



برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي لوظيفه مهندس تشغيل صرف صحي - الدرجة الاولى

طرق معالجة الحمأة وتداولها وإعادة استخدامها



جدول المحتويات

4	أولاً: معالجة وتداول وإعادة استخدام الحمأة
4	1. مقدمة
5	2. خصائص الحمأة
5	3. تصنيف (مصادر) الحمأة
5	أ. الحمأة الابتدائية Primary sludge
5	ب. حمأة الدوبال Humus
5	ج. الحمأة المنشطة Activated sludge
6	د. الحمأة المترسبة كيميائياً
6	هـ. الحمأة المهضومة (أو المخمرة)
6	4. نظم معالجة الحمأة: Systems of sludge treatment
9	أحواض تكثيف (تركيز) الحمأة
10	الحمأة الخام
15	أسس التصميم لأحواض تركيز الحمأة بالجاذبية الأرضية (Thickness)
16	مدة المكث
16	معدل التحميل السطحي
16	سرعة دوران الأذرع
16	أسس التصميم لأحواض تركيز الحمأة بالتعويم باستخدام الهواء (Air Flotation thickeners)
17	3. تثبيت الحمأة
17	التخمير اللاهوائي للحمأة
18	التخمير اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة
21	التخمير اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلتين
21	أسس تصميم مخمر الحمأة ذو المعدل السريع
21	حجم المخمر:
22	التخمير الهوائي للحمأة
22	تحسين الحمأة
23	التحسين بالمواد الكيميائية
24	التحسين بغسيل الحمأة
25	تجفيف أو سحب المياه من الحمأة (ترشيح الحمأة)
25	التجفيف الطبيعي للحمأة
26	أحواض التجفيف الرملية العادية
26	إرشادات تشغيل أحواض التجفيف الرملية العادية
28	الأحواض الإسفلتية لتجفيف الحمأة
28	إرشادات تشغيل أحواض الإسفلتية لتجفيف الحمأة

29	فصل المياه من الحمأة باستخدام المعدات الميكانيكية (Mechanical Dewatering)
30	مرشحات الحمأة التي تعمل بالتفريغ: (Belt Pressing)
32	أسس التصميم لمرشحات الحمأة
32	معدات الترشيح:
32	سرعة الأسطوانة:
32	ضغط التفريغ
32	عدد ساعات التشغيل
32	نسبة الرطوبة في الحمأة المرشحة
32	مرشحات الحمأة التي تعمل بالضغط (Filter Pressing)
33	الترشيح بالخلطة لتجفيف الحمأة
34	التجفيف بكبس الحمأة في قوالب
34	تجفيف الحمأة بالطرد المركزي
35	كمر الحمأة
35	أنواع الكمر
35	مراحل عملية الكمر
36	مرحلة التبريد
36	مدة الكمر
36	عند استخدام مصدر هواء خارجي:
36	عند الكمر في خنادق مكشوفة
37	طرق التخلص من الحمأة
37	استعمال الحمأة المجففة كسماد
38	حرق الحمأة بعد تجفيفها
38	السجلات الفنية اليومية والشهرية لأحواض تجفيف الحمأة
38	السجلات الشهرية
39	برك تجفيف الحمأة
39	استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة
40	الحمأة الآمنة
40	القوانين المصرية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة طبقاً للقرار الوزاري رقم "214" لسنة 1997 وتعديلاته بشأن اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة.
41	التخمير اللاهوائي (Anaerobic Digestion)
41	الكمر (Composting):
41	إضافة الجير (Lime Stabilization):
42	المعالجة الحرارية
42	عملية تجفيف الحمأة:
42	استخدامات الحمأة بمصر
44	الهدف من إعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي

44	مجالات تطبيقها
44	الجهات المسؤولة عن تطبيق هذا الباب
44	المتطلبات العامة (التراخيص) لإنتاج واستخدام الحمأة
46	إنتاج الحمأة داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي
47	أولاً: معالجة الحمأة
47	ثانياً: ضوابط إنتاج الحمأة بالمحطات:
48	تنظيم تداول الحمأة خارج محطات الصرف الصحي
48	أولاً: عدم استخدام الحمأة في الحالات التالية:
48	ثانياً: يجب مراعاة الشروط الآتية عند تداول الحمأة
49	معايير استخدام الحمأة في الزراعة
49	أولاً: محتوى المعادن الثقيلة في الحمأة الجافة وكما هو موضح بالجدول رقم (4).
50	ثانياً: محتوى الكائنات الممرضة في الحمأة الجافة
50	ثالثاً يراعى أن تتناسب معدلات الإضافة السنوية من الحمأة المعالجة الجافة مع نوعية الأراضي
50	أساليب التخلص من الحمأة غير المطابقة
50	أولاً: الحمأة المنتجة من محطات معالجة الصرف الصحي
51	الحمأة المستخرجة من الترانشات
51	مراقبة استخدام الحمأة
51	أولاً جمع عينات تحليل الحمأة
51	ثانياً المتابعة الدورية
52	نموذج لتحليل عينة من الحمأة
53	نتائج تحاليل المعادن الثقيلة
55	حالات سحب التراخيص
55	الحالة الأولى:
55	الحالة الثانية:

أولاً: معالجة وتداول وإعادة استخدام الحمأة

1. مقدمة

الغرض الأساسي من معالجة الحمأة الناتجة عن الصرف الصحي هو فصل السوائل (المياه) عن المواد الصلبة (الجوامد) العالقة سواء كانت مواد عضوية أو غير عضوية، أيضاً من ضمن أهداف المعالجة السليمة هو التخلص الآمن من مسببات المرضية وبويضات الديدان المعوية. وبعد المعالجة يتم التخلص من مياه الصرف الصحي بأحد الطرق المناسبة لظروف البيئة المحيطة بمواقع محطات الصرف الصحي، أما معالجة الحمأة (الجوامد العالقة مع المحتوى المائي لها) والتي تتجمع بعد عملية الترسيب Sedimentation في أحواض ترسيب منفصلة أو مع المواد الطافية (الخبث scum)، ويمكن التخلص منها مباشرة (بدون معالجة) أو بعد معالجتها.

وبالتالي فإن الحمأة السائلة عبارة عن المواد العضوية العالقة التي ترسبت بأحواض الترسيب المختلفة ممزوجة بكمية كبيرة من المياه تختلف نسبتها باختلاف نوعية الصرف الصحي الخام وخصائصه وكذلك نظم معالجتها، ومثالاً لذلك نجد أن نسبة المياه بالحمأة المنشطة حوالى 98.5% بينما نسبتها بالحمأة العادية الراسبة بأحواض الترسيب الابتدائية حوالى 95%.

ويتضح من ذلك أن أقل كمية حمأة سائلة نحصل عليها هي الناتجة من أحواض الترسيب النهائي، والتي تعقب نظم المعالجة بالنمو للكائنات الحية الدقيقة Microorganisms الملتصقة علي أسطح المرشحات (مثل المرشحات الزلطية) إذ تبلغ حوالى 0.75م³ لكل 1000م³ من مياه الصرف الصحي الخام، بينما تكون أكبر كمية لها هي الناتجة من أحواض الترسيب النهائي التي تعقب نظم المعالجة بإضافة الحمأة (الحمأة المنشطة Activated sludge) إذ تبلغ كميته حوالى 20م³ لكل 1000م³ مترمكعب من الصرف الصحي الخام، أي حوالى