة عدة عمليات طبيعية وبيولوجية تتم فى أنن واحد ، فالمواد القابلة للرسوب تنزل إلى القاع والمواد العالقة تتحلل بواسطة البكتريا الهوائية وتسمى هذه البرك أحياناً برك الأكسدة وهى عادة لا تعطى روائح كريهة طالما هناك ذائب بصفة دائمة .

**البرك الهوائية Anaerobic Ponds :**

البرك اللاهوائية غالباً ما تكون خالياً من الأكسيجين المذاب معظم الوقت حيث أن كمية الإمداد بالأكسيجين تكون أقل من تلك المطلوبة لحياه البكتريا الهوائية . والبرك اللاهوائية ذات كفاءة عالية فى هضم المواد العضوية التى تحتويها الفضلات حيث تعتمد لأغلب الأوقات تكون مصدر للروائح الكريهة ومكان لتكاثر الحشرات .

**البرك المزدوجة Facultative Lagoons :**

تجمع البرك المزدوجة بين خصائص البرك الهوائية والا هوائية ، وهى الطراز الشائع الإستخدام فى معالجة مخلفات عملية تنقية مياه المجارى ، ويبلغ عمق البرك المزدوج حوالى ٥ أمتار ، ويكون الجزء العلوى من هذه البرك هوائى بينما تكون المناسيب السفلية لا هوائية ، وفى وجود أشعة الشمس

تقوم الطحالب بتزويد الجزء العلوى بمعظم الأكسيجين الذائب . ويشيع إستخدام البرك المزدوجة لأنه غالباً ما يكون من الصعب الإحتفاظ بالحالة الهوائية أو اللاهوائية فى كل الأوقات فى المناسيب المختلفة فى البركة .

**كفاءة تشغيل البرك فى معالجة المخلفات :**

تختلف كفاءة البرك فى معالجة المخلفات تبعاً لعوامل كثيرة مختلفة مثل زمن إحتجاز أو مكوث المخلفات فى البركة فكلما زادت مدة المكوث إزدادت فرصة تكاثر الكائنات الحية اللازمة لهضم المواد العضوية .

وتبدء الطحالب فى التكوين عادة بعد ٧ – ١٢ يوم ولكنها تأخذ على الأقل مدة حوالى ٦٠ يوماً لتكون وسط بيولوجى وظهور اللون الأخضر الواضح دليل على نمو الطحالب وتكاثرها وتعتمد الطحالب فى نموها على فترات تعرضها لأشعة الشمس وتوفر المواد الآزوتية والفسفورية فى مياه البركة . وفى حالات البرك المزدوجة الناجحة تتحقق خصائص عمليات البرك الهوائية فى الطبقات السطحية حيث يكون الجزء العلوى هوائى معظم الوقت أما الجزء السفلى فيكون غالباً لا هوائى وهذه المعالجة المشتركة من ظروف هوائية ولا هوائية تزيد من كفاءة معالجة المختلفات فى البرك ما يأتى :-

**عوامل طبيعية :**

مثل نوع التربة – مساحة سطح البركة – العمق – تأثير الرياح – توفر أشعة الشمس – درجة حرارة الجو – إنعدام دوائر القصر .

**عوامل كيميائية :**

تركيز المواد العضوية ونوعيتها – الأس الأيدروجينى – تركيز المواد الصلبة والعالقة والغروية والذائبة ، أى درجة تركيز وطبيعة الفضلات – تركيز السموم والمعادن من المخلفات الصناعية .

**عوامل بيولوجية :**

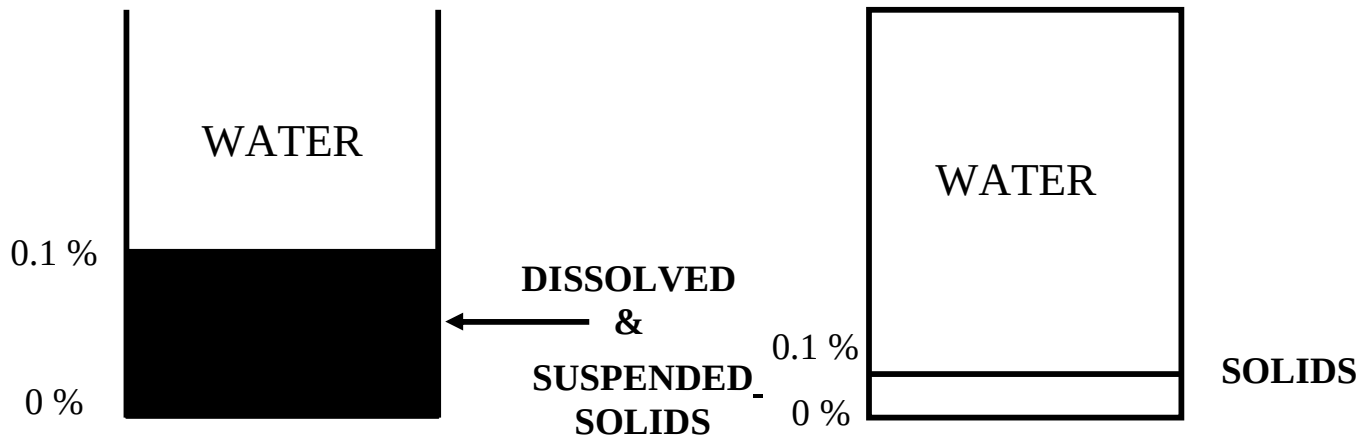
كمية ونوع البكتريا والكائنات الحية نوع الطحالب وكميتها – نشاط الكائنات الدقيقة .

يجب ملاحظة ضرورة عدم السماح بتراكم المواد الطافية على السطح أن زيادتها يحجب أشعة الشمس اللازمة لنمو الطحالب وأداء واجباتها فى تزويد البكتريا الهوائية على السطح بكمية من الأكسيجين الذائب . ويلزم تفكيك المواد الطافية من وقت لأخر للإحتفاظ بكفاءة عملية المعالجة .

تتأثر كفاءة عمل البكتريا والطحالب على درجة الجو ، ففى فصل الشتاء تسبب برودة الجو فى تقليل النشاط البيولوجى وهذا يؤدى إلى تراكم المواد العضوية وتسود ظروف لا هوائية تسبب ظهور روائح كريهة وفى الربيع تنمو الطحالب وتزودها أما فى الصيف فترتفع درجة حرارة الجو ويزيد النشاط البيولوجى .

فى فترات معينة يحدث إضطراب فى عملية تحلل الفضلات نتيجة تغيير فى نوع وعدد الكائنات الحية بسبب إنخفاض الأس الأيدروجينى أو ورود مخلفات صناعية سامة أو تغيير فى درجة حرارة المياه فى البركة .

من المهم أن إزالة الحشائش والأعشاب التى تنمو بجوار أو داخل البرك حيث أنها تعتبر مكان أمن لتكاثر البعوض وتجميع الخبث ، ويجب إزالتها يدوياً حيث أنها تتكاثر بسرعة عن طريق ترك جذورها فى الأرض علاوة على أنها تقوم بإعاقة دور البركة فى معالجة المخلفات .



# معالجة الحمأة

## ١ - معالجة الحمأة والتخلص منها :

محطات التنقية العاملة فى الحضر تقوم بتركيز الملوثات كمنتج ثانوى فى صورة محلول مائى يعرف بالحمأة .

هذه الحمأة عالية السيولة وحجمها كبير للغاية وذو رائحة كريهة وعلى ذلك يجب التخلص منها ، وبالنظر إلى الالتزامات والقيود البيئية فى الغالب يكون من الضرورى معالجة هذا الشكل من المخلفات لكى نقلل قدرتها على التخمر وتقليل كمية المواد المراد التخلص منها .

إن العمليات المتعلقة بخيار معالجة الحمأة والتخلص منها يعتمد على خواص الحمأة ( الطبيعة ــ السمية ــ المواد التى تحتويها وألخ ...) والعامل الاقتصادى والظروف المحلية ( البيئة - المتطلبات الإدارية ...) .

## ١ - ٢ مواصفات الحمأة الناتجة من المناطق الحضرية :

مكونات الحمأة فى المناطق الحضرية مرتبط بنوع الملوثات الموجودة فى مياه المجارى والإجراءات المستخدمة للتعامل معها بالعلاج ... والفرق يتضح بجلاء فى الآتى: ــ

# الحمأة الابتدائية الناتجة عن الفصل الطبيعى (الفيزيقى) للمواد العالقة والمواد العضوية وغير العضوية القابلة للترسيب وهى حمأة طازجة وذات مقدرة عالية على التخمر .

# الحمأة الفزيوكيميائية وهى تنتج عن إجراءات المعالجة الفزيوكيميائية ( إضافة عوامل مساعدة ) وهى تحتوى على المواد العالقة والمواد الغروية عضوية كانت أم غير عضوية وهى أيضاً حمأة ذات مقدرة عالية على التخمر .

# الحمأة البيولوجية وهى تنتج من تحول المواد الذائبة والغروية العضوية إلى مواد قابلة للترسيب وتعتمد على العمليات المستخدمة فى المعالجة وهى يمكن أن تكون طازجة أو ثابتة عندما تجمع الحمأة الابتدائية والبيولوجية فى نفس الوقت يكون من المألوف تسميتها الحمأة المخلوطة .

## الملامح الأساسية للحمأة :

# تركيز المواد الصلبة ( DS ) ويعبر عنها ( G\L) كنسبة وزنيه للمكونات الجافة ونحصل عليها بتسخين الحمأة عند ( $105^{o}C$ ) .

# محتوى المواد الصلبة المتبخرة (VS) ويعبر عنها كنسبة مئوية وزنيه للمواد الصلبة ويمكن تحديدها بتحويلها للحالة الغازية عند ( 550-600) درجة مئوية وهى غالباً تمثل المحتوى العضوى ( OM )

ووزن المحتويات يستخدم غالباً لتقدير القيمة الزراعية للحماة ( الآزوتى ــ الفسفور ــ البوتاسيوم ــ الكالسيوم (N.P.K .Ca) أو لوجود المواد السامة ( المعادن الثقيلة ) .

الحمأة يمكن أن تتواجد فى حالات طبيعية مختلفة طبقاً للعمليات المختلفة لنزع المياه والاختلاف ينحصر فى : ــ

# الحالة السائلة حيث تكون حالة الحمأة تسمح بضخها وتركيز الحمأة يكون أقل من (90g\L) .

# حالة الكيك أو العجين حيث يمكن للحمأة أن تبقى لفترة فى أشكال محددة ومحتوى المواد الصلبة هنا يتراوح بين ( 25% - 13%) وأحياناً أكثر حسب طبيعة الحمأة ، والأسلوب المستخدم حينئذ لنقل الحمأة هو السيور الناقلة أو الحلزون أو مضخات التقوية .

# الحالة الصلبة حيث الحمأة يمكن بسهولة تجريفها ( التعامل معها بالجاروف ) .

***١ -٣ الاستخدام النهائي للحمأة :***

***إن الاستخدام النهائي للحمأة بوجه عام محدود بما يلي : ــ***

# الاستخدام المباشر في الزراعة . # الكمر للاستخدام في الزراعة .

#ا الرمي . # الحرق .

وفى هذا السياق يمكن حقن الحمأة في باطن الأرض أو رميها فى البحر ولكن هذه الحلول مستبعدة تماماً ولذلك فإن اختيار الحل المناسب يمكن الوصول إليه بناء على خواص الحمأة والقوانين المحلية والاعتبارات الاقتصادية ، إن اختيار طريقة التخلص عموماً تتطلب نوع مناسب من المعالجة .

***١ -٣ - ١ صحة الاستخدام المباشر للحمأة في الزراعة : ــ***

# تزود التربة بمخصبات إضافية مثل الآزوت والفوسفات والبوتاسيوم والكالسيوم (.N.P.K.Ca) .

# تزيد من قدرة الأرض على زيادة فترة احتفاظها بالمياه .

يمكن استخدام الحمأة في الزراعة لو كانت آثار العناصر ( الكادميوم ــ الكروم ــ الزئبق ــ النيكل ــ الرصاص ــ الزرنيخ ــ الزنك ) متواجدة بقدر قليل .

يجب رسم خطة قبل نشر الحمأة على التربة ، ويجب عمل دراسة زراعية كاملة مسبقاً لتحديد الأرض الزراعية وأكبر كمية من الحمأة يمكن نشرها .

هذه الخطة تحدد المحاذير المطلوب اتخاذها لحماية المجارى المائية والآبار والمواطنين وخلافة والدراسة يجب أن تأخذ فى حسابها خواص التربة ( الرقم الهيدروجيني ( pH ) ــ محتوى المعادن الثقيلة ــ ميل التربة وكذلك نوع المحاصيل ) فعلى سبيل المثال لا يمكن نشر الحمأة فوق أرض مخصصة أو سيتم تخصيصها خلال العام لزراعة المحاصيل السوق الحقلية ( Markt Garden Crops ) بينما الحمأة التى تنشر فى أرض المراعى يجب أن تكون خالية من الكائنات الحية المعدية والطفيليات ، والحمأة يمكن نشرها في الأرض الزراعية فى صور مختلفة ( سائلة ــ كيك ــ صلبة ) وذلك باستخدام المعالجة الخاصة بكل نوع

، ولكى نتجنب الرائحة الكريهة عند تخزينها أو عند نشرها على التربة فإن التوصية المؤكدة هنا أن الحمأة يجب أن تكون مستقرة (Stabilized ) .

### ١ -٣ - ٢ كمر الحمأة (Sludge Composting ) :

الكمر هو تحلل جزئي للمواد العضوية بواسطة التخمر فى حالة وجود تهوية كافية ، وهو ناتج عن النشاط الميكروبي والمصحوب بإرتفاع جيد ومحبب لدرجة الحرارة وهذا يدمر الكائنات الحية المعدية ويقلل محتوى الرطوبة بالحمأة .

والكمر يفضل استخدامه للحمأة الخام ( Fresh Sludge ) حيث تكون غنية بالمواد العضوية والآزوت إلا أنه يمكن استخدام الحمأة المهضومة هوائياً أو لاهوائياً ، وعموماً يستدعى الأمر إضافة مواد تحتوى على الكربون ( نشارة الخشب ــ قش الذرة ــ قطع جذوع الأشجار الجافة ) ، وذلك لتحسين التركيب

هذا التكنيك ينتج مكون عضوي رطب مطلوب للتربة حيث يمكن تسويقه للعديد من الاستخدامات ( الحدائق ــ نمو الزهور ــ المشتل ــ نمو كرم العنب ــ الغابات ــ إعادة تشكيل التربة المتآكلة ) والعامل المقيد لهذه التقنية هو تواجد المعادن الثقيلة التي يجب أن تكون متوافقة مع الاستخدام المزمع .

إن الجانب التسويقي للمنتج النهائي يجب أن يعمل بعناية فائقة فهو الذي يحكم على جدوى النظام والدراسة يجب أن تجرى مسبقاً لتوضع في الحسبان عند عملية التسويق وكذلك الإمكانيات الحقيقية للأسواق فيما يختص بحجم الطلب والتوزيع ويجب أن يكون هناك مصدر قريب ورخيص للمواد الكربونية .

### ١ -٣ - ٣ الرمي ( Dumping ) :

وهو يعتمد على العمليات المستخدمة وطبيعة وكمية الحمأة ، والتحكم في الرمي يستدعى دراسة خاصة للتربة لكي نتحاشى مخاطر تلوث المياه الجوفية ، وهذه الحمأة يجب أن يراعى نزع المياه منها بدرجة كافية (تحتوى الحمأة على٣٠ % على الأقل مكون صلب ) ومن أجل الحد من مشاكل الرائحة فإن التوصية بقوة بأن تكون هذه الحمأة مستقرة كيميائيا وبيولوجياً .

### ١ -٣ - ٤ الحرق :

إن عملية الحريق يتم فيها احتراق جميع المواد العضوية الموجودة بالحمأة وتتبقى على صورة رماد أخف ، فمن الممكن حرق الحمأة بذاتها أو مخلوطة مع مخلفات أخرى مثل مخلفات المنازل فإذا كان سيتم حرق الحمأة بذاتها منفردة فيجب أن تنزع منها المياه ويكون تركيز المواد الصلبة ٢٥% على الأقل .

ويجب أن يجرى عليها تجفيف أولى باستخدام الحرارة الناتجة من أفران الحريق وعندما يتم الحرق مع مخلفات المنازل فإن الحمأة تدخل الفرن بعد نزع بسيط للمياه (حوالى ١٨%جفاف) وبنسبة وزن من

١٥% إلى ٢٥% من وزن المخلفات ويتحتم ضرورة معالجة الأدخنة الناتجة فى جميع الاحوال لكي نحد من حامض الهيدروكلوريك والأتربة العالقة .

### ١ - ٤ عمليات معالجة الحمأة :

هناك العديد من عمليات معالجة الحمأة ويتوقف على نوع التخلص المطبق ، ومستوى المعالجة المطلوبة وطبيعة الحمأة والعوامل الاقتصادية .

**إن الغرض الأول :** من معالجة الحمأة هو تقليل حجمها ، وهو يتوقف على نسبة التقليل المطلوبة ونحتاج غالباً إلى : ــ

# التركيز . # نزع المياه . # التجفيف .

**والغرض الثانى :** هو تقليل مقدرة الحمأة على التخمر أو تثبيتها وعملية التثبيت يمكن فقط إجرائها على الحمأة الخام التى تحتوى على جزء كبير من المواد التى تتحلل بيولوجيا عندما تتطلب طريقة التخلص ذلك .

### ٢ - تركيز الحمأة :

**هذه هى المرحلة الأولى من الحصول على تخفيض مناسب فى حجم الحمأة بعد المعالجة الطبيعية أو البيولوجية أو الفزيوكيميائية لمياه المجارى الآدمية والتركيز له أهمية كبيرة حيث أنه يحسن من ظروف التشغيل والأداء لعمليات الهضم اللاحقة لنفس السعة نتيجة : ــ**

# زيادة فترة المكوث للحمأة الخام فى الهاضم الهوائى أو اللاهوائى .

# تقليل حجم مجهز الحمأة ( Sludge Conditioner ) ويزيد من خرج معدات نزع المياه الميكانيكية .

# حالة التركيز بالترسيب يخلق حجم موازن ( Buffer Volume ) بين نظام معالجة المياه ونظام معالجة الحمأة .

**# التقنيات المختلفة المستخدمة فى تركيز الحمأة : ــ**

# الترسيب الطبيعى . # التعويم . # الطرد المركزى .

### ٢ - ١ التركيز بالترسيب :

**وصف العملية :**

بوجه عام هذا هو الشكل الأكثر استخداما للمركزات حيث تمكث الحمأة فى خزان أسطوانى ذات قطر يصل إلى ٥م وهذا هو النوع الإستاتيكى وتميل قاعدته من ٤٥° إلى ٧٠° مع المستوى الأفقى أما الخزانات الأكبر فلها قاعدة ذات ميل أكثر إعتدالاً مع الأفقى ومجهز بميكانيزم ومن ثم فله زحافة ونظام حركة بسيط حيث يكون له فائدة مزدوجة : ــ

# يساعد الحمأة على الانزلاق تجاه الحفرة المركزية حيث يتم إزالتها منه .

# يساعد فى تحرير المياه والغازات المحمولة بالحمأة باستخدام صف من القضبان العمودية ، مثبتة فى الميكانيزم المتحرك والنظام الميكانيكى بالكامل له عادة وحدة إدارة مركزية ذات ذراع قطرى مزدوج ، ونظام قشط الحمأة يتكون من سلسلة من الكاشطات ذات الفتحات البينية لتأكيد عدم تلبك الحمأة أثناء نقلها إلى الحفرة المركزية ، إن خزان تركيز الحمأة يجب أن يكون عميقاً بدرجة تسمح للحمأة أن تصبح منضغطة تحت تأثير وزن الكتلة الصلبة أخذين فى الاعتبار السعة التخزينية ويوصى بعمق للمركزات ذات الميكانيزم يتراوح بين ٣.٥م إلى ٤م .

إن ترسيب الحمأة الآدمية فى الحضر فى المركزات واسع الاختلاف ويعتمد بدرجة كبيرة على تركيب الحمأة وخصائصها الطبيعية والبيولوجية .

إن الاختبارات والتحاليل يجب أن تجرى للحصول على البيانات التصميمية الأساسية للمركز ( الحمل النوعى كج من الـ SS\ M2 \DAY ) وفرض كفاءة لمعدل الترسيب ( تركيز الحمأة المسحوبة ( % OF SS ) .

***التصميم والأداء :***

فى ضوء نتائج التشغيل التى تم الحصول عليها من عدد كبير من محطات المعالجة فإنه من الواضح أن تركيز الجازبيه ( Gravity Thickening ) للحمأة الابتدائية عملية سهلة الاستخدام وتقدم معدل تركيز يصل إلى ٧% وذلك عند حمل نوعى يتراوح بين (80-120 KG of SS /M sq. /DAY) .

وفى حالة الحمأة الخام المخلوطة (الحمأة الابتدائية + الحمأة البيولوجية الذائدة ) فإن معدل تركيز الحمأة يصل إلى ٥ % (SS) عند معدل تحميل لا يزيد عن (70 KG of SS/Msq /DAY ) ٩٠% على الأقل من معدل الترسيب بوجه عام تصل إلى ٢٤ساعة ترسيب ولا يجب أن تترك فترة أطول حتى لا يحدث تخمر للحمأة نتيجة للتغير البيولوجى الذى ينتج عنة روائح كريهة ، وهذا التغير ينتج عنة تعديل فى تركيب الحمأة ، وهذا التغيير يكون فى الغالب غير مرغوب فيه فى مراحل المعالجة التالية خاصة فى إجراء نزع المياه الميكانيكى كما أنه قد يفشل عملية التركيز كلياً .

يمكن تجهيز الحمأة الخام قبل ذلك ( Sludge Conditioning ) وذلك بإضافة الجير إليها بمعدل لا يقل عن ١٠% من الكالسيوم هيدروكسيد Ca (oh)2 من وزن الحمأة الجافة وذلك يحسن من ترسيب الحمأة قليلاً ولكن الميزة الرئيسية لهذا الجير هو أنه يرفع مستوى الرقم الهيدروجينى pH للحمأة إلى ما بين ١٠-١١ وهذا يجعل الحمأة مستقرة وتتجنب مشاكل التخمر .

إن تجهيز الحمأة باستخدام البوليمار له تأثير نافع ومفيد على عملية الترسيب حيث أنه يساعد على الفصل السريع بين المواد الصلبة والسوائل وينتج ترويق جيد ولكن إنضغاط كتلة الحمأة غير كبير بوجه عام حيث إن معدل الترسيب يكون منخفض نسبياً فى حالة تركيز الحمأة الخام حيث يصل تركيز الحمأة من المواد الصلبة من ٣% إلى ٣.٥ % بعد هضمها لاهوائياً فى المحطات المصممه لخدمة أكثر من ١٠٠.٠٠٠ نسمة

ولكى نصل إلى أفضل طريقة لتركيز الحمأة من الناحية الفنية والاقتصادية فإنه يتم تركيز الحمأة الابتدائية باستخدام مركزات الجاذبية ، أما الحمأة البيولوجية فيتم تركيزها باستخدام مركزات الطفو الهوائى أو الطرد المركزى كلا على حده وذلك قبل أن يتم خلطهما للحصول على أعلى تركيز بأقل تكلفة .

وحيث إنه من الصعوبة البالغة إستخدام نظام مركزات الجاذبية للحمأة الثانوية والحمأة الناتجة عن التهوية الممتدة حيث معدل التركيز يتراوح بين ٣ _ ٣.٥ % عند حمل نوعى لا يزيد عن ٢٠ كج من الـ SS /م٢ / يوم ، والمحصلة أنه يمكن ذكر مزايا مركزات الجازبية فى الآتى : ــ

***ــ سهولتها وقلة الطاقة المطلوبة لتشغيلها .***

ــ لا تحتاج إلى معدات معقدة .

أما العيب الرئيسى لهذه المركزات أنها تحتاج إلى مساحات وأحجام كبيرة وهذا يعنى إستثمارات إضافية والدرجة الأقل أهمية أن مركزات الجاذبية يمكن أن تتسبب فى روائح غير مرغوب فيها ويمكن التغلب على ذلك بالإضافة المسبقة للجير إلى الحمأة الخام أو بتغطية المركزات وخلق ضغط سالب فى الغرفة ومعالجة ذلك الهواء المسحوب .

***٢ - ٢ التركيز بواسطة التعويم :***

**تذكرة بالأساسيات :**

بينما يكون من الأفضل معاملة الحمأة المخلوطة ( سواء أكانت خام أم مهضومة ) بالترسيب فإن التعويم بصفة خاصة يناسب التركيب الخفيف للحمأة النشطة والإجراء الأكثر إستخداماً وإنتشاراً فى هذه الناحية لمعاملة الحمأة هو التعويم بواسطة الهواء وهذا يشمل إنتاج فقاعات دقيقة من الهواء خلال تقنية التمدد المتكيف الضغط Pressurisation Expansion Technique ( تمدد السائل بعد تلامس مسبق بالهواء المضغوط عند ضغط جوى يتراوح بين ٣ ، ٦ ضغط جوى BAR ) وتكيف الضغط يمكن أن يكون نوعين : ــ

ــ مباشر ( حيث يتم تكيف الضغط الكلى أو الجزئى للحمأة ذاتها ) .

ــ غير مباشر ( حيث يتم تكيف الضغط للمياه ــ غالباً المياه المنقاة متبوعة بحقنها بعد التمدد للحمأة العالقة ) .

***التصميم ــ الأداء :***

على أساس الخبرة المكتسبة حالياً وبالنظر إلى المعالجة بالتعويم للحمأة النشطة الناتجة عن التصرفات الواردة من الحضر فإنه يمكن تحديد طرق التشغيل وأساسيات التصميم : ــ

ــ تركيز الحمأة النشطة المغذية لوحدات التعويم يتراوح من ٦ إلى ١٠ ج/ل من الـ SS .

ــ التحميل النوعى من ٤ إلى ٥ كج SS /م٢ /ساعة .

ــ التحميل الهيدروليكى < ٥م٣/م٢/ ساعة .

ــ تركيز الحمأة الطافية يصل إلى٨% وأكثر .

وفى حالة المحطات الكبيرة ( التى تستقبل تصرفات أكثر من ١٠٠.٠٠٠ نسمة ) فإن تركيز المزيد من الحمأة البيولوجية بالتعويم بالهواء له أهمية كبيرة فى معالجة الحمأة المخلوطة بتركيز الحمأة الابتدائية والثانوية كلا على حدة وذلك قبل خلطهما معاً ( يستخدم الترسيب مع الحمأة الابتدائية والتعويم مع الحمأة البيولوجية ) .

وبذلك يكون ممكناً زيادة معدل التركيز العام للحمأة وهذا يزيد كفاءة الهاضم ومرحلة نزع المياه .

***٢ ــ ٣ التركيز بالطرد المركزى :***

إن الحمأة يمكن تركيزها بنجاح بإستخدام الطرد المركزى .ويمكن إستخدامة لتركيز كميات كبيرة من الحمأة ولكنه ليس واسع الإنتشار حتى الآن والمشكلة الرئيسية التى تواجة التشغيل هو حدوث سدد بين الحين والآخر ولكن تقنيته تبدو جيدة وهو بوجه عام مناسب لتركيز الحمأة النشطة بدون الحاجة إلى تجهيز مسبق بالبوليمر ويوجد نوعين من مركزات الطرد المركزى : ــ

## ــ النوع الأفقى .

ــ النوع الرأسى .

وأجود الأنواع والتى يمكن الحصول منها على أفضل النتائج هى النوع الأفقى ذات السحب المستمر للمياه عندما يتم تصميمه بإناء إسطوانى مستدق عند زاوية بسيطة ولكى نحصل على معدل سحب عالى فإنه غالبا يستلزم الأمر تجهيز الحمأة بالبوليمر ، وبوجه عام فإن التركيز بالطرد المركزى له المميزات والعيوب التالية : ــ

***أولاً : ــ المزايا :***

١ ــ تركيز عالى للحمأة ( خاصة الحمأة المنشطة الخفيفة ) بين ٦% و١٠% مواد صلبة جافة ( DS ) .

٢ ــ المعدات تتطلب مساحات وأحجام قليلة ومن ثم يمكن تصميم وحدات تركيز منضغطة ( Compact Units ) .

***ثانياً : ــ العيوب :***

١ ــ إن معدات التركيز الطرد المركزى فى حالات معينة تتعرض لمشاكل الإنسداد ولذلك يجب أن يكون التصميم على درجة عالية من الجودة .

٢ ــ استهلاك عالى للطاقة وبالتالى تكاليف تشغيل عالية .

٣ ــ الحمأة غالباً ما تحتاج إلى تجهيز مسبق ( مصافى ــ تجهيز بالبوليمر ) .

## الجدول التالى يحتوى على مقارنة بين أنواع التركيز الثلاثة

| مقارنـــة لعمليات تركيـــز الحمـــأة | | | |
|---|---|---|---|
| عنصر المقارنة | التركيز الإستاتيكى | التعويم | الطرد المركزى |
| ــ تركيز الحمأة المركزة(G/L) | | | |
| ــ الحمأة الابتدائية . | ٨٠-١٢٠ | | |
| ــ الحمأة البيولوجية . | ٢٥- ٣٠ | ٥٠- ٨٠ | ٦٠- ١٠ |
| ــ التكاليف الإستثمارية (نسبة) | ١ | ٢.٢ | ١.٨ |
| ــ إستهلاك الطاقة(ك.وات/ م٣) من الحمأة . | منخفض جدا | ٤٠٠ وات س/م٣ | ٨٠٠ وات س/م٣ |
| ــ إستهلاك البوليمر . | ---- | ممكن | ٢كج/طن(DS) |
| ــ السماح فى تغير الحمل . | متوسط | منخفض | منخفض |
| ــ المساحة الفعالة م٣ . | كبيره جدا | كبيره نسبيا | منخفضة |
| ــ التشغيل : | | | |
| ــ السهولة . | سهل | سهل | سهل |
| ــ التعقيد التقنى . | بسيط | معقد | بسيط |
| ــ عدد العاملين . | قليل جدا | قليل | قليل |
| ــ القيود البيئية . | مخاطر الرائحة والناموس (مطلوب غطاء) | لا مخاطر | لا مخاطر |

### ٣ ــ إجراءات تثبيت الحمأة : ( Sludge Stabilization Procedures )

إنـــه مـــن الضرورى تقليـــل المقـــدرة التخمرية للحمأ المحتوية على كميات كبيرة من المواد القابلة للتحلل مثل : ــ

ــ الحمأة الابتدائية ( الناتجة عن ترسيب المواد العالقة فى أحواض الترسيب الإبتدائى ) .

ــ الحمأة البيولوجية غير المستقرة ( مثل الناتجة من الحمأة المنشطة بحمل عالى أو متوسط ــ المرشـــحات النقطية ــ الفلاتر البيولوجية ) .

***ــ الحمأة المخلوطة وهى خليط من الحمأة الإبتدائية + الحمأة البيولوجية ويتم تثبيـــت الحمـــأة بإســـتخدام عمليات بيولوجية أو كيميائية أو حرارية .***

العمليات البيولوجية ينتج عنها نقص حقيقى فى محتوى المادة العضوية وفى المقابل يتسبب الإجراء الكيميائى والحرارى فى تجميد التخمر بدون تغيير المحتوى الحقيقى للمادة العضوية وتثبيت الحمأة يتم بإى الطرق الآتية : ــ

ــ هضم لاهوائى (تخمر الميثان ) .

ــ هضم هوائى .

وأكثر العمليات الكيميائية شيوعاً فى الإستخدام هى التثبيت بالجير التى تشتمل على خلط الجير بالحمأة بينما التثبيت الحرارى يشتمل على : ــ

ــ ***البسترة عند ٧٠ درجة مئوية .***

ــ التسخين فى أتوكلاف .

## ***٣ - ١ تخمر الميثان :***

### ***٣ - ١ - ١ أساسيات تخمر الميثان أو الهضم الهوائى :***

تشتمل على تخمر الحمأة فى خزان مغلق ( هاضم ) بمعزل عن الهواء ( فى غياب الأكسجين ) ويتم التخمر فى مرحلتين منفصلتين بنوعين مختلفين من الكائنات الحية الدقيقة وهما : ــ

ــ مرحلة التميع أو الإذابة ( Liquefaction Stage ) حيث يتم فى هذه المرحلة تحول المواد العضوية إلى جزيئات بسيطة من الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية وبخاصة أنواع الأحماض المتطايرة ( Acid Types Volatile ) .

ــ المرحلة الغازية ( Gasification Stage ) وفى هذه المرحلة يتم تحويل الأحماض المتطايرة إلى ميثان وثانى أكسيد الكربون وماء وهذا يمثل المنتج النهائى لعملية الهضم اللاهوائى والبكتريا المكونة للميثان والمسئولة عن هذه المرحلة شديدة الحساسية جداً للتغير فى درجة الحرارة والرقم الهيدروجينى pH وكذلك للسمية وهى كذلك تؤثر على سرعة الإجراء لأنها تبطئ معدل نمو هذه البكترية ، فى ظروف التشغيل الجيدة فإن تخمر الميثان يؤدى إلى تقليل واضح فى كمية المواد العضوية ( من ٤٥-٥٠% ) ، فى الحمأة الطبيعية الناتجة عن الحضر وهذا يمثل تقليل بمقدار الثلث (١/٣) من المواد الصلبة الموجودة بالحمأة ، وبمجرد أن يتم هضم الحمأة تصبح فى حالة جيدة متجانسة وتذهب عنها الروائح ، بالإضافة إلى ذلك فإن غالبية الكائنات الحية الدقيقة ( بكتريا ــ جراثيم ــ ميكروبات) يتم تدميرها ويمكن حينئذ تداول الحمأة فى الأجواء المفتوحة بدون أن يتسبب ذلك فى متاعب فى معظم حالات العمل المتكررة ( عند حمل عالى درجة حرارة ٣٥ درجة ) فإنة يتم إنتاج ما بين ٨٠٠ ، ١٠٠٠ لتر من الغاز البيولوجى ( Biogas) لكل كج من المواد الصلبة DS تم تدميره ومن ثم من ٤٠٠ إلى ٥٠٠ لتر من الغاز البيولوجى الذى يتم إدخالة للهاضم والغاز يحتوى بصفة أساسية على : ــ

* -٥٥ - ٧٥% ميثان .

* - ٢٤ -٤٠% ثانى أكسيد كربون .

* - ١ - ٥ % هيدروجين & ٢-٧ % نيتروجين فى حالات محدودة تكون كميات صغيرة من كبريتيد الهيدروجين أو الأمونيا هى المسئولة عن الروائح الغير مرغوب فيها والغاز البيولوجى بصفة عامة يستخدم لتسخين الهاضمات ولكن عملية التخمر ينتج عنها غاز يغطى عملية تسخين الهاضمات ويفيض كمية كبيرة من الغاز يمكن إستخدامها فى توليد الطاقة أو فى تسخين المنشآت والمبانى الإدارية .

ظروف الهضم الجيد : ــ

لكى تتم عملية الهضم بنجاح فإن هناك عددا من المتغيرات يجب أن يتم ضبطها بطريقة جيدة .

***ــ درجة الحرارة : ــ***

هناك ثلاث مستويات للحرارة معروفة طبيعياً وكل مستوى من المستويات مناسباً لظروف المعيشة لفصيلة معينة من البكتريا فهناك البارد Cold حيث تتراوح درجة الحرارة بين ١٠-١٥ درجة $^{o}$م ، وهناك الميزوفيلك Mesophilic حيث تتراوح درجة الحرارة بين٣٠-٤٠ درجة $^{o}$م ، وهناك الثرموفيلك Thermophilic حيث تكون درجة الحرارة > ٤٥ درجة $^{o}$م والغاز المتولد يزداد بزيادة درجة الحرارة ، ومن الضرورى جداً أن نحافظ على درجة حرارة ثابتة بقدر الإمكان تتناسب مع الطبيعة المعيشية للفصيلة البكتيرية المستخدمة .

***ــ زمن المكث : ــ***

إن زمن المكث يجب أن يكون كافياً مقارنة بالحمل العضوى ودرجة حرارة تشغيل الهاضم .

***ــ تركيز الحمأة : ــ***

إن تركيز الحمأة يجب أن يكون عالياً لإسراع التفاعل الكيموبيولوجى وليكون حجم الهاضم أقل ما يمكن .

***ــ المحتوى العضوى للحمأة : ــ***

إن المحتوى العضوى لمكونات الحمأة يجب أن يكون عالياً ( حولى ٧٠% ) وذلك لتحقيق معدل إزالة عالى .

***ــ الخلط الشديد : ــ***

**إن الخلط الشديد للحمأة فى الهاضم يؤكد أن درجة الحرارة والتركيز طبيعياً وأن هناك إتصال جيد بين الحمأة والكائنات الحية .**

***ــ التغذية والسحب : ــ***

إن عملية تغذية الهاضم والسحب منه يجب أن تتم بصورة منتظمة بدون أى تغيير فجائى لكى نضمن النمو والتكاثر المنتظم للكائنات الحية .

**٣ - ١ - ٢ تصميم الهاضمات : ــ**

**ــ درجة حرارة التشغيل :**

إن درجة حرارة التشغيل تعتبر عامل حازم فى كفاءة عملية الهضم وسرعته واستقرار التخمر وكمية الغاز المتولدة .

**ــ التخمر غير المصحوب بتسخين ( Unheated Fermentation ) :**

إنها بالخبرة العملية تستخدم فى الهاضمات ذات الحجم الصغير والتى تمكث فيه الحمأة فترة طويلة نسبياً .

**- تخمر الميزوفيلك ( Mesophilic Fermentation ) :**

وهو الإجراء الأكثر إستخداماً فى محطات المعالجة فى الحضر حيث يصل إلى أفضل توازن للطاقة .

**ــ تخمر الثرموفيلك (Thermophilic) :**

وهو إجراء نادر الإستخدام بسبب حساسيته الشديدة للتغير فى الحمل وللتكلفة العالية فى الطاقة المستهلكة ، والمميزات الخاصة بهذا النوع هى الإحتياج إلى هاضمات ذات سعة أقل والفاعلية الشديدة فى تدمير البكتريا والكائنات الممرضة وغالبية إستخدامه يكون فى البلدان الحارة .

**٣ - ١ - ٣ أنواع الهضم : ــ**

إن عملية الهضم يمكن أن تتم فى مرحلة واحدة أو فى مرحلتين ويتم الهضم فى كلا من النوعين بأحمال تشغيل مختلفة ، وزمن مكث الحمأة فى الهاضمات يعتمد على تصميم الهاضم ودرجة حرارة التشغيل .

**ــ الهضم متوسط الحمل Medium Load Digestion : ــ**

ويتراوح الحمل فى هذه الحالة بين ٠.٨ ــ ١.٢ كج من المواد العضوية لكل ١م$^{٣}$ من حجم الهاضم لكل يوم وعادة ما يتم الهضم فى مرحلة واحدة بإستخدام حمأة غير مركزة عند درجة حرارة ٢٥ $^{o}$م مع تقليب قليل ومتقطع ، وعموماً زمن المكث يتراوح بين ٣٠-٤٥ يوم .

**ــ الهضم عالى الحمل High Load Digestion : ــ**

**ويتم الهضم فى مرحلة واحدة أو فى مرحلتين عند درجة حرارة ٣٥ $^{o}$م ويستخدم حمأة خام سبق تركيزها ، ولإنه فى حالة الهضم عالى الحمل يكون الوقت المرغوب فى الهضم أقل فإن : ــ**

# فى حالة المرحلة الواحدة فإن الهاضم يقلب بشدة وبإستمرار والتحميل الممكن يتراوح بين ١.٥-٢ كج لكل من المواد العضوية لكل ١م$^{٣}$ من حجم الهاضم لكل يوم وزمن المكث يتراوح بين ١٥-٢٠ يوم وفى حالة الهضم ثنائى المرحلة فإن الحمل يكون أعلى ويكون بين ٢-٣ كج من المواد العضوية لكل ١ م$^{٣}$ من حجم الهاضم ، وفى الهاضم الإبتدائى تقلب الحمأة بشدة وتمكث بين ١٢-١٦ يوم .

والهاضم الثانوى يستخدم لمزيد من تخمر الميثان ولفصل وإزالة الخبث الطافى ولتركيز الحمأة وتحمل فيه الحمأة بين ٣-٤ أيام ، والخلط عادة يتم بإستخدام الغاز البيولوجى Biogas Mixing ويزال الغاز من قبة الهاضم أو من مخزن الغاز ويحقن تحت ضغط فى الحمأة داخل الهاضم ، وتنظيم وإختيار نقاط الحقن يعد عامل قاطع لضمان كفاءة عملية الخلط ، كما أن التسخين للحمأة بواسطة غلايات تدار بالغاز البيولوجى ويتم ذلك خلال تبادل حرارى بين الحمأة والمياه الساخنة والمبادلات الحرارية تكون موضوعة داخل أو خارج الهاضم طبقاً للمساحة المتاحة .

**ـ التشغيل : ـ**

إن الخواص الرئيسية للهضم الجيد تكون كالتالى : ـ

- ـ إنتاج كمية كبيرة من الغاز البيولوجى (٨٠٠ لتر/ كج من المواد العضوية المدمرة ) بجودة عالية .
- ـ ٧% ميثان على الأقل .
- ـ رقم هيدروجينى (pH ) يتراوح بين ٦.٨ – ٧.٨ .
- ـ تركيز منخفض للأحماض المتطايرة الذائبة < ١ جرام/ لتر .

ومن الناحية العملية إذا كانت عملية الهضم تتم بصورة جيدة فإن العوامل والمتغيرات المختلفة يجب أن تبقى عليها ثابتة بحرص وعناية شديدة لأن البكتريا والميكروبات المنتجة للميثان شديدة الحساسية والتأثير بأى تغيير فى البيئة المحيطة بها وكذلك حدوث أى نوع من عدم التوازن فى الهاضم سوف ينتج عنه تراكمات من المنتجات الغير مرغوب فيها وبالتالى هبوط فى الرقم الهيدروجينى pH وأخيراً تعثر فى عملية التخمر ، ولو حدث أى إنهيار لعملية التخمر فإننا سوف نحتاج إلى وقت طويل لإعادة تشغيل النظام مرة أخري وذلك بسبب هذه النوعية من الميكروبات ، ومن أكثر الطرق العملية شيوعاً لمنع هذه العملية من الحدوث تكون بحقن الجير لكى نحافظ على إستقرار الرقم الهيدروجينى ، إن المشغل يمكن أن يواجه أيضا مشاكل ظهور الرغاوى الإسفنجية Foaming عند مرحلة بداية تشغيل الهاضم ويمكن التغلب على ذلك بتناقص متزايد للحمل مع حقن الجير .

إن الهاضمات يجب أن تخرج خارج الخدمة مرة كل عشر سنوات على الأكثر وذلك لفحص الحوائط والمواسير وإزالة الرواسب المتعزر إستخراجها أثناء التشغيل العادى والتى تقلل من الطاقة الإستيعابية للهاضم وكذلك إجراء ما يلزم من صيانات .

**٣ - ١ - ٤ المزايـــا :**

إن مزايا إتزان الحمأة بإحدى طرق تخمر الميثان يتوقف بدرجة كبيرة على طريقـــة الـــتخلص مـــن الحمأة المختارة [ Methoud Of Disposal Chosen ]

**ـ النشر : Spreading : ـ**

إن إستقرار الحمأة ضروري جداً لكلاً من عمليتى نشر وتشوين الحمأة ومميزات تخمر الميثان مقارنة بطرق الإستقرار الأخرى هى كالآتى : ـ

- الطاقة المستخدمة يمكن تغطيتها من نتائج عمليات التشغيل .
- تكلفة التشغيل أقل .
- حجم التشوين يصبح متاحاً .
- تمتع الحمأة بخاصية ترشيح ونفاذية جيدة [ Good Filtrability ] ومن ثم إحتواء الحمـــأة علـــى نسبة عالية من المواد الجافة عند إجراء عملية نزع المياه لها .

**ـ الحـــرق : Incineration : ـ**

إذا كان مخططاً أن يتم التخلص النهائى للحمأة بالحرق فإن عملية تخمر الميثان حين ذلك تكون غيـــر مرغوباً فيها لأنها تقلل من سعة الإنتاج الحرارى للحمأة .

**٣ - ١ - ٥ العيـــــوب : ـ**

تخمر الميثان له أيضا عيوب معينة والتى يجب أن تؤخـــذ فـــى الحســـبان عنـــد تحديـــد العمليـــات والإجراءات التى ستجرى على الحمأة وأهم هذه العيوب هى : ـ

- تكلفة إستثمارية عالية جدا بالمقارنة بطرق وعمليات الإستقرار الأخرى . فبالإضافة إلى تكاليف الهاضمات فهناك تكاليف الغلايات والمبادلات الحرارية والتوربينات المائية ووحدات توليد الكهربـــاء والتـــى ســـتقوم بعملية تغطية الطاقة [ Energy Recovery ] .
- الإحتياج إلى مساحة سطحية كبيرة نسبيا لإقامة الهاضمات ومخازن الميثان ومحطة توليد الكهرباء .
- الإدارة الصعبة لعمليات الهاضم البيولوجية والتى يمكن أن تتوقف وتنهار تماما وذلك لحساســـيتها الشـــديدة والمفرطة لأنواع كثيرة من المنغصات كما سبق الإشارة وعند ذلك نحتاج لوقت طويل لإعادة تشغيلة مرة أخرى .
- الإحتياج إلى مصدر إضافى للطاقة [ وقود سائل أو غازى ] لتسخين الهاضم بعد حالـــة توقفـــة لإنهيـــار العملية البيولوجية أو لأى سبب أخر .
- إنتـــاج كميـــات كـــبيرة مـــن السائـــل الـــرائـــق [ Supernatant ] ذات حمـــل عضـــوى عالى نسبياً [ 200- 400 mg/l of B.O.D.5 ] حيث يمكن أن تعكر صفو المعالجة عند إعادتهـــا إلـــى مـــدخل المحطة .

### ٣-٢ التثبيت الهوائى للحمأة Aerobic Stabilisation : ــ

#### ٣-٢-١ أساسيات : ــ

إن عمليات التثبيت الهوائى [ أو الهضم الهوائى ] متعلقة بتهوية الحمأة لفترات طويلة والكائنات الحية الدقيقة تقوم بتكثير المواد العضوية الذائبة وفى النهاية المادة العضوية للخلية ذاتها ٠

وزمن المكث يعتمد على درجة الحرارة والحمل ونوع الحمأة المعالجة وهو عادة يستغرق زمناً يتراوح بين ١٠-٢٠ يوم .

#### ٣-٢-٣ التصميم : ــ

إن عملية الهضم الهوائى تحدث إما فى أحواض التهوية ذاتها فى حالة " الأحمال المنخفضة " بالحمأة المنشطة أو فى أحواض مخصصة لذلك وتتم عملية الهضم فى درجة الحرار ة المحيطة وفى منشآت غير مغطاة ويجب عند تصميم الهاضمات أن يراعى درجة الحرارة المحيطة وزمن المكث ونوع الحمأة والحمل المستخدم ولتحقيق زمن مكث كافى فإنه عادة من الضرورى أن يتم تغليظ الحمأة قبل عملية الهضم ، والتركيز المطلوب يكون على الأقل ٢٥جرام /لتر من الحمأة الجافة وتتم التهوية إما بنشر فقاعات كبيرة أو متوسطة الحجم وإما أن تتم عن طريق التهوية السطحية ، ولتحقيق درجة حرارة كافية فى الهاضم فإن الظروف الآتية يجب أن تؤخذ فى الإعتبار : ــ

***ــ أن تسبق عملية الهضم تركيزاً للحمأة يتراوح بين ٣٥ - ٥٠ جرام/لتر من الحمأة الجافة .***

ــ أن يكون تركيز المواد العضوية فى الحمأة بنسبة كافية ٧٠% على الأقل من الحمأة الجافة .

ــ إستخدام نوعية خاصة من أنظمة التهوية المغمورة لتوليد فقاعات محددة للحد من الفقد الحرارى أ ثناء عملية الخلط خاصة البلاد التى تتسم بالجو البارد .

ــ أحواض الهضم يتم عزلها وكذلك يمكن تغطيتها فى ظروف الطقس الجيدة وبتركيز حوالى ٥٠ جرام/لتر ويحتوى على الأقل ٣٥ جرام/ لتر من المواد العضوية فإن الحمأة يمكن أن تتوازن فى مدة تتراوح بين ٤-٦ أيام عند درجة حرارة ٥٠ $^{o}$م .

وهذا الإجراء يخلصنا من غالبية الكائنات الممرضة أكثر بكثير من إنتاج الميثان ولهذا فهو يعتبر تقنية بسترة [ Pasteurisation Technique] وعلاوة على ذلك فإن عملية هضم الحمأة عند درجة حرارة عالية يحسن الخواص الفيزيقية للحمأة حيث يكسبها خاصية القدرة على الإنفاذ أو الفلترة [Filtrability ] وفى حالات معينة يمكن أن يكون بديلاً جيداً لمكيف الحرارة التقليدى ومع ذلك وبغض النظر عن هذه التطبيقات الخاصة [ البسترة – الفلترة – التكييف ] فإن التوازن بواسطة بكتريا الثرموفيلك الهوائية فى واقع الأمر قليلة الإستخدام ، وقلة الإهتمام بهذه الطريقة يرجع إلى تكاليف التشغيل العالية مقارنة بتكاليف هضم الحمأة فى الهاضمات اللاهوائية وكذلك إلى صعوبات معينة فى التشغيل مثل : الحساسية الشديدة للتغير فى الحمل ــ تكوين كميات كبيرة وبتركيز عالى من الرغاوى ــ الروائح الكريهة المصاحبة للأبخرة المتصاعدة .

**٣ - ٢ - ٣ الكفاءة : ــ**

إن كفاءة عملية الإتزان الهوائى التقليدى تتغير طبقاً لعوامل التشغيل ولكن بوجه عام تكون أقل من الكفاءة التى يتم الحصول عليها فى حالة تخمر الميثان : ــ

# معدل إزالة المواد العضوية بين ٢٠-٣٥% .

# إزلة ضعيفة للكائنات الممرضة .

# إستهلاك عالى للطاقة ٢-٣ مرات أعلى من تخمر الميثان وفى المقابل فإن جودة السائل الرائق [Supernatant Liquid] أفضل كثيراً حيث يتراوح حملها العضوى بين ٣٠ -٥٠ مج/ل .

**٣ - ٢ - ٤ التشغيل : ــ**

إنه يتم وبسهولة أكثر كثيراً حيث يمكن تشغيل نظام التوازن الهوائى التقليدى عنه فى حالة تخمر الميثان ، حيث أن البكتريا تقاوم التغيرات الكبيرة فى بيئتها وعلى وجه الخصوص التغير فى الرقم الهيدروجينى pH الذى يمكن أن يهبط إلى أقل من ٦ دون أن يؤثر ذلك على عملية التشغيل ، المشكلة الرئيسية التى تقابلنا هى تكوين كميات كبيرة من الزبد [ الرغاوى ] خاصة أثناء عملية بداية التشغيل وهى عادة ما تكون عالية التركيز وينصح بإزالتها بصفة دورية .

**٣ - ٣ التثبيت الكيميائى : ــ**

**٣ - ٣ - ١ أساسيات : ــ**

إن إضافة بعض المعاملات الكيميائية إلى الحمأة يمكن أن يوقف عملية التخمر وبالتالى نتجنب الروائح الكريهة ، وبخلاف ما يحدث فى عملية الهضم اللاهوائى والهوائى للحمأة فإنه ليس هناك نقص فى المحتوى العضوى للحمأة .

إن الجير بسبب سعره المنخفض وقاعديته [ Alkalinity] ومقدرتة على تقوية التركيب الطبيعى للحمأة يعتبر المادة الشائعة الإستخدام فى عملية التثبيت الكيميائى [ فى كلا من حالتيه سواء أكان الجير حى أم مطفأ ] .

إن إضافة الجير طبقاً للكميات المقننة ينتج عنه إرتفاع جيد فى قيمة الرقم الهيدروجينى [pH] وإنخفاض هائل فى عدد الكائنات الممرضة [ Pathogenic Grames ] .

**٣ - ٣ - ٢ التشغيل : ــ**

الجير يمكن إضافته فى مراحل مختلفة من عمليات التنقية .

***أ - الحمأة السائلة : ــ***

الجير المطفأ $Ca(OH)_2$ عادة ما يضاف فى واحدة من المراحل التالية :-

ـ قبل عملية التركيز إضافة للجير فى هذه المرحلة يمنع التخمر من الحدوث فى المركز ويساعد الحمأة لكى ترسب ومعدل الإضافة الطبيعية هو ١٥% من المكون الصلب للحمأة .

ـ بعد عملية التركيز وإذا كان سيتم النشر المباشر للحمأة فإن إضافة الجير المطفأ بمعدل ١٠% فإن ذلك يرفع الرقم الهيدروجينى بعد حوالى ساعتين إلى أكثر من ١٢ ويقضى ذلك على الكائنات الممرضة ومع ذلك فإن الحمأة يجب أن يتم نشرها بسرعة قبل أن تعاود تخمرها من جديد .

ـ أما إذا كان سيتم تخزين الحمأة فإن الجير يجب أن يضاف بمعدل أكثر من ٣٠% وحتى مع هذه الجرعة فإنه فى الغالب ما يكون من الضرورى إضافة المزيد من الجير إلى الحمأة عندما سيكون من المتحتم تخزين الحمأة لأشهر عديدة .

ـ وغالباً وبعد عملية التركيز وإذا كان ستجرى عملية نزع مياه للحمأة [ Dewatering ] ، فإن إضافة الجير يحسن من التركيب الطبيعى للحمأة ويساعد فى عملية النزع الميكانيكى للحمأة [ Mechanical Dewatering] ، مسبباً مستوى جفاف أعلى والجرعة المعتادة فى هذه الحالة تكون حول ٣٠% .

### ب - الحمأة المنزوعة المياه [Dewatered Sludge] : ـ

يمكن إضافة الجير أيضا إلى الحمأة منزوعة المياة وبسبب قلة محتوى المياه فى هذه الحمأة فإن الجير الحى (CaO) ينتج تفاعلا إكثوثرمى (Exothermic-Reaction) أى ينتج عنه إنبعاث حرارى كبير وهذا الإجراء يتميز بصفة خاصة بتأثير تعقيمى قوى للغاية فإن الجراثيم تقل بمقدار يتراوح بين ١٠أس ٦ إلى ١٠ أس٧ لكل نوع من الجراثيم وبصفة خاصة فإن السلامونيلا تختفى تماماً .

ومعدل الإضافة المعتادة للجير يتراوح بين ٣٠%إلى ٤٠% من وزن المحتوى الجاف للحمأة وبعد هذا النوع من المعالجة فإن الحمأة يمكن تخزينها بأمان لعدة أشهر .

إن هناك صعوبة كبيرة لخلط الجير مع الحمأة منزوعة المياه أكثر منها مع الحمأة السائلة ولذلك فإن خلاطات خاصة وشديدة القوة تكون مطلوبة لمثل هذه العملية .

### ٣-٣-٣ المزايا Advantages : ـ

الجير يضاف إلى الحمأة بصفة أساسية عندما يكون من المقرر نشر هذه الحمأة على أراضى زراعية لأن الحمأة فى هذه الحالة تكون مستقرة وتكون معظم جراثيمها مدمرة وهذه الطريقة لها المزايا التالية : ـ

- إستثمارات ومساحات قليلة مطلوبة .
- يعول على الحمأة ويعتمد عليها Reliability .
- المرونة التامة فيما يتعلق بتغير الحمل .
- العملية كلها بالكامل يمكن أن تتم بطريقة أتوماتيكية .

ومن وجهة النظر الزراعية فإن إضافة الجير تنتج ظاهرة كيميائية معقدة وهى تعنى أن المادة المخصبة ليس من السهل الحصول عليها بسهولة ويسر ، ومع ذلك فإن هذا النوع من الحمأة يلقى ترحيباً جيداً فيما يختص بقدرته الكبيرة على تحسين تركيب التربة وبصفة خاصة فإنها تلقى رواجاً عالياً فى المزارع ذات الأرض الحامضية .

### ٣ - ٤ البسترة Pasteurisation : ــ

البسترة لا تعد حديث كامل عن عملية إستقرار للحمأة ، فإن هدفها الوحيد هو تحويل الحمأة إلى سماد معقم ، ويوجد معيار واحد لعملية البسترة وهو غياب الأنتروبكتريا فى عينة ١٠ جرام وهذا ممكن أن يتم بإحتواء كل الأجزاء فى محلول للحمأة عند درجة حرارة ٧٠ م ولمدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة ولكن وجد هناك خطأ هو أن الحمأة يعاد تلوثها من المواسير والتركيبات النازلة من وحدة البسترة وحيث أن وحدات البسترة يكون موقعها فى نهاية توالى عملية التنقية وبعد عملية التثبيت ولكن للسبب عالية فإن هذه العملية غير محببة ، والجدول التالى يوضح مقارنة بين عمليات التثبيت : ــ

**مقارنة بين عمليات تثبيت الحمأة**

| | التثبيت اللاهوائى الميزوفيلى H .l | التثبيت الهوائى | التثبيت الكيميائى | البسترة |
|---|---|---|---|---|
| تقليل المحتوى العضوى O.M | ٤٥-٥٠% | ٢٠-٣٥% | - - - | - - - |
| إزالة الجراثيم الممرضة | ++ | + | +++ | +++ |
| زمن المكث | ٢٠-٢٥يوم | ١٠-٢٠يوم | مباشر | ٣٠ دقيقة |
| إستهلاك الطاقة | + | +++ | قليل جدا | ++++ |
| تغطية الطاقة RH . | +++ غاز بيلوجى | -- | -- | -- |
| الحمل العضوى للسائل الرائق B.O.D | ++ | ++++ | -- | -- |
| عامل منع النشاط وكبحه enhipiting factor | ++++ | ++ | -- | -- |
| قابلية الحمأة لإنفاذ الميا | ++++ | ++ | -- | + |
| الإستثمارات المطلوبة | +++++ | ++ | + | +++ |
| تكاليف التشغيل | + | +++ | ++++ | ++ |
| مخاطر الروئح الكريهه | -- | + | ++++ | -- |

**٤ - تهيئه وتجهيز الحمأة Sludge Conditioning : ــ**

إن أنواع الحمأة المختلفة الناتجة من المناطق الحضرية هى عبارة عن مكون غروى مستقر ذات الخواص الواضحة فى الإرتباط بالماء Hydrophilic Character ، والحمأة فى هذه الحالة يكون من الصعب نزع المياه منها بإستخدام الطاقة الميكانيكية .

إن مناسبة عملية التجفيف الميكانيكى اللاحقة مرتبطة بالتركيب الحقيقى للحمأة ذاتها مثل سعة إمتصاصها المياه ( Water Absorbing Capacity ) فتختلف بشكل كبير طبقا لطبيعتها والتركيب الفزيوكيميائى لها .

ولجعل الحمأة مناسبة لعملية نزع المياه منها ميكانيكيا على مستوى واسع فإنه من الضرورى كسر الاستقرار الغروى للحمأة ( Colloidel Stability ) بإحدى طرق التجهيز التى تسبق عملية النزع الميكانيكى بغرض جعل الحمأة تكتسب خاصية التصفية ( Drainble ) الفلتره ( Filtrable ) - الطرد المركزى ( Centerifugable ) والحمأة يمكن أن تجهز بطريقة مختلفه تشمل الفيزيائى والكيميائى والحرارى سواء أكانت طرق منفصلة أو مختلفة .

**٤ - ١ التجهيز الكيميائى Chmical Condiiion : ــ**

باستخدام ظاهرة التجلط والتجميع ( Caagulation And Flocculation ) بالتجهيز الكيميائى يقود الى تكوين الجزيئات فى نظام تلاقى المعاملات المستخدمة ( The Used Reagents ) ومن الممكن أن يكون معامل غير عضوى أو عضوى ( بوليمر ) وكل من هذين النوعين له خواصه النوعية .

ومن المهم فى عملية التجهيز الكيميائى أن يتم ضبطها بما يتلائم مع طبيعة الحمأة طبقا للتركيب الفزيوكيمائى والبنائى للحمأة .

وهذا بعد البحث أن افضل معامل ( Reagent ) لاستخدامة لتجهيز الحمأة وبالجرعة التى يتم استخدامها على اساس من الاعتبارات الطبيعية والاقتصادية .

أن المجهز ( Condition ) ذات المعاملات غير العضوية يحتوى على الحديد أو سلفات الالمونيوم ( Aluminim Salfat ) ، والمجلط ( Coagulants ) الذى يحتوى على معادلة الشحنات السالبة للمواد الغروية وتؤثر على ارتباطها بالماء ( Affact Their Hydrophily ) ويتم الحصول على تجمع بسيط بين الجزيئات ويجعلها تتكتل وتتكوم .

والمعاملات الغير عضوية ( Inorganic Reagents ) تشجع على تكوين تجمعات رقيقة ومستقرة ( Relatively line, Table Floc ) وهى بصفة خاصة تتناسب وعملية التجفيف بالفراغ ( Vacuum ) أو الفلترة بالضغط ( Pressule Filtration ) وفى هذه الحالة فان وحدة التجهيز تشمل على الاتى :ــ

- خزانات لتخزين المجهز تشمل معدات النقل وتجهيزات السحب والتميع ( Conveyance , Extraction And Flnidistation Facilities ) وغيرها .
- نظام الحقن ( معدات الجرعه الجافة وطلمبة الجرعة ، وغيرها ) .

- خزان الخلط والتجمع ( Flocculating ) المزود بأجهزة حقن المجلط .
- نظم ضخ الحمأة ( تشمل الطلمبات والبلوف ذات المحركات وغيرها ) ، وزمن التجمع ( Flocculation Time ) يتراوح عادة بين ٣ -- ١٥ دقيقة اعتمادا على نوع الحمأة والعامل المستخدم ( Reagents Used ) .

والتجهيز الكيميائى باستخدام بولى الكتروليف العضوى يؤدى إلى تكوين تجمع كبير ( Larg Floc ) مساحته عدة مليمترات مربعة وهى هشة بدرجة كبير وهذا النوع من الفلوك ( التجمع ) لا يمكنه أن يقاوم النقل الضعيف أو لمده تزيد عن عدة ساعات ، ولذلك يحضر مباشرة قبل نزع مياه الحمأة بالسنتر فيوج أو تجفيفها بفلاتر الالياف الصناعية ( Filter Fabric ) مثل البلت فلتر ولا يمكن استخدامها مع معدات التجفف الميكانيكى ذات الضغط المرتفع مثل الفلتربرس أو المعدات التى تعمل تحت الفراغ مثل الفلتر ذات الاسطوانة الفراغية الدوارة ( Rotating Vacuum Drum Filter ) لحدوث الكثير من المشاكل فى هذه المعدات عن استخدامها هذا النوع من المجهز فيها حيث تلتصق كيكة الحمأة والفلتر وهذا يعنى كثير من الوقت المهدر فى تنظيف نسيج الفلتر أو عدم اكتمال الكيكة عن نهاية مشوار الاسطوانة الفراغية الدوارة .

والمجهز البولى الكترولية يطرح فى صورة بدره ( Powder ) أو سائل عالى اللزوجة ( Very Viscous Syrup ) ويجب أن يتم تخفيفها بشدة قبل حقنها .

***وحدة التجهيز تتكون من العناصر الاتية :ـ***

- خزان لتجهيز المحلول المركز مزود بجهاز تشتيت وتقليب .
- معدات تداول ( Handling Facilities ) .
- خزان لتخزين المحلول ذات التجفيف الأول .
- خلاط عالى التهيج .
- طلمبة حقن وعداد قياس للتصرف .

والتجمع البولى الكترولية يحث عادة فى الحال والتجمعات المتكونة تكون متكتلة ولكنها هشة إلى حد ما ونقاط الحقن لذلك يكون موقعها تقريباً قبل وحدة نزع المياه ( Dewetering Unit ) مباشرة وعملية الخلط تكون بشدة ولكن الفترة بسيطة .

***٤-٢ التجهيز الحرارى The rmal Conditioning :ـ***

إن التجهيز الحرارى يشمل معالجة الحمأة العضوية والغراوية بالحرارة ، وتسخين الحمأة إلى درجة حرارة تتراوح بين ١٦٠ مْ إلى ٢١٠ مْ يغير تركيبها البنائى تغيراً غير قابل للعودة إلى اصله مره

ثانية ( Irreversibly ) وذلك بتحرير معظم الروابط أو المياه المتحدة ( Combinad Water ) من مواد الحمأة وزمن التسخين يتراوح بين ٣٠ – ٩٠ دقيقة .

والتجهيز الحرارى يتناسب بصفة خاصة مع المحطات الكبيرة والتى تحتوى على هاضمات لاهوائية حيث يمكن استخدام الغازات الناتجة من الهاضمات مباشرة فى الغلايات لتزويدها بالسعرات الحرارية المطلوبة لعملية التجهيز وهذا يساعد فى تقليل تكاليف عملية التشغيل .

والتجهيز الحرارى يشمل التسخين الأولى فى المبادل الحرارى فى سريان عكسى وهناك العديد السريانات العكسية المستخدمة لتدفئة الدثرة وأحد هذه التنظيمات يعتمد على تسخين أولى بأستخدام حمأة - حمأة ( Sludge - Sludge ) فى سريان معكوس ويتبع ذلك بتسخي أضافى بالبخار والحرارة المطلوبة تعتمد على نوع الاثره المستخدمة ودرجة الحرارة التى يضبط عليها المعادلات والقيمة المتوسطة غالبا تتراوح بين ٨٠ إلى ١٠٠ كجم /م٣ .

**وحده التجهيز الحراره يشتمل على الوحدات الاساسية الاتية :ـ**

- خزان للحمأة الخام .
- مصافى للحمأة ( و/ أو ) وحده طحن وسحق ( Disintegvation Unit ) .
- محطة ضخ عالية الضغط ( ٢٠ - ٣٠ بار ) .
- خط أو اكثر للتجهيز الحرارى وكل خط يشتمل على مبادل حرارى أو أكثر يعقبه سخان وخزان يتحمل الضغط حيث تبقى فيه الحمأة مسخنة لوقت محتم .
- غلاية لإنتاج البخار أو ماء تحت ضغط عالى الذى يزود النظام بالحرارة المطلوبة للتشغيل .
- خزان لتغليظ الحمأة وتخزينها بعد تجهيزها حراريًا ٠

***والفوائد الرئيسية لأستخدام التجهيز الحرارى هى :ـ***

- إنها قابلة للأستخدام العام ( Universally Applicable ) لكل انواع الحمأة الناتجة عن المدن .
- لا تطلب أى معامل ( Reagents ) .
- الحمأة المجهزه بهذه الطريقة تتركز بطريقة جيده جداً ( مستوى التركيز يصل الى اكثر من ١٥ % من المواد الصلبة ) .
- الحمأة تكون سهله للجفاف بالطرق الميكانيكية وبنفس المعدات يمكن أن تصل لمستوى من ٥ ـ ١٠% أعلى من التى يمكن الحصول عليها بالتجهيز الكيمائى وعلى سبيل المثال .
- التجمع يكون دائماً ( Permanent Flocculation ) بغض النظر عن زمن التخزين .
- الحمأة الناتجة معقمة .

ومع ذلك وبإهمال النقط الجيدة فأن هذا الإجراء له العديد من العيوب مثل التصاق المواد العضوية بالحوائط الجانبية والتأكل والصدأ والروائح الكريهة المنبعثة بالحرارة المستخدمة .

**٥ - نزع المياه : ــ**

إن عملية نزع المياه هى المرحلة التالية المشاركة فى تقليل حجم الحمأة وفى خلال هذه المرحلة فأن الحمأة المركزة والمستقرة يتم تخفيفها جزئيا لإزالة الرطوبة المتبقية وجعلها مناسبة بالتداول بالجاروف أو ما يشابة ( ويكون فى هذه الحالة اقل جفاف بين ١٦% ، ٢٠ % من المواد الصلبة اعتمادا على نوع الخواص الكيمائية والطبيعية للحمأة ) .

**نزع المياه يمكن أن يتم بأحد الطرق الاتية : ــ**

- نزع المياه بالصرف الطبيعى فى ( احواض التجفيف )
- نزع المياه الميكانيكى ، وهذا يتم بالفلتره او الطرد المركزى ( فلتره ضغط عالى ( ١٥ بار ) وضغط متزايد للفلتره والفصل المركزى )
- الفلتره بالفراغ ( Vauum Filtration ) وهى اقدم عمليات نزع المياه المستمرة ميكانيكيا ولكن منخفض الكفاءة ٠

وعموماً العمليات الميكانيكية لا يمكن تطبيقها على حمأة الحضر على الحالة التى انتجت عليها حيث إنها تكون حمأة غروية ( Colloidal Sludge ) حيث تكثر هذه الحمأة الغروية ولذلك يجب أن يتم تجهيز الحمأة كيمائياً أو حرارياً .

**٥ - ١ أحواض التجفيف : ــ**

لمدة طويلة كان التكتيك المستخدم بكثرة هو تجفيف الحمأة فى أحواض من الرمل إلا أنه أقل شيوعاً خاصة فى أجواء الحرارة المعتدلة وذلك للاعتبارات الاتية : ــ

- عدم وجود مساحات كبيرة من الأرض .
- أجور العمالة المرتفعة .
- الكفاءة المحدوده التى تتحقق فى مثل هذه الأجواء ٠

ولكن الأجواء الحارة الجافة فإن هذا التكتيك أكثر جاذبية خاصة إذا كانت الأرض والعمالة متوفرة ، وأحواض التجفيف تحتوى على غطاء من الحصى يتراوح بين ٢٥ إلى ٣٠ سم فى السمك بجزئيات من الحصى مرتبة فى طبقات فى أحجام متناقصة من القاع للقمة والتصفية تمر خلال طبقة الحصى وطبقة رمال من ١٠ الى ١٥ سم موضوعة فوقها ٠

ونظام التصفية ( Draivage System ) يجب أن يكون فى مستوى أعلى من مستوى المياه السطحية ( Watertable level ) ٠

وسمك طبقة الحمأة يجب أن لا تزيد عن ٣٠ سم ، والمياه التى تخرج من الحمأة تسمى مياه التصافى ( Drains ) وتنقل إلى مدخل محطة المعالجة إذا كان هذا ممكناً .

***والأساسيات التى تبنى عليها أحواض التجفيف هى كالاتى : ــ***

# **المرحلة الاولى** : ــ نــزع المياه بالتصــفية أو الفلتــرة عـــن ضغـــط منخفـــض جــداً ( الضــغط الهيدوستانيكى للمحتــوى المائى فى الحمأة الاساسية والمياه الحره التــى تــزال مــن محلول الحمأة بهذه الطريقة تخفض المحتوى المائى إلى ٨٠ أو ٨٥ % فى حالة حمــأة مجارى الحضر ) أى جفاف من ١٥% إلى ٢٠% .

# **المرحلة الثانية : ــ** تبخير جزء من مياه الربط ( Bound Water ) والطقس فى هذه الحالة يمكــن أن ينتج قيمه جفاف يصل إلى٤٠ إلى ٤٥ % من المواد الصلبة ويعتمد ذلك علــى حالــه الطقس وخواص الحمأة .

ومساحة التجفيف بوجه عـــــام تصمم على خرج يتراوح بين ٠.٢ الى ٠.٦ كجــم مــن المــواد الصلبة لكل متر مربع فى اليوم وأن ذلك يتأثر بشدة بحالة الجو وطبيعــة الحمــأة وزمــن المكــث يتــراوح بين ٦ ــ ٤ أسابيع وخلال الظروف الجوية الأكثر مناسبة وطبيعة الحمأة الجيدة يمكن أن يقل إلى أســبوعين فقط ، والحمأة الجافة فى هذا النوع غالباً ما تزال يدويا .

وعندما يغزى الحوض من نقطة وحيده فلا يمكن أن يزيد عرضة عن ٨ متر وطوله لا يتعــدى ٢٠ متر وبإستخدام الميكنة لجمع الحمأة الجافة فأن الوحدة يمكن أن تبنــى ٢٠ عــرض وبطــول ١ كــم ولكــن الاستثمارات المطلوبة فى هذه الحالة عالية نسبياً .

والكفاءة يمكــن أن تتحســن بشكــل ملحــوظ فــى هــذه الحالـــة عنـــد تجهيـــز الحمـــأة كيميائيــاً ( Chemical Conditioning ) خاصة باستخدام بولوميتر ( بولى الكتروليف ) .

***٥-٢ الفلتره بالضغط Pressuve Filtration : ــ***

***٥-٢-١ الفلتربرس التقليدى Classic Filter Prsses : ــ***

الفلتره بالضغط يتم عملها بصفة اساسية باستخدام الفلتربرس ( Filter Presses ) وهو يتكون مــن عدد فلتر فى شكل رقائق من مواد مفلتره مغطاه بنسيج مصنوع من الصلب أو من مواد ذات تركيب صناعى خاص وتدفع الحمأة خلاله حيث يصل الضغط الى ١٥ جو وهذا الاجراء التجفيفى .

له كثير من العيوب المعروفة مثل طبيعة التغذية المتقطعة واحتياجة للعديد مــن الاشــخاص لــلاداء والنظافة حيث انة سريع الانسداد ولذلك كانت الفلتره بالفاكيم عملية اكثر سهولة واكثر تفضــيلا ومــع ذلــك فالعيوب الخاصة بالفلتربرس قد خفضت بنسبة كبيرة بالتطويرات التكنولوجية الحالية ٠ مثــل نظــم افضــل للتغذية وعملية الفك والتجميع الاوتوماتيكية وايضا مواد مصنعة محسنة فى الفلتر ربما يمكــن أن نشــعر أن الفلتره بالضغط طريقة غير مهمة لنزع مياه الحمأة البيولوجية ونطر الانضغاطية العلية لكون المواد العضوية وتعريضها لضغط عالى لن يحسن معدل عمليه الفلتره ومن ثم كفاءة الفلتر ٠

وعندما يكون الغرض الحصول على كيكه حمأة قابلة للاحتراق الذاتى فإن الفلتر برس يعد افضل تجفيف حيث تحترق الحمأة بدون اضافة اى ويكون الطريقة الوحيدة التى تقابل الموصفات .

الأنواع الحديثة المستخدمه من هذا الفلتر تكون من رقائق الفلتره وغرف ، وطبقا لطبيعة الحمأة وطريقة التجهيز المستخدمة فان وقت الضغط يمكن ان يتراوح بين ساعه ، ٦ ساعات ولكن فى المتوسط يكون بين ٢ ــ ٣ ساعات ومدى طاقة الفلتره تتراوح بين ١.٢ إلى ٥ كجم من المواد الصلبة لكل متر مربع من الفلتر .

ومع أن هذه الطريقة هى الأكثر تكلفه بنسبة لمعداتها إلا أنها يتم استخدام المزيد والمزيد منها وهى مما لا شك فيه الاكثر امنا والاكثر اعتمادا عليه للاسباب الاتية : ــ

٠ الحصول على مستوى عالى من الجفاف للدرجة التى يمكن ان تشتعل ذاتيا عند احرقها ٠

***٠ مواجهه المتطلبات الضخمة للتخلص ( المقالب ) ٠***

٠ فى حالت خاصة للتقليل الكبير فى نفقات نقل الحمأة الى المقالب اذا كانت المسافة بين انتاج الحمأة والمقالب بعيده نسبيا ٠

وللحصول على فلترة جيده فالحمأة لابد ان تتلقى تجهيز كيمائى مسبق من خليط من ( فروكلوريد + ايدروكسيد الكالسيوم ) ( Fe cl 3 + C( oh) 2 ) تبعا لنوع الحمأة ودرجة جفاف كيكة الحمأة المنتجه يتراوح بين ٣٥% الى ٤٥ % من المواد الصلبة ٠

تهيئة الحمأة بالحراره ينتج حمأة يسهل نزع المياه منها ٠ واجفاف الذى يمكن الحصول علية فى الكيكة المفلتره يمكن ان تصل الى ٥٠% مواد صلبة والخرج يكون من٣ الى ٥ كجم من المواد الصلبة لكل متر مربع فى الساعة ٠

***٥ - ٢ - ٢ الفلتربرس الاوتوماتيكى Automatic Filter Presses : ــ***

وهى الأنواع المتطورة المذودة بميكانيزم لحركه الألواح ونظام غسيل آلى للفلتر لابد من تواجد مشغل لملاحظة ومتابعة عملية تفريغ الكيكة المفلتره لمده تتراوح بين ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة خلال دورته التى تتراوح بين ١ إلى ٤ ساعات .

ولذلك تم تطوير هذه الفلاتر إلى أنواع كاملة التحكم ( E ntirely Automateek Filter Presses ) حيث الكيكة الناتجة أكثر جفافا ، وعدد العمالة المطلوبة أقل مقارنة بلفلتر التقليدى ٠

***٥ - ٣ نزع المياه من الحمأة بإستخدام حزام الفلتر التقليدى ذات الضغط : ــ***

( Sludge Dewatering Using Classic Pressure Belt Filters ) مزيد من الاهتمام واضح فى هذا التكتيك من الفلتره فى السنوات الحاضرة خاصة فى محطات المعالجة ذات الطاقة الصغيرة والمتوسطة

وهـــذا التطويـــر يعـــزى إلـــى التطـــور الـــذى تـــم الوصـــول إليـــه فـــى تجمـــع الحمـــأة ( Sludge Flocculation ) بأستخدام أنواع محسنه صناعية عضويه من البوليمر ٠

***والاشتمال الاساسى لنزع المياه المتقدم سوف يجمع الحمأة فى ثلاث مراحل : ــ***

- المرحله الاولى : بالسمـــاح السهـــل للمياه التـــى داخـــل خلايـــا الحمـــأة والتـــى تـــم تمريرها بتجميـــع الحمأة ( By Flocculation ) لتصفى للخارج وهى عملية فلترة بسيطة عن ضغط منخفض .
- المرحلة الثانية : يتم ضغط الحمأة للحصول على الكيكة المنضغطة مثل فلتر الضغط .
- المرحلة الأخيرة : تقص الحمأة لاستخراجها متحررة اكثر من المياه الرابطة وتقنية هذه المرحلة خليط بين القص والضغط .

وهناك أنواع مختلفة جيده من هذه المعدات متاحة بالأسواق ذات تصـــنيع المـــانى أو سويســـرى أو فرنسى أو أمريكى وطرازات هذا النوع يمكن ان تكون من النوع الافقى أو من النوع الرأسى أو خليط بـــين الأثنين ونظام الفلترة يتطلب الآتى : ــ

- تجمع مناسب ( Suitable Flocculation ) للحمأة حتى تصل إلى أقصى إمكانيـــة للانفصـــال عـــن الماء ( Maximun Drainabrlity ) ويمكن نزع المياه بسهوله ويجب أن تكون الحمأة قابلة أيضـــاً للتوزيع والنشر الجيد والمنتظم فوق عرض الحزام .
- الحمأة منزوعة المياه يجب أن تكون متماسكة لنتجنب الزحف خلال عمليات الضغط المتـــوالى وعنـــد عملية قص الكيكة .

وهناك عدة اختبارات أجريت على طرازات مختلفة وأظهرت أن كفاءة نزع المياه ( طاقـــة الخـــرج ويعبر عنها كجم من الحمأة الجافة لكل متر عـــرض الحـــزام لكـــل ســـاعة ***كـــج /م /س*** ) يعتمـــد بدرجـــة كبيره على :ــ

***٥ -٣ - ١ خواص التركيب الكيميائى والطبيعى للحمأة المعالجة : ــ***

تكنـــولوجيـــا معـــدات الفلـــترة خاصـــة وأن الجيـــل الأول مـــن الفـــلاتر ذات الحـــزام أصـــبحت متخلفة كليا ( Out-of -Date ) .

***٥ -٣ - ٢ ظروف التشغيل مثل :ــ***

* حدوث متغيرات للماكينة ( Machine Prameter Setting ) مثل السرعة الخطية – والشد فى مـــادة الحزام - وشده الضغط .
* ثبات متغيرات التشغيل مثل ( معدل التغذية - تركيز المواد الصلبة فى الحمأة - الاختبار الحكيم للبـــوليمر المستخدم ) .

وباستخدام معدات فعاله وكفاءة وتغذية حمأة بتركيز يتراوح بين ٣% و ٦% من المواد الصلبة فأن مستويات التجفيف الآتية يجب الحصول عليها :

- مع الحمأة الابتدائية من ٢٥الى ٣٠ % .
- مع الحمأة البيلوجية ١٤ الى ١٨ % .

### ٥-٣-٣ تكنولوجيا حزام الضغط ( بلت فلتر ) مزايا عديدة منها :ـ

- معدات متينه وبسيطه ذات التشغيل اليسير مع إمكانية تركيبها على شاسيه متحرك .
- عملية نزع مياه مستمرة ( Continuous Dewatering Process ) بامكانيه استخدام جيده ( Reliable ) يعتمد عليها تماماً حيث تتجمع الحمأة بطريقة جيدة باستخدام بوليمر مناسب .
- تكاليف تشغيل منخفضة جداً من حيث استهلاك الكهرباء ( حوالى ٥ -٢٠ كيلو وات / ساعة ) لكل طن من المواد الصلبة ومع ذلك فهناك قليل من العيوب أيضاً :ـ
  - استخدام عالى للمياه النظيفه لغسيل نسيج الفلتر .
  - تكاليف استثمارية عالية ( Investment Cost ) خاصة للأنواع الجيدة .
  - عدم امكانية الوصول إلى درجة جفاف مساوية للمنتجة بواسطة تكنولوجيا فلتر الضغط .

### ٥-٤ أنواع السنترفيوج المستخدمة لنزع مياه الحمأة من النوع الافقى المستمر .

وهى تتكون من وعاء يدور بسرعة عالية جداً ( حوالى ٣٥٠٠ لفة / د ) حيث يفصل المواد الصلبة والسوائل عن بعضها وسحب لامحورى حلزونى لإزاحة الحمأة منزوعة المياه وهناك صنعين عديدين لمثل هذه المعدات فى الأسواق .

وهذه الآله تميزت قبل كل شيئ باتجاه تحرك محلول الحمأة السائلة والأخرى منزوعة المياة فى اتجاهين متعاكسين وكذلك بنوع التغذية المركزية .

ونوع المعدة يجب أن يتم إختياره بما يتوافق مع الخواص الكيميائية والفيزيائية والتركيبة للحمأة المعالجة .

ويجب أيضاً أن نشير إلى أن أفضل أداء للماكينة يمكن الحصول علية عندما يتم ضبط متغيرات الآله ، ( Machine P arameters ) بعناية وكذلك متغيرات التشغيل لتتوافق مع طبيعة المواد المكونه للحمأة المراد نزع مياهها .

والجدول التالى يوضح قائمة بالعوامل والمتغيرات التى تحكم كفاءة نزع المياه :ـ

| متغـيرات التشغـيل | متغيرات الآلـه |
|---|---|
| ٠ ***معدل التغـذيـة .*** | ٠هندسـة الوعاء النسبية طول الوعاء وأوسـع قطر فيه . |
| ٠ تركيز المواد الصلبة فى الحمأة . | ٠ السرعة التامة للاتاء |
| ٠ التجهيز الكيمائى للحمأة بأستخدام البوليمر . | |

إن هناك تقدم هائل قد تم فى السنوات الحالية فى تركيب ماكينات السنتر فيوج مـن ناحيـة مسـتوى الأداء المقبول الذى يتماشى مع الاستثمارات المنفقة ويتضح فيما يلى :ـ

٠هندسة الإناء قد تم تحسينه ( الإناء الأن عادة عبارة عن أسطوانة مسـتدقة (Taperad Cylinder) بزاوية استدقاق ص ٤ درجة الى ٨ درجة ٠

٠ التغذية أصبحت محورية فى غالبية الأحوال ٠

وهناك أنواع من البوليمر عالية الجودة يتم استخدامها الأن على مدى واسع قد حسنت بنسـبة كبيـرة من مستوى أداء الآلة وأفضل بوليمر مجهز للحمأة هو الذى يعطى تجمع ثقيل وضخم حيث مقاومة القص .

وقدرة الخرج لماكينات السنترفيوج من ٢٠٠ كجم من المواد الصلبة فى الساعة الى٠٠ ٣ كجم مـن المواد الصلبة فى الساعـة اعتماداً على أبعادها ( حيث قطر الإناء بوجه عام يتراوح بين ٣٠٠ مم إلـى ١٠٠٠ مم ) وأيضاً على الخواص الكيميائية والطبيعية للحمأة وعلى البوليمر المجهز للحمأة المستخدمه مـن حيث النوع والسرعـة .

والجدول التالى يبين مستوى الأداء المتوسط الذى يمكن الحصول عليه من الأنواع المختلفة للحمأة فى الحضر عند ماكينة السنترفيوج ذات إناء بقطر من ٤٥٠ مم إلى ٥٠٠ مم ٠

| نوع حمأة الحضر | معدل استهلاك البوليمر المائى من المواد الصلبة Kglt | سعة الخرج كجم من المواد الصلبة / ساعة | % الجفاف المواد الصلبة |
|---|---|---|---|
| حمأة خام مخلوطة | ٣ - ٥ | ٣٠٠ - ٥٠٠ | ٢٠ - ٢٦ |
| حمأة مهضومة لاهوائيا | ٥ - ٦ | ٢٥٠ - ٤٠٠ | ١٨ - ٢٣ |
| حمأة مهضومة هوائيا | ٥ - ٨ | ٢٠٠ - ٣٠٠ | ١٥ - ٢٠ |
| حمأة ناتجة من المعالجة الفيزيو كيميائية | ٢ - ٣ | ٤٠٠ - ٦٠٠ | ٢٦ - ٣٣ |

**ومزايا معدات السنتر فيوج هى كالتالى :ـ**

- التغذية تتناسب تتما مع الحمأة التى من الصعب معالجتها مثل الحمأة المحتوية على كمية كبيرة من الزيوت .
- الماكينة صغيرة مما يجعل من الممكن تركيبها فى حيز صغير وهذا يوفر كثيرا من المساحات والمبانى ، لا يتطلب التشغيل ملاحظة مباشرة للماكينة وحيث أن الطرد المركزى يتم فى غرفة مغلقة فإن العمل ينفذ بجودة صحيحة .
- أن طاقة الإنتاج فى الساعة والاستثمارات المطلوبة منافسة جدا بالمقارنة مع معدات الفلتره ، ومع ذلك فهناك عدد قليل من العيوب الملحوظة .
- الترسيبات المستخلصة أحياناً يكون لها قوام غير غليظ للدرجة التى لا تسمح بالتعامل معه بالجاروف كما أن هناك تحذيرات محدده تؤخذ فى الاعتبار عن تحضير الحمأة مثل ضرورة إزالة الرمال لتجنب الاستهلاك السابق لأوانه لحلزون استخلاص المواد الصلبة .
- تكاليف التشغيل ( شاملة استهلاك الطاقة - وبوليمر التجهيز ) وهى بوجه عام أقل من تلك التى تستخدم بالفلتر الفراغى ذو الاسطوانة الدوارة والتى تعمل بالتفريغ ولكنها اعلى من تلك التى بالفلتر برس أو البلت برس والجدول التالى يقارن بين الأنواع المختلفة لعمليات نزع مياه الحمأة .

## مقارنـــــــة لخيارت نزع مياه الحمأة

| الخاصية | أحواض التجفيف | الفلتر برس التقليدى | الفلتر الاتوماتيكى | البلت برس | السنتر فيوج |
|---|---|---|---|---|---|
| الجفاف النهائى (DS %) | %٦٠ | %٤٧-٤٠ | %٤٠-٣٥ | %٣٠-٢٥ | %٣٠-٢٥ |
| ***حمأة ابتدائية*** | %٤٥-٤٠ | %٣٧-٣٠ | %٢٠-١٧ | %١٨-١٤ | %٢٠-١٥ |
| حمأة بيولوجية | | | | | |
| ***استخدام مجهز*** | - - - | $Fe CL_3$ + جير | بوليمر | بوليمر | بوليمر |
| استهلاك الطاقة KW-h of Ds | ـــ | ++ | ++ | ++ | +++ |
| سماح لتغيير الحمل | جيد | ضعيف | ضعيف | ضعيف | ضعيف |
| طول الدورة | ٢ اسبوع | ٣-٤ ساعات | مستمر | مستمر | مستمر |
| ***المساحة الأرضية الفعالة*** م٢ / طن مواد صلبة | ١٠٠٠-١٥٠٠م٢ | ٢م٢٥ | ٢م٢٥ | ٢م١٥ | ٢م٥ |
| نسبة التكاليف الاستثمارية | ٠.٣ | ٢ | ٣ | ١ | ١ |
| طرود التشغيل ( عمالة مدربة ) | ـــ | ***يجب*** | يجب | يجب | يجب |
| عدد العمال المطلوبة | كبير | قليل | قليل جدا | قليل جدا | قليل جدا |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***مرات التفقد*** | كـــل يوم | ٤ - ٦ مرات يوميا | من حين لآخر | مرة /ساعة | من حين لآخر |
| نـــوع التفقد | جمع الحمأة يدويا | ملاحظة الدورة | نظرة عامة | ملاحظة التشغيل | نظرة عامة |
| ***القيود البيئية*** | مخاطر الرائحة والحشرات | مخاطر الرائحة | مخاطر الرائحة | مخاطر الرائحة | ـــــ |
| ***الميزة الرئيسية*** | الجفاف العالى | الجفاف العالي | نسبة الجفاف العالية الاستمرارية | الاستمرارية | الاستمرارية - أبعاد صغيرة الصحة Hyjienie |
| ***العيب الرئيسى*** | مساحة كبيرة عمالة كثيفة رائحة وحشرات | السعر العالى صعوبة التشغيل عدم الاستمرارية | السعر العالى | مياه الغسيل | استهلاك عالى للطاقة قوام يشبة العجينة |

## ٦ - التجفيف بالحرارة : Heat Drying

### ٦ - ١ أساسيات :

إن التجفيف الحرارى هو عملية طبيعية فيزيقية حيث يتم تبخير نسبة من المياه المحتوية بالحمأة ( Water Contained in Sludge ) وتكون كفاءة المجفف مقدرة بكمية المياه المتبخرة فى الساعة والحرارة المطلوبة للتبخير يتم الحصول عليها بالوقود ولو كانت حرارة الوقود فى اتصال مباشر بالحمأة يكون التجفيف مباشر ولو كان غير ذلك سيتم تجفيف غير مباشر ، ويجب أن يستبعد التجفيف من الحمأة التى لها الخواص الاتية :ـــ

- الحمأة المحتوية على حبيبات رمل وألياف صناعية على شكل شلل .
- التغيير غير منتظم فى المحتوى السائل للحمأة ويصعب التحكم فى .
- تواجد مواد متطايرة ذات روائح كريهة .
- الحمأة عالية اللزوجة .

وبوجه عام فإن إستهلاك الطاقة هو العنصر الأكثر تكلفة فى التكاليف النسبية لعملية التجفيف الحرارى بوجه عام وبعيداً عن حالات التسخين الابتدائى السابقة لعملية الحرق حيث يتم الحصول على الطاقة من الحرارة الناتجه من إحتراق الغازات فإن المجففات بوجه عام تكون بالمحطات التى تستخدم هاضمات لاهوائية حيث يزود الغاز البيولوجى جزء كبير من الطاقة المطلوبة .

## ٧ - الحريق : Incineration : ـ

### ٧ - ١ أساسيات : Principle : ـ

يستخدم فى الغالب فى محطات المعالجة التى تعالج مخلفات المناطق الحضرية ذات التصرفات الضخمة والتى يوجد بها مشاكل متكررة بالنسبة للمساحات المتاحة لنشر الحمأة أو التخلص منها .

والحرق حل جزرى للتخلص من الحمأة البيولوجية مع تحقيق المزايا التالية : ـ

- أقصى تقليل فى حجم ووزن المخلفات الموجودة بالحمأة عن طريق تحويل المياه العضوية الموجودة فى الحمأة خلال الاحتراق إلى ثانى اكسيد الكربون وماء وثانى أكسيد الكبريت .
- إنتاج مواد غير قابلة للتحلل لا تحتوى إلا على التراب المعدنى ( Mineral Ash ) ويجب أن نراعى هنا نقطة فى غاية الأهمية وهى أن الحرق يستخدم بوجه عام فقط فى حمأة سبق نزع المياه منها فى مرحلة سابقة ( بإحدى طرق الفلترة أو الطرد المركزى ) وهذا لأن تكاليف إزالة طن من الماء من الحمأة تكون أرخص كثيراً بإستخدام الطرق الميكانيكية عنها بإستخدام التبخير ، والحرارة المطلوبة لحرق الحمأة تكون حول ٨٠٠مْ وتستهلك فى تبخير المياه المتبقية بالحمأة ، والمادة العضوية التى تشملها الحمأة والتى تحتوى على قيمة إنبعاث حرارى فقط ( N C V ) Net Calorific Value حوالى ٥٠٠٠ ك ، كالورى / كجرام هى المصدر الوحيد المشارك فى تغطية الطاقة المطلوبة ( Source Of Recoverable Energy ) ، وبناءاً على كمية المياه وكمية المواد المتطايرة الموجودة فى الحمأة فأن الحمأة يمكن أن تحترق ذاتياً أو تتطلب كمية إضافية من الوقود لكى تحترق .

### ٧ - ٢ التشغيل Opeeration : ـ

من وجه النظر التكنولوجية فأن الأنواع الرئيسية من المحرق التى تستخدم فى حريق حمأة المناطق الحضرية هى أفران متعددة المواقد ( Multiple Hearth Furnaces ) أو محارق الأحواض السائلة ، ( Fluidised Bed Incinerator ) وبدرجة أقل من الفرن أو القمين الدوار ( Rotary Kiln ) .

#### ـ الأفران متعددة المواقد Multiple Hearth Furnaces : ـ

وهى تتكون من مجموعه متوالية من الألواح أو المواقد التى تنزل عليها الحمأة فى تعاقب ، والحمأة تنتقل من لوح إلى لوح بواسطة مجموعه من الكاشطات الدورة ( Rotary Scra Pers ) تدار بواسطة شافت مركزى مربوط بوحدة ادارة خارج الفرن .

درجة حرارة الغازات التى تغادر الفرن تدور حول ٣٥٠ مْ بينما الحمأة الرطبة فى المستويات الجفاف العليا لا تزيد إطلاقاً عن ٧٠ مْ ولذلك فإن كمية الروائح الكريهة المنبعثة من المواد العضوية المتبخرة تكون قليلة جداً ومن الصعوبة أن تسبب مشاكل رائحة .

فالحمأة تأخذ تسخين أولى لتصل إلى مواقد الاحتراق حيث تحرق كل المادة العضوية الموجودة بالحمأة فى جو مؤكسد ( Oxidising Atmospere ) عند درجة حرارة بين ٧٦٠مْ ، ٨٧٠ مْ ، والاحتراق يكتمل فى المواقد السفلية .

### ـ محارق الأحواض السائلة Fluidised Bed Incinerators : ـ

والفكرة الأساسية لهذا النوع من الأفران أن الحمأة تغذى لهذا الأفران فى أحواض بعمق بين ٥ ، الى ٨ ، متر فى وجود مادة مساعده ( وهى عاده الرمل بسمك سنتيمترات قليلة ) وهذه المادة تسخن من ٧٠٠ مْ إلى ٨٠٠ مْ ويحفظ معلقه بتيار رافع من الهواء يحقن خلال شبكة فى قاع الحوض عن سرعة من ١-٢ م / ث .

وتمكث الحمأة فى الحوض وقت قصير نسبياً ولكنه كافى لكى تجف الحمأة فى الحال لكى تبدأ فى الاحتراق ، وتبدأ بعد ذلك عملية الاحتراق فى المنطقة الحرة أعلى الأحواض السائلة حيث الحرارة تصل من ٨٠٠ مْ إلى ٨٥٠ مْ ٠

هواء التجميع والاحتراق يغذى إلى منشآت الفرن بواسطة مروحة بعد تسخين فى مبادل الحرارى الى درجة حرارة حوالى ٤٥٠ مْ والميزة الكبرى لنظام الاحتراق هذا أنه يدمر كل المواد العضوية المتطايرة فى الغازات حيث كل الغازات والأبخرة بعد تسخينها فى جو مؤكسد عن درجة حرارة تصل إلى ٨٠٠ مْ ولهذا لا توجد مشاكل رائحة ، ومع ذلك فهناك عيبين رئيسيين من النقاط الفنية الحرارية : ـ

- البخار والرماد يجب ضخهما عند درجة مرتفعة نسبياحوالى من ٥٠٠مْ إلى ٦٠٠مْ وهذا يعنى أن هناك فقد حرارى عالى وكفاءة حرارية منخفضة ( حوالى من ٤٠ % إلى ٥٠ ) ويجب أن يكون هناك نظام فصل الرمال على مستوى عالى من الكفاءه ، وأفران الاحواض السائلة ذات تكاليف استثمارية وانشائية منخفضة مقارنة بالافران متعدده المواقد فهى مناسبة المدن الصغيرة أقل من نصف مليون نسمة ٠

### ٧ - ٣ الاتـــــزان : Balance : ـ

لطن من الحمأة يحتوى على ٢٥ % مواد صلبة منها ٦٠ % مواد متطايره فإن الاتزان النهائى للكتلة يكون كالاتى :ـ

| | |
|---|---|
| ٧٥٠ كجم | تصعد فى صورة بخار ٠ |
| ١٥٠ كجم | من المواد المتطايره يتم حرقها ٠ |
| ١٠٠كجم | من الرماد المتبقى كمواد معدنية ٠ |

## ٨ ــ تثبيت الحمأة فى المدن الكبيرة :

تعرضنا فى الأبواب السابقة لدراسة إمكانيه معالجة الحمأة وفى هذا البــاب أود أن أوضــح أن أهــم عمليات الحمأة خاصة التى تواجه المدن الكبرى وتتطلب مقدرة فنية عالية فى التعامل معها هى عملية تثبيــت الحمأة ( Sludge Stabilisation ) وكما ذكرنا فأننا نلجأ لعملية التثبيت للأغراض الآتية :ــ

- تقليل محتوى الكائنات الممرضة مما ينتج تحسين فى الحالة الصحية للحمأة وتقليل المخاطر علــى البيئــة والإنسان والصحة بوجه عام ٠
- تقليل طاقة التخمر خاصة الموجوده بالحمأة الطازجة ( Fresh Sludge ) للتقليل بدرجــة كبيــره مــن الروائح الكريهه ٠

وذكرنا أيضاً أن هناك عمليات تستخدم لأحداث تغيرات أساسية فى الحمأة والعمليات الأساســية فــى التثبيت هى :ــ

- التخمر اللاهوائى Anearobic Disegstion
- التخمر الهوائى Earobice Disegstion
- المعالجة بالجير Lim treatment

وهناك بعض عمليات المعالجة الأخرى العديدة والتى تعطى درجات من التثبيــت بــالرغم مــن أن الوظــيفة الأساسية لها ليســت التثبيــت وتشــمل هــذه العمليــات الكمــر والمعــالجة بالــحرارة ( مثل البسترة والتجفيف ) ٠

### ٨ - ١ المدن الكبرى : ــ

وفى هذا الجزء سوف أتعرض لعملية التخمير اللاهوائى وعملية المعالجة بالجير حيث هما العمليتــان الاساسيتان اللتان تستخدمان فى المدن الكبرى وكلا الحالتين السابقتين يحتاج إلى عملية تركيز للحمأة بإحــدى طرق التركيز المشار إليها .

وبالنسبة للمدن الكبرى والخالية من الصناعات المعدنية أو الموجوده بها بنسبة قليلــة حيــث يكــون غالبية المخلفات مخلفات آدمية فإنه يفضل استخدام طريقة التثبيت الأولى أى التخمير اللاهوائى لكــى يعــاد استخدام الحمأة الناتجة كسماد فى الزراعة لإستصلاح الاراضى ٠

وبالنظر إلى الحمأة المنتجة من المدن الصناعية الكبرى حيث الحمأة يغلب عليها العنصــر المعــدنى وخاصة القليل منها فإنه يفضل استخدام التثبيت بواسطة الجير حيث ان تركيزات هذه العناصر الثقيلــة فــى الحمأة الخام تكون مرتفعة جدا لدرجة لا تسمح بإجراء عملية التخمير اللاهوائى وفــى كــلا الحــالتين فــإن المطلوب نقل هذه الحمأة للتخلص منها سواء بالزراعة أو فى الغالب الحرق حسب حالة الحمــأة والظــروف المحيطة والاعتبارات والمحازير البيئية .

## ٨-٢ تثبيت الحمأة بالتخمير اللاهوائى :ـــ

### أساس العملية : Process Principle : ـــ

التخمير اللاهوائى هو عملية تحليل حيوى لبعض المواد العضوية المعقدة فى غياب الأكسجين الحر وخلال هذه التفاعلات تنطلق طاقة وتتحول كثير من المواد العضوية إلى غاز ميثان وثانى أكسيد الكربون وماء ومع ذلك سوف يتبقى قليل من الكربون والطاقة فى صورة متاحة للمساعدة فى بدء نشاط حيوى ثانى وينظر إلى المادة الصلبة المتبقية على إنها مستقره وثابتة .

وعملية التخمير اللاهوائى تتم بصفة كاملة فى خلال مرحلتين للتحلل يقوم بتنفيذهما كائنات تعيش فى ظروف خاصة جداً وحساسة للغاية وهاتين المرحلتين كالاتى :ـــ

- مرحلة تكوين الحامض ( An acid Formation Fase ) والتى خلالها تتحول المادة العضوية إلى أحماض عضوية قصيرة السلسلة وتسمى بالأحماض المتطايرة ( Volatile Acids ) وبهذا تتحول الحالة العضوية إلى صورة صالحة للتحلل بواسطة مجموعة أخرى من البكتريا .

- مرحلة تكوين الغازات ( A gasification Phase ) وفيها تتحول الأحماض المتطايرة إلى ميثان وثانى أكسيد الكربون وماء والتى تمثل المنتج النهائى لعملية التخمر اللاهوائى والبكتريا المسئولة عن تكوين غاز الميثان فى هذه المرحلة تكون حساسة جداً للتذبذب فى رقم الحموضة وتركيزات المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة والمواد المانعة ( Inhiditory Substances ) تلك المواد المسئولة عن تنظيم عملية التخمير .

### ٨-٢-١ وصف الوحدات :ـــ

يتم إجراء عملية التخمير اللاهوائى فى هضمات بواسطة أنواع معينة من البكتريا منها التى تعيش فى الجو البارد ( Cold ) بين ( ١٠، ١٥ مْ ) والميزوفيلك حيث درجة الحرارة بين ( ٣٠مْ ، ٤٠ مْ ) والنتروفيلك حيث درجة الحرارة > ٤٥ مْ ويمكن أن تتم عملية الهضم فى هاضمات أحادية المرحلة ( Single Stage Digestor ) أو ثنائية المرحلة ( Two Stages Digestor ) والطراز الأكثر شيوعاً فى العالم هو الطراز الميزوفيلى بسبب إتزانه الجيد فى الطاقة ، وهو ما سوف نتعرض له فى هذا الجزء .

كما أنه بمقارنه عملية الهضم التى تتم على مرحلتين بأخرى تتم على مرحلة واحده فإننا نجد أن العملية التى تتم على مرحلتين تعطى سلوكاً أفضل فى إختزال المواد الصلبة كما تعطى حملاً أعلى للتشغيل مما ينتج عنه تقليل حجم الهاضم وأيضاً يؤدى إلى الحصول على محتوى أفضل من المواد الصلبة الجافة وهذا ما سوف نتعرض إليه أيضاً ، وتتكون الوحدات من الآتى : ـــ

- وحدات تخمير وهضم إبتدائية وهى عبارة عن خزانات خرسانية اسطوانية الشكل ( الشكل الغالب حيث أنه هناك أشكال أخرى من شكل البيضة Egy Shell ) لها غطاء على

شكل قبة ( Covered By dome ) وذات قاعدة متحرره بانحدار ضعيف ٠ وهذه الخزانات مزوده بالاتى :-

٠ جهاز دخول الحمأة ( Sludge Inlet Device ) وهو عباره عن مضخات ومواسير ٠

٠ معدات نظام تسخين الحمأة واعاده تدويرها ( Sludge Heating And Recgcling System Equipments ) ، وتشمل على غلايات تعمل بالغاز الحيوى ( Biogas ) والمبادل الحرارى بين الماء والحمأة ( Sludge Water Heat Exehangers )

٠ معدات نظام خلط الحمأة ( Sludge Mixing System Equipments ) ، مخمرات وهاضمات ثانوية وهى مثل المخمرات والهاضمات اللابتدائية عباره عن خزانات خرسانية لها غطاء على شكل قبة وذات قاعده منحدرة إنحدار خفيف وهذه الخزانات مزوده بالاتى :ـ

٠ جهاز خروج السوائل الرائقة ( Super Natant Autlet Device )

٠ جهاز خروج الحمأة

٠جهاز خلط الحمأة

٠ جهاز قياس تصرف الغاز GASO METERS .

٠ محرقة الغاز Gas Flar .

- جهاز استعادة طاقة الغاز الحيوى ( Bioges Energy Recovering Devices ) وهو عباره عن مجموعة مولدات ٠

## ٨-٢-٢ قياسات التصميم الاولى *PRELIMINARY DESIGN PARAMETERS*

### ٨-٢-٢-١ تصميم أحواض الهضم والتخمير *Digestor Tank Design*

تتم عملية الهضم فى أحواض هضم وتخمير اسمنتية اسطوانية الشكل ومغطاه وتسخن محتويات الهاضمات الاولية بصفة مستمرة لتعمل عن درجة حرارة حوالى ٣٥ مْ على أن تكون هناك أثناء التشغيل عملية خلط مستمرة لخلق بيئة متجانسة أثناء عملية التفاعل ٠

وقاع هذه الأحواض يكون مخروطى الشكل بدرجة ميل لاتقل عن ١ : ٦ وتسحب الحمأة من اسفل نقطة فى قاع الحوض ، وأحواض التخمير يتم تغطيتها للأسباب الآتية : ـ

٠ للسيطرة على الرائحة ٠

٠ الحفاظ على درجة حرارة تشغيل ثابتة عن الدرجة التصميمية ٠

٠ جمع غازات التخمير واهمها الميثان ( طاقة متولدة )

٠ عزل عملية التشغيل عن الاكسجين الجوى وهو شرط ضرورى لاتمام التفاعل والاغطية المستخدمة تصنع من الخرسانة المسلحة وتكون على شكل قباب Dome - Shuped وهناك عده ملحقات موجودة فى هذا الغطاء وهى مداخل أخذ العينات وفتحات النهوية وتكسير وإزالة

المخلفات والنفايات أثناء اجراء عملية النظافة والصيانة الدورية للهاضمات ونظام التصرفات السائلة الزائدة (Liquid Overflow System, )

ونظام تخفيف الضغط الفراغى ( Vacum -- Pressure Relief System ) والمزود بمصيده لهب ( Flame Trap ) ، وأحواض الهضم الثانوية متشابهه تماماً فى التصميم مع أحواض الهضم الابتدائية فيما عدا انها لا تقلب ولا تسخن بصفة مستمرة ، الوظيفة الرئيسية للهاضمات الثانوية هى استكمال عملية التخمير وفصل السائل الرائق ، وأيضاً فى هذا الهاضم يتم تقليل حجم المواد الصلبة( Solids Reduction) وأيضا إنتاج الغازات ولكن هذا يتم بكمية قليله جداً ، وعموماً فإن حجم الهاضمات يحسب طبقاً للقواعد الآتية : ــ

- زمن المكث Retention Time
- حمل المواد العضوية Organic Matter Load

والمدى الطبيعى لعوامل تصميم الهاضمات ( Design Parameters ) كما يلى :ــ

| معدل عالى للهضم ( High Rated Digestion ) عند ٣٥ مْ | | |
|---|---|---|
| ***هاضم ابتدائى*** | | هاضم ثانوى |
| ***حمل المواد العضوية*** | ***زمن المكث*** | زمن المكث |
| ١.٥ -٢كجم مادة متطايرة / م٣ يوم | ١٢ إلى ١٦ يوم | ٣ إلى ٤ أيام |

***٨-٢-٢-٢ مستوى الاداء المتوقع ( Expected Performance ) لهذا التصميم هى :ــ***

- إختزال المواد العضوية فى حدود ٤٥ - ٥٠ % ٠
- إختزال المواد الصلبة الجافة ٣٠ - ٣٥% ٠
- إنتاج الغاز الحيوى ٤٠٠ - ٥٠٠ لتر / كجم داخلة للمخمر ٠

***تسخين الهاضمات Digestors Heating***

يجب الاحتفاظ بدرجة حرارة المخمرات الاولية ( Primyary Digestors ) مستقرة عند ٣٥ مْ وعملية التسخين ذو أثر مغير لزيادة معدل النمو الميكروبى وبالتالى زيادة معدل التخمر والهضم ٠

والبكتريا اللاهوائية المنتجة لغاز الميثان يمكن تثبيط وتأخير نموها ونشاطها بسهولة وذلك إذا ما تغيرت درجة حرارة البيئة التى تعيش فيها ولذلك فأن التحكم المغلق فى درجة الحرارة يحسن بدرجة كبيره

عملية التخمير والهضم ويجب أن تكون معدات التسخين قادرة على تزويد الهاضمات بالحرارة الكافية وذلك لتغطية الاتى :ـــ

- رفع درجة حرارة الحمأة الى درجة حرارة التشغيل المطلوبة ٠
- تعويض الفقد فى السعرات الحرارية خلال الجدران وأرضيات أغطية الاحواض وذلك تبعاً للأحوال الجوية الخارجية دائمة التغير ٠

والحرارة تنتقل الى الحمأة عن طريق مبادلات حرارية خارجية حيث يتم تدوير الحمأة خلالها لآكتساب الحرارة المطلوبة ٠

والمبادلات الحرارية تكون فى الغالب من النوع الانبوبى ( Tubular Type ) وتمر الحمأة خلالها فى دائره منفصله ويمر الماء الساخن فى دائره أخرى ٠

والمبادلات الحرارية تزود بالماء الساخن من خلال مسار للمياه الساخنة ( Heated Water Loop ) عند درجة حرارة حول ٧٠مْ٠

والمياه الساخنة المستخدمة لتسخين الهاضمات يمكن أن تولد فى أى من المكانين الآتيين : ـــ

- من الغلايات التى يمكن أن تستخدم غاز الهاضمات كوقود لها ، ويجب أن تتضمن اشترطات حرق الوقود وجود مصدر طاقة بديل ( غاز البرديان أو ماده بترولية سائله مثل السولار ) وذلك لتأكيد إستمرار عملية التسخين وخاصة فى الفترات التى ينخفض فيها إنتاج الغاز أو عند بداية التشغيل ، والغلايات مجهزه بمضخات تغذية ( Feeding Pumps ) و حارق ( Burner ) و منظم درجة الحرارة ( Temperature -Reyalators ) صمام أمان ووعاء غليان ونظام إضافة الماء نصف مغلى لتعويض الفقد المحتمل من المياه فى الدائره ٠
- المياه الناتجة عن دورة تبريد ماكينات مجموعة مولدات الكهرباء التى تقوم بتغطية الطاقة من الغاز الناتج من عملية الهضم ٠

### ٨-٢-٢-٣ تقليب وخلط الحمأة بالهاضم : Digestor Mixing : ـــ

إن عملية الخلط تؤخذ بأهمية فى الاعتبار وذلك فى الحصول على المزايا والتأثيرات الاتية :ـــ

- ضمان التلامس التام بين الكتلة البيولوجية النشطة ( Active Biomass ) والحمأة المغذاه للهاضم .
- خلق تجانس فيزيقى وكيميائى وبيولوجيى داخل الهاضمة ٠
- تحقيق التشتيت والتفريق السريع للنواتج النهائية المتكونة خلال عملية الهضم وأى مواد ساخة يمكن أن تدخل إلى النظام ومن ثم التقليل من تأثيرها المعوق للنشاط الميكروبيولوجى ٠
- منع ترسيب المواد العالقة فى قاع الهاضم حيث أن تراكم المواد الرملية والحصوية ( Grit ) يؤثر سلباً على أداء الهاضم وعن طريق شغله لجزء من الحيز النشط للهاضم ٠

- وعملية الخلط كانت فى الماضى تتم بواسطة خلاطات مروحية الشكل تدار بواسطة محرك كهربائى ولكنها الأن تتم بواسطة دفع غازات الهضم تحت ضغط حوالى ١.٥ نيوتن م$^{٣}$ / ساعة / م$^{٢}$ من سطح الهاضم ٠

***<u>وتحقيقاً لهذا الفرق فإن الهاضم يكون بجاز خلط يمثل المحتويات الاتية :ـ</u>***

- مضخة سحب وتفريغ الغاز عند قمة الهاضم

. ( Gas succion At The Top Of The digostor )

- منفاخ خلط غازى Mixig gas Blower .

وهو مجهز بالاتى : ـ

ـ فلتر ترشيح عند المص ٠ ـ صمام أمان فى ناحية الطرد ٠

ـ نظام تبريد ٠ ـ جهاز قياس التصرف ٠

ـ نظام خلق وتوزيع الغاز ويشتمل على :ـ

- رأس الخلط Mixing Hesd .

- مواسير الدفع Insufflation Pipes .

- ناشرات الغاز ( Gas Diffusers ) فى قاع الهاضمة ٠

***<u>٨-٢-٢-٤ مجموعة المواسير : ـ</u>***

يتم تصميم مجموعة المواسير ( Piping Sgstem ) للمهام الاتية :ـ

- امداد الحمأة الخام للهاضمة ٠

- تدوير الحمأة ( Circulation Of Sludge ) خلال المعاملات الحرارية ٠

- سحب الحمأة المهضومة والسائل الرائق ٠

- تجميع غاز التخمير والهضم ٠

وتتم عملية تغذية الهاضمات بطريقة آ لية وذلك لتحميل الهاضمات بطريقة منتظمة ومتجانسة وتتم تغذية الهاضمات بطلمبات حجمية ( Volumetric Pumps ) بتشغيل واحده تلو الأخرى تنقلاً بين الهاضمات المختلفة ويتم التحكم على أساس التصرف الهيدروليكى المتاح ٠

والحمأة الخام تدخل إلى الهاضمات فى منطقة الخلط الكثيف ليتم نشر المواد العضوية الغيرالمهضومة بسرعة ، والحمأة المهضومة تسحب من قاع الهاضم بماسوره ممتده من مركزه ويتم التحكم فيها عن طريق بلف تلسكوبى حيث يسمح بالاتى :ـ

- ضبط منسوب الهاضم ٠

- تنظيم سريان سحب الحمأة المهضومة ٠

ويمكن استخدام وصلة فرعية لتنظيف المواسير بواسطة المياه المتدفقة لتسليكها عند الضروره ونظام سحب المياه الرائقة له نقاط سحب عند نقاط ارتفاع مختلفة بالهاضم فى الهاضم الثانوى لتمكين المشغل من ازاله السائل الرائق بجودة عالية ، والسائل الرائق يعاد ضخة الى مدخل محطة التنقية

### ٨-٢-٢-٥ نظافة الهاضم Digestor Cleaning : ـــ

إن الهاضمات الهوائية يمكن إن تملاء جزئياً بطبقة من المواد الحصوية التى تترسب فى قاع الهاضم وكذلك بطبقة من الخبث الطافى ( Flaoting Scum ) فى قمة الهاضم ٠

وتراكم هذه الطبقات يقلل الحجم المتاح للهضم الفعال ومن ثم يقلل من درجة أداء الهاضم بنسبة كبيرة ، ومن ثم يتعين ان تكون هناك خطة ونظام دورى مستديم لكى يتم تصفيه الهاضمات من محتوياتها لإزالة تلك المواد التى تترسب فى القاع وتلك التى تطفو عند القمة ، هناك بعض الاجراء التى يجب ان تراعى لتقليل معدلات الترسيب مثل : ـــ

- الاهتمام بأزالة الرماله الموجوده بماء الجارى داخل أحواض الرمال بكفاءة عالية حتى لاتعبر الى أحواض الترسيب الابتدائى وتترسب مع الحمأة الابتدائية وبالتالى تجد طريقها الى الهاضمات ٠
- الاهتمام بعملية الخلط والتقليب المستمر لضمان تجانس خليط الحمأة داخل الهاضمة وعدم حدوث اى فصل فى مكوناتة ٠
- تذويد قاع الحوض بكاسحات لازاله المواد المترسبة به
- تزويد قمة الحوض بكابشات لازالة المواد الطافية بصفة مستمرة حتى لاتتعاظم هذه الطبقة ويصعب إزالته بعد ذلك ٠

وللتأكد من أن عملية النظافة يمكن ان تتم بسهولة ويسر للهاضمات فإنها لبد أن تكون مزوده بالاتى :ـــ

- فتحات مناسبة خلال الغطاء والجدران الجانبية للهاضم وذلك لضمان تهوية الهاضم اثناء اعمال الصيانة والنظافة وكذلك إمكان دخول المعدات والافراد اللازمين لذلك ٠
- وجود نظام مواسير وذلك لضمان تغذية الهاضم بالماء النظيف اللازم لعملية نظافة الهاضم وكذلك اعاده ملأه لزوم عملية إعاده البدأ ( ForWashing Digestor And Refilling it For start Up ) ٠

### ٨-٢-٢-٦ انتاج الغاز ( Gtas Praduction )

إنتاج الغاز داخل الهاضمة يتم حسابة من ٠.٨ الى ١ نيوتن م$^{٣}$ لكل كيلو جرام مهضوم من المواد المتطايره ٠

**والغاز يستخدم استخدام مباشر فى عملية الهضم كما يلى :ـــ**

- تسخين الحمأة ٠

**ـــ خلط مكونات الهاضم .**

***والغاز المتولد الزائديمكن التصرف فية كما يلى : ــ***

- يحرق فى فرن غلاية لانتاج الحرارة لباقى المحطة خاصة فى الاجواء الباردة ٠
- يستخدم كوقود غازى لتشغيل ماكينات توليد الكهرباء ٠
- يحرق فى غرفه عادم الغاز ٠

والغاز الناتج من الهاضمات يتم سحبة وتخزينة فى خزانات للغاز وهى تكون من النوع متغير الحجم وهى متصلة مباشره بالهاضمات بطريقةتحافظ على ثبات الضغط فى دائره الغاز والهاضم ٠

فإذا لم يمكن هناك مجال لاستخدام الغاز لأى سبب من الاسباب فإن الزياده عن حجم الخزان يتم حرقها وذلك عند اعلى نقطة من غطاء الخزان العائم بواسطة محرقة الغاز ( Flore ) ٠

وفى حالة انخفاض ضغط الغار فىالهاضم فإن غطاء الخزان العائم ( Flaating Couer ) يهبط هذه الحالة من الضغط المنخفض ويلاشيها ٠

***وخزان الغاز مجهز بالاتى :ــ***

- عداد للغاز ٠
- مصايد مياه ( Water Traps ) لإزاله بخار الماء العلق بالغاز ولتحقيق الامان فى محرقة الغاز ( Gas Flare ) فإنه يتم تصميمها بحيث تكون كافية لإحراق أقصى تيار من الغاز المنتج ( Peak Gas Production Flaw ) .

***٨-٣ أداء العمليات : Process Per Fornauce : ــ***

تعتبر النتيجة الاولى والاساسية لعملية التخمير اللاهوائى للحمأة فى الهاضمات هى اختزال المواد الصلبة المتطايرة والتقليل الكبير فى الكائنات الممرضة ( Pathogenic Organisms ) فالمواد الصلبة المتطايرة تتحلل الى جزيئات اصغر فأن وفى النهاية فأن الجانب الاكبر منها يتحول الى غاز ٠

كذلك نقل الكائنات الممرضة بموتها طبيعيا ( Natuval Die- off ) لأن بيئة التخمير اللاهوائية غير مناسبة تماماً لبقائها على قيد الحياه ، أن معظم عمليات التثبيت وبالتالى أنتاج الغاز تتم فى الهاضم الاولى .

***٨-٣-١ تقليل المواد الصلبة Solids Reducton : ــ***

إن عملية تقليل وأختزال المواد الصلبة اثناء الهضم والتخمير يؤدى الى زيادة الحمأة السائله ( Liguid Sludge ) ويتراوح اختزال المواد الصلبة المتطايره عاده بين ٣٥ ، ٦٠ ويعتمد ذلك على خواص الحمأة وعلى متغيرات وقياسات نظام التشغيل والهضم ( Operating Pare Meteesof The Digestion Systen ) .

### ٨-٣-٢ أنتاج الغاز Gas Paducyion :ـ

من الخواص المميزة لعملية الهضم والتخمير اللاهوائى أنها علاوه على اشتراكها فى خاصية تثبيت واستقرار الحمأة مع باقى عمليات التثبيت الاخرى الا أنها --- بأنتاج كميات إقتصادية من غاز متوسط الطاقة وذلك كمنتج ثانوى لعملية التثبيت ويمكن استغلال هذا الغاز المنتج فى انتاج كمية كبيره من الحرارة للتدفئة او أستغلاله فى عملية توليد الطاقة الكهربائية وفى بعض المحطات تكون الطاقة المتولده كافية لتزويد المحطة المعالجة بالطاقة المطلوبة ويتراوح الانتاج السنوى للغاز المتولد من الهاضمات اللاهوائية لحمأة البلديات ( Municipal Sludge ) بين ٨ ، - ١م٢ لكل ١ كيلو جرام من المواد الصلبة التمطايره التى تم تكسيرها ٠ ( Between 0.8 -- 1 m2 / 1kg Uolatile Solids Destroyed ) ، وعملية الهضم والتخمير الجيدة ينتج ***عنها غاز يتكون بصفة اساسية من :ـ***

- ٦٥ - ٧٠% ميثان ٠
- ٣٠ - ٣٥ % ثانى اكسيد الكربون ٠
- كميات قليله من الهيدوجين والبتروجين وكبرتيد الهيدوجيننية .

### ٨-٣-٣ اعتبارات التشغيل Operational Considerution

#### ٨-٣-١-١ السمية Toxicity

حيث أن عملية التخمير اللاهوائى عملية حيوية فأنها يمكن بسهوله أن تثبط ( It com Be Inhibited ) بفعل تأثير المواد السامة ٠

ويجب الاشاره هناك إلى أن هناك سمية بفعل العناصر الثقيله التى تسبب فشل عملية الهضم والتخمير وهناك حدود لتركيزات هذه المعادن التى يبدأ عندها تثبيت عملية الهضم والتخمير اللاهوائى ٠

ويعتبر الجزء الذائب فقط من هذه المعادن هو المسئول عن عملية التثبيط ومن ثم فأنه من الصعوبه التمكن من التحديد الدقيق لتركيزات المياه الكلية لاى عنصر من العناصر الثقيلة ومع ذلك فأن القيمة المذكورة فى الجدول التالى من الممكن أن تعطى فكرة جيدة عن بعض حدود السمية .

والمصدر هو كتاب تصميم العمليات فى المعالجة والتخلص من الحمأة الصادر عن وكاله حماية البيئة .

USEBA Process Disigh Manual
Sludge Treatmeat and Disposd -- 1949

| ***تركيزات العناصر الثقيله التى تسبب تثبيط عملية التخمير اللاهوائى بشدة*** | | | |
|---|---|---|---|
| ***العنصر المعدنى*** | | ***التركيز فى محتويات الهاضم*** | |
| | | العنصر كنسبة مكونة من المواد الصلبة | كميـــة العناصـــر الذائبة مجم /لتر |
| نحـــاس | | ٠.٩٣ | ٠.٥ |
| كادسيـــوم | | ١.٠٨ | ـــ |
| زنـــــك | | ٠.٩٧ | ١.٠ |
| حـــــديـد | | ٥٦، ٩ | ـــ |
| كرونيـــوم | ٦+ | ٢.٢ | ٣ |
| | ٣+ | ٢.٦ | ـــ |
| نيكل | | ـــ | ٢ |

### ٨-٣-٣-٢ الرقم الإيدروجينى ( p H )

كما هو ملاحظ من قبل فأن عملية التخمير والهضم اللاهوائى عملية ذات طورين بالطور الاول هـو مرحلـة تكـون الاحمـاض ( Acid - Forming ) ولاطـور الثـانى هـو مرحلـة تكـوين الميثـان ( Methane - Forming ) وخلال الطور الاول فأن انتاج الاماض المتطـايرة ( Volatile Acids ) يؤدى الى خفض الرقم الايدوجينى ( pH ) وهذا التقليل يواجه بتكسير فى الأحمـاض المتطـايرة بواسـطة البكتريا المكونة لغاز الميثان وفى ميترتب علية من تكون للبيكربونات ٠

والتحكم فى الرقم الهيدوجينى ضرورى ومهم جداً لأن البكتريا المنتجة لغاز الميثان شديده الحساسـية لاى تغير بسيط فى هذا الرقم هو رقم الحموضه التالى لهذه البكتريا يتراوح بين ٦.٦ الى ٥.٧ .

### ٩ - التقديرات البيئية : Enviromental Assessment : ـ

عند إجراء دراسة جدوى لأساليب إدارة الحمأة الناتجة عن محطات تنقية ميـاه الصـرف الصـحي بالحضر ( Urban W . W . T . P ) فإن هدف هذه الدراسة يكون تحديد الطرق المثلى لمعالجه الحمـأة والتصرف النهائى فيها من اعاده استخدام او التخلص منها بالدفن او الحرق .

**وهناك تأثيرات ايجابية وتأثيرات سلبية متوقعه على البيئة والانسان من خلال خيارات إدارة الحمأة ولذلك يجب ان تؤخذ كافة الاعتبارات فيما يخص التأثيرات السلبية ٠**

## ٩ - ١ اللوائح المنظمة : *Regulatory Context*

### ٩ - ١ - ١ التشريعات المصرية : *Egyptian Lgislation*

إن الحمأة المنتجة من خلال عملية معالجة مياه الصرف الصحى بمحطات التنقية تعتبر مخلفات أو نفايات ( Weste ) كما هو مبين فى القانون رقم (٤) لسنة ١٩٩٤ والذى يوضح القوانين المتعلقة بالبيئة وذلك فى الفصل الاول بند (١) ٠

ويشير البند (١) من القانون (٤) لسنة ١٩٩٤ إلى أن المعالجة البيولوجية وكذا المعالجة الفيزيوكيميائية ومحطات معالجة مياه الصرف الصحى ( W . W . T . P ) على أنها مشروعات بينية أساسية .

ومن ثم فإن هذه المحطات يجب أن تكون متماشية مع المعايير والشروط التى وضعت بمعرفة جهاز شئون البيئة ( Agency of Enviromental Affairs ) ويجب أن تتفق معها ٠

كذلك فإن تلك المحطات التى يتم إنشائها لتكون خاضعة لشرط الحصول على ترخيص قبل تجارب التشغيل ( Prior to be Comminioned ) لتقييم تأثيرها على البيئة وتأثيرات البيئة فى هذا المجال سوف تتعلق بتأثير الحمأة الناتجة عن هذه المحطات على البيئة فى حالة ما إذا كان سيعاد استخدام هذه الحمأة أو التخلص منها فى منطقة لها شروط خاصة ٠

والبند رقم (٩ ، ٢٠ ) من القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ يطبق على الحمأة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحى ( W . W . T . P ) ويتعلق بتأثيراتها البيئية المختلفة ٠

- الرائحة وتلوث الهواء ( بند ٣٤ ) Odors and air Pollntion
- تلوث التربة والمياه الجوفية ( بند ٣٧ ) Soil and underground Pollution
- الشروط المائية ( بند ٤٤ - ٤٥ ) Watering Conditions

أما فيما يتعلق باللوائح المنظمة بالمخلفات السائلة فإن هناك قياسات محدده وكذلك الظروف والمستويات التى تحكم صرف تلك المخلفات وهى مذكوره بوصوح فى البند ١١ فى الفصل ٥ ، ٦ ، ٧ من القرار الجمهورى لقانون ٩٣ لسنة ١٩٩٢ والخاص بصرف المخلفات السائلة وحتى الان لايوجد قانون مماثل للمخلفات الصلبة او اعادة استخدام الحمأة كسماد فى اعمال الزراعة ٠

والأن فإن صرف المخلفات الصلبة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحى تتطلب ترخيصاً من وزارتى الزراعة والاشغال ( الرى ) وهذا يتطلب ايضاً أن يتم الإتصال بوزارة الصحة لتحليل نواتج تلك الحمأة الناتجة من محطات المعالجة لكى يكون الترخيص فى حدود المواصفات القياسية ( Standards ) الموضوعة بواسطة وزارة الرى وجهاز شئون البيئة طبقاً للبندين ١٩ ، ٢٠ من القانون

رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ وكذلك قرار وزير الاسكان رقم ٩ لسنة ١٩٨٩ فيما يتعلق بالرى بمياه الصرف والذى يهدف إلى تحقيق الإشتراطات الآتية :

- أن تكون الاراضى التى سوف يتم التخلص فيهامن الحمأة السائلة على مسافة لاتقل عن ٣كم عن مناطق التى يقطن ويقيم بها مواطنين او حدود المدن والقرى ٠
- درجة المعالجة للانواع المختلفة من الحمأة السائلة يجب أن لاتقل عن حمأة ابتدائية ( بمنع الرمال ومخلفات المصافى ) ٠

وهذا القرار يقوم بتوصيف مياه الصرف الصحى التى يعاد استخدامها فى الزراعة حيث أنه لرى المزارع بمياه المجارى يحظر زراعه بعض النباتات مثل الخضروات والفواكه والنباتات التى تؤكل غير مطبوخة وأيضاً ممنوع تربية الماشية التى تدر البانا فى هذه المزارع ، وحيث أنه فى الوقت الحاضر يتم استخدام الحمأة الناتجة من بعض محطات المعالجة فى القاهرة مثل محطة البركة وحلوان وأبو رواش ومحطة الجبل الأصفر العملاقه .

والاستخدام سيكون لجزء من هذه الحمأة المنتجة كسماد أو محسن للتربة ( Fertilizer or soil conditioner ) ولذلك يتحتم وجود قوانين وأساليب للتحكم فى هذه الحمأة حتى تستخدم بأمان على الإنسان وعلى الأرض وعلى النبات وعلى البيئة بشكل عام ، ونظراً لعدم وجود قوانين مصرية منظمه لهذا الشأن فإننا سنتعرض لبعض القوانين المطبقة فى بعض البلدن الاخرى بغرض السيطرة والتحكم فى الحمأة .والجدول التالى يوضح الحدود القصوى لتواجد العناصر الثقيله فى حمأة معالجة مياه الصرف الصحى التى تستخدم فى الزراعة ٠

| اقصى تركيز للعناصر الثقيلة فىحمأة محطات معالجة مياه الصرف الصحى | | | |
|---|---|---|---|
| العنصر | التوصيات الاوربية مجم / كجم مواد صلبة ( ١ ) | الحدود القياسية الفرنسية مجم / كجم موادصلبة (٢) | الحدود القياسية الامريكية مجم / كجم مواد صلبة (٣) |
| كادميوم | ٤٠ | ٤٠ | ٨٥ |
| نحاس | ١٧٥٠ | ٢٠٠٠ | ٤٣٠٠ |
| رصاص | ١٢٠٠ | ١٦٠٠ | ٨٤٠ |
| نيكل | ٤٠٠ | ٤٠٠ | ٤٢٠ |
| زئبق | ٢٥ | ٢٠ | ٥٧ |
| زنك | ٤٠٠٠ | ٦٠٠٠ | ٧٥٠٠ |
| كروميوم | ١٧٥٠ | ٢٠٠٠ | ٣٠٠٠ |
| سيلنسيوم | ـــــ | ٢٠٠ | ١٠٠ |
| **كروميوم** + نحاس + نيكل + زنك . | ـــــ | ٨٠٠٠ | ـــــ |

أن هناك توصية اوربية تحدد الحدود القياسية المتعلقة بالكمية الكلية للحمأة التى يسمح بصرفها وإضافتها للأراضى الزراعية لكل هكتار من الاراضى الزراعية فى مدة زمنية محدده بعشرة سنوات وكلما كان محتوى العناصر الثقيلة مرتفعاً فى الحمأة كلما كانت الكمية الكلية المسموح بإضافتها من الحمأة المستخدمة لهكتار الارض الزراعية اقل ٠كما أن أقصى كمية حمأة مسموح بأضافتها الى هكتار الارض فى مده زمنية عشر سنوات يجب أن لاتتعدى ٣٠ طن ٠

والجدول التالى يوضح التوصيات الاوربية المتعلقة بقيم العناصر الثقيلة القصوى والتى يمكن صرفها فى الاراضى الزراعية كتركيز متوسط لمدة عشر سنوات ٠

| الحد الاقصى لإضافة العناصر الثقيلة للتربة من الحمأة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحى | |
|---|---|
| العنصر | الحد الاقصى كجم / هكتار / سنة ( متوسط عشر سنوات ) |
| كادميوم | ٠.١٥ |
| كروميوم | ٤.٥ |
| نحاس | ١٢.٠ |
| زئبق | ١.٠ |
| نيكل | ٣.٠ |
| رصاص | ١٥ |
| زنك | ٣ |

وبمجرد أن تصل تركيزات هذه العناصر فى تربة الارض الزراعية الى هذا الحد فإنه يحظر اى تصرف للحمأة فى تلك الاراضى ٠

كما تتضمن الاشارات الاور بية عن اعادة استخدام الحمأة توصيات أخرى مثل :ــ

- التخلص من الحمأة بنشرها فى الاراضى الزراعية يسمح به فقط لو أن الرقم الايدروجينى ستبقى أعلى من ٦ ( P. H. remaing over 6 ) او ستصبح أعلى من ٦ بعد إضافة الحمأة المعالجة بالجير ٠
- الحمأة يجب أتكون معالجة لضمان ثباتها وتقليل تخميرها الى أقل حد ممكن وعلى ذلك فالحمأة الغير معالجة والغير ثابتة لاتتماشى مع اللوائح الاروبية ومحظور نشرها على الاراضى الزراعية ٠

ــ لايسمح بالتخلص من الحمأة بنشرها فى الاراضى الزراعية فىالاحوال الاتية :ــ

٠ الاحوال الجوية السيئة ( الصقيع والثلوج أو الامطار الثقيلة ) . ( Forst , heavy rains )

٠ الظروف البيئية الاتية :ـــ

- أن يكون هناك مصدر مياه على عمق أقل من ٣٥م ( أبار ـــ خزانات ) ٠

* إن يكون هناك مصدر مياه على مسافة أقل من ٢٠٠م إذا كان إنحدار الأرض أكثر من ٧% .

* إن يكون هناك سكن خاص أو مؤسسة عامه على مسافة أقل من ١٠٠م ٠

ـــ الرش الجوى غير مسموح به ٠

## ٩-٢ الخطوط البيئية الاساسية : Enuiromental Basa Lines : ـــ

**إن الخطوط البيئية الأساسية التى يجب دراستها جيداً عند تحديد المساحات المطلوبة للمشروع ( موقع معالجه الحمأة – منطقة التخلص من الحمأة – مساحات إعاده الاستخدام المناطق المتأثرة بعملية التشغيل ) هى : ـــ**

ـــ المناخ Climate

ـــ الجيولوجيا والهيدروجيلوجيا Geology and hydrogeology

ـــ البيئة الارضية والخزان الجوفى Terrestrial ecology

ـــ بيئة الإنسان ٠

### ٩-٢-١ المناخ :ـــ

ويشمل عنصر المناخ درجة الحرارة والامطار والرياح والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسى ٠

### ٩-٢-٢ الجيولوجيا والهيدروجيولوجيا : -

وتشمل الجيولوجيا والهيدروجيولوجيا من حيث الطبقات الحاملة للماء ودرجة النفاذية وكذلك مصادر تجدد المياه بالارض من انهار وترع ومصارف وأمطار ٠ وكذلك نوعية المياه الجوفية ومدى التلوث الموجود بها سواء أكان تلوث ميكروبى أو تلوث ناشىء عن العناصر الثقيلة أو تلوث نيترات نتيجة إستخدام الأسمدة الآزوتية ٠

### ٩-٢-٣ البيئةالارضية : -

وتتمثل فى دراسة مدى تأثير المشروع على الحياة النباتية والحيوانية ٠

### ٩-٢-٤ بيئة الانسان : -

حيث يجب تحديد مواقع محطات المعالجة وإعادة إستخدام والتخلص من الحمأة أخذاً فى الاعتبار الاستخدام الجارى والمستقبلى بتحديد مشاريع التوسع العمرانى فى تلك المناطق .

**٩-٣ التأثيرات البيئية العامة : -**

**يتم إختيار مواقع التخلص عن طريق تطبيق الحدود المثلى البيئية للتقليل قدر الامكان من الانعكاسات البيئية الضارة ٠**

ـ الظروف الجيولوجية من حيث النفاذية المنعدمة أو التقليل خاصة مع وجود أمطار غزيرة أما إذا كانت الأمطار نادرة ومنسوب المياه الجوفية عميق وغير قابل للاستخدام فأن النفاذية المرتفعة نسبياً تكون غير مؤثرة .

ـ البعد عن مناطق هبوب الرياح على التجمعات السكنية ٠

ـ وجود مواقع المعالجة والتخلص خارج التجمعات السكنية المأهولة ومشروعات الزراعية والصناعية ٠

**٩-٤ اجراءات حماية البيئة : ـ**

تشتمل إجراءات حماية البيئة على مايلى :ـ

ـ إختيار المواقع التى تبعد عن التجمعات السكانية البشرية مع خلق منطقة حماية فاصلة وذلك بغرض أن تكون هذه المنطقة مانعة لإتصال هذه المواقع مع أى توسع عمرانى ٠

- تقليل الروائح ومسببات الأمراض بمعالجة الحمأة قبل التعامل معها ٠

- أن يكون محتوى الرطوبة بالحمأة أقل مما يمكن للتقليل من قدرة الحشرات على التكاثر وكذلك تقليل الروائح والتخمر ٠

ـ إنشاء مصدات رياح لتقليل الغبار ٠

ـ عمل فحص دورى للعمال المتصلين بالحمأة وتوفير معدات الوقاية التى يجب استخدامها أثناء تداول الحمأة وكذلك إعداد القواعد الصحية التى يجب إتباعها ٠

ـ مراقبة نوعية المياه الجوفية حول الموقع وأخذ عينات منها بصفة دورية وتحليلها ومقارنتها بالقراءات التى تم الحصول عليها قبل تشغيل المشروع ٠

**٩-٥ اعادة إستخدام الحمأة *Sludge Reuse* : ـ**

إن عملية إعادة استخدام الحمأة فى الزراعة هى عملية محببة واقتصادية خاصة إذا ما كانت الحمأة ثابتة وخالية من الكائنات الممرضة وكذلك العناصر الثقيلة ، ولكن المشكله التى تواجه هذا التطبيق أن إنتاج الحمأة فى المدن يكون فى الغالب يفوق إحتياجات الأراضى الزراعية المحيطة بها والمناطق الصحراوية المستصلحة هى قى الواقع أنسب المواقع التى تحتاج للحمأة لإستخدامها كمخصبات حيث أن المزارعون فى الأراضى القديمة ذات الزراعات التقليدية والتى تعتمد على جهد الماشية فى أعمال الحرث والرى أو حتى يربى فيها الفلاحين الماشية لإنتاج اللحم والألبان فإن الفلاحين يفضلون استخدام المواد العضوية المتخلفة عن هذه الماشية بدلاً من إنفاق الأموال فى شراء سماد عضوى من مصدر خارجى وفى الغالب فأن نظم الرى فى المناطق الصحراوية المستصلحة تعتمد على نوعان من الرى :ـ

**أولاً : الرى بالتنقيط فى المزروعات : Drop Irrigation in Plantations :**

من الصعب الحكم بانه يمكن امداد النبات بالعناصر الغذائية عن طريق الحمأة فى هذه الحالة حيث تحمل العناصر الغذائية للنباتات بواسطة مياه الرى عن طريقف زوبان الاسمدة فى تلك المياه حيث يتمكن النبات من الحصول على الكمية المقننة من العناصر الغذائية بهذه الطريقة ، ولكن فى حالة فرد الحمأة على التربة الزراعية فإن النباتات لن تتمكن من الحصول على إحتياجاتها الغذائية الضرورية مع إتباع نظام الرى بالتنقيط فى هذهالحالة وبذلك تعتبر هذه الطريقة إهدار للحمأة دون فائدة ٠

وعلى ذلك لا يوصى بنشر الحمأة فى حالة الزراعات التى تستخدم الرى بالتنقيط ٠

**ثانياً : الرى بالرش : Sprinkling on crops**

فى هذا النوع من الرى فإن عملية فرد ونشر الحمأة تكون مناسبة وفعالة بدرجة كبيرة فإن اخذنا فى الإعتبار أن معدل فرد ونشر الحمأة فى هذه الاراضى فى ظل هذا النوع من الرى يصل إلى ٥ م٣/فدان/عام ٠

وبفرض أن هناك مساحة منزرعة تصل إلى٢٠٠,٠٠٠ فدان فإن هذه المساحة يمكن أن تستهلك مليون م٣ وهى كمية الحمأة التى تنتج عن مدينة كبيرة مقدار سكانها اكثر من ٧ مليون نسمة .

**٩ - ٥ - ١ التأثير Impacts :**

إن الحمأة الناتجة عن المجتمعات الحضرية تحتوى على عناصر مخصبة ( Fertlising clements ) وكذلك مواد عضوية لذا فإن الإستخدام الزراعى يكون نافعاً ومفيداً للتربة والنبات ولذلك يجب معرفة مدى فعالية إضافة مثل هذه المواد إلى التربة الزراعية وإستخدامها فى الإنتاج الزراعى ٠

**٩ - ٥ - ١ - ١ القيمة الزراعية للحمأة Agronomic value of sludge :**

**ا - الخواص الترطيبية للحمأة Humic properies of sludge :**

إن المادة العضوية المضافة للتربة الرملية من خلال الحمأة يكون لها منافع عديدة وذات تأثيرات ممتازة على التربة ويظهر ذلك فى مدى تغيير مثل الثبات التركيبى للتربة ( Stuctural stability ) والمسامية ( Porosity ) والقدرة على الإحتفاظ بالماء ( Moisture holding capacity) والنشاط الحيوى البيلوجى ( biological activity ) الا أن المدى الطويل ( بعد ٥ سنوات ) يتحتم عمل قياس حقيقى للوقوف على فوائد اضافة المادة العضوية ومدى قدرتها على التحويل الى صورة عضوية ثابتة ( humus ) مضاف الى التربة حيث تساهم فى تحسين خواص تركيب التربة وتزيد من قدرته على الاحتفاظ بالماء ٠

**ب - الخواص السمادية للحمأة**

أن النيتروجين والفسفور هما اهم العناصر الاساسية للنبات بوجه عام ويقوم النبات بالحصول عليها من التربة لذا فإن هذه العناصر تتعرض للتناقص المستمر بتكرار الزراعات فى نفس

الارض لذا فإنه من الضرورى الحصول على احتياجات من هذين العنصورين بإضافات خارجية لتعويض هذا الفقد ، وفى الغالب يتم تعويض هذا الفقد من خلال اضافة اسمده معدانية ( Mineral Fertilisers ) ( املاح الامونيا ـــ نترات ـــ فوسفات ) ٠

وحيث أن تكاليف إضافة تلك الأسمدة المعدنية تعد مرتفعه نسبياً مقارنة بالنيتروجين والفوسفات المضافة للتربة فى صورة الحمأة الناتجة عن المخلفات الآدامية بعد معالجتها ٠

ومع ذلك يتم الأخذ فى الإعتبار أن النيتروجين وفى حالات معينة الفسفور الموجود فى الحمأة المعالجة يكون أقل فى التمثيل ( Less readily assimilated ) عنها فى تلك الموجودة فى الأسمدة المعدنية ( Mineral fertilisers ) ٠

**١ ــ النيتروجين Nitrogen : ــ**

إن حمأة محطات تنقية مياه المدن التى تمكن استخدامها وتركيزاها وتجفيفها تكون ذات محتوى قليل من النيتروجين الامونيومى ( ammonia nitrogen ) وكذلك فى مكونات النترات ( nitrate fractions ) حيث يكون النيتروجين غالباً فى صورة نيتروجين عضوى ( organic nitrogen ) اى بروتينات وامينات ( Proteins and amines ) ٠

وهذه الكمية من النتروجين الامونيومى والنيترات تقل أيضاً بهضم وتخمير الحمأة ولذلك فإن النيتروجين فى الحمأة المخمرة والمجففة سوف يكون أقل قابلية للتمثيل بواسطة النباتات والتحليلات التى تمت على كثير من الحمأة الناتجة من محطات المعالجة التىتعالج مجارى الحضر أعطت نتائج متوسطة لقيمة النيتروجين الكلى فى الحمأة الجافة ( جفاف ٦٥% ) .

تتراوح بين ٢.٤ % الى٣.٣ % وحيث ان المعدل الموصى من الحمأة التى تضاف الى الفدان سنوياً هى ٥م٣ فإن الفدان سوف يحصل على كمية من النيتروجين تتراوح بين ٨٧ الى ١٠٧ كجم نيتروجين كلى ( Total Nitrogen / Fedden / Year ) ٠

**٢ ــ الفسفور : ــ**

معدل تواجد الفسفور الحيوى بالحمأة ( كنسبة مئوية من الفسفور الكلى ) تتوقف اساساً على سلوك وطريقة تجهيز الحمأة ( Manner of S ludge Conditioning ) فإن التسخين والتجفيف وأضافة الجير يؤدى الى نقص كبير فى هذا المعدل ، والفسفور الموجود بالحمأة له فاعلية وكفاءه كبيره اذا ماقورنة بالفوسفات الطبيعى ٠

والكمية المتحة من الفسفور بالحمأة الجافة ( جفاف ٦٥% ) حسب قياسات كثيرة للحمأة الناتجة من محطات تنقية مياه مجارى الحضر تتراوح بين ١.٨ الى ٢% وحيث

ان معدل اضافة الحمأة الجافة الموصى به ٥م٣ / للفدان / فى السنه فإن هذا يعطى كمية من الفسفور تتراوح بين ٥٨ الى ٦٥ كجم ٠

***٣ ــ البوتاسيوم - الكالسيوم - الماغنسيوم - الكبريت : ــ***

Potassium – Calcium – magnesium – Sulphur

من الممكن اعتبار ان البوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم المتواجد فى الحمأة يكون على صوره سهلة وميسرة يستطيع النبات إمتصاصها بسهولة وبطريقة مباشرة إلا أن محتوى الحمأة من البوتاسيوم قليل وعلى ذلك فإن الحمأة تعتبر غير كافية للتسميد البوتاسى إلا أنها كافية بمفردها لإمداد النبات بما يحتاج من الماغنسيوم والكبريت ٠

***٩ - ٥ - ١ - ٢ المخاطر المرتبطة بإستخدام الحمأة فى الزراعة***

Risks Linked with agriculturel use

بينما تحتوى الحمأة على قيمة عالية وغالية من المكونات العضوية والمعدنية المزالة من مياه الصرف الصحى خلال عمليات المعالجة التى تتم بمحطات التنقية فإنها على الجانب الآخر تحتوى على العديد من العناصر الغير مرغوب فيها والمزالة ايضاً من مياه الصرف الصحى خلال عمليات المعالجة ٠

وهذه العناصر تشمل بصفة اساسية المعادن الثقيلة ( Heavy metals ) ــ الملوثات العضوية ( Organic pollutants ) ــ الكائنات الممرضة الدقيقة( Pathogenic micro- organisms ) ٠

ومن الوجهة الزراعية التى نحن بصددها الآن فإن الحمأة الوحيدة المقبولة والتى تتناسب مع نشرها على الأرض الزراعية هى تلك التى لا تنقل التلوث الذى يضر بالأرض أو الإنتاج الزراعى أو صحة الإنسان أى لا تضر البيئة بوجه عام ٠

وسوف نستعرض تلك المخاطر بشىء من الإيضاح وهى :ــ

***أ ــ مخاطر المعادن الثقيلة Heavy metal hazards : ــ***

من بين آثار العناصر التى توجد فى الحمأة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحى للحضر فإنه من الجدير بالذكر أن بعض هذه العناصر ضرورية لإنتاج المحاصيل ومن بينها النحاس والزنك بينما بعضها الآخر ليس لها استخدام وكلا من النوعين إذا تعدى تركيزات معينة فإنه يصبح ساما و بالأخص العناصر الثقيلة مثل الكادميوم والزئبق والرصاص حيث خطرها على صحة البشر معلومة الآن تماماً لدى العامة والخاصة وتعرضنا سابقاً لتلك الحدود التى يجب الا تتعداها هذه العناصر بالحمأة التى تستخدم فى الزراعة ٠

ويجدر الإشارة هنا إلا أن المعادن التى تضاف للأرض من خلال الحمأة ليست معظمها قابلة للزوبان بصورة كاملة وسريعة وطبقاً لحالتها الاولية فإنها يمكن أن تنتشر وتدخل فى تركيزات أنواع مختلفة من العناصر المعدنية والمكونات العضوية داخل التربة وتتراكم داخلها وتصبح التربة فى هذه

الحالة مخزناً لهذه العناصر الثقيلة وتمنعها من تلوث المياه والنباتات وسلسلة الغذاء ويعتمد ذلك على العوامل الآتية :ـ

- الإحتفاظ بالرقم الأيدروجينى أكثر من ٦ وهذا عامل اساسى من الطرق لتى لا تيسر للمعادن الزوبان والإنتقال إلى النبات وبالأخص تلك الأكثر حركة مثل الكادميوم والزنك ٠

- وجود الجير النشط ( Active lime ) فى التربة ٠ حيث أن وجود نسبة عالية من الجير فى التربة فى صورة مفتتة ( Atomised form ) يزيد السعة الأيونية لتثبيت تلك المعادن ٠

**ب ـ الملوثات العضوية : Organic polluxants ـ :**

نظراً لأن الملوثات العضوية توجد أحياناً فى مياه الصرف الصحى لذلك فإن هناك إمكان تواجدها أيضاً فى الحمأة الناتجة عن محطات المعالجة لهذه المياه وهذه الملوثات تشمل المنظفات ( Detergents ) والمبيدات ( Pesticides ) والهيدروكربونات المتطورة ومع ذلك فإن معدلات هذه المكونات العديدة الموجودة بإستمرار بمخلفات الصرف الصحى فى المناطق الحضرية الآهلة بالسكان منخفض بصفة عامة ولايشكل خطورة ٠

**ج ـ الكائنات الدقيقة الممرضة : Pathogenic- Micro- organisms ـ :**

عادةً تحتوى مخلفات الصرف الصحى على العديد من الكائنات الدقيقة الممرضة مثل البكتيريا والطفيليات والفيروسات والفطريات المرتبطة بالمجتمعات الآدمية والحيوانية التى تنتج من مياه الصرف الصحى والهضم والتثبيت الهوائى للحمأة يقلل من خطر هذه العوامل ولكن أفضل طريقة لحماية المخلوقات الآدمية والحيوانية من أخطارها هى إتباع ألإحتياطات اللازمة فى التعامل مع الحمأة حيث تتطلب عملية فرد الحمأة على الأرض الزراعية نوعية خاصة من المعدات تختلف عن تلك المستخدمة فى فرد الأسمدة الكيماوية المعروفة بالأسواق ويجب أن يؤخذ ذلك فى الإعتبار عند التغيير من التسميد المعدنى إلى التسميد العضوى بإستخدام الحمأة ٠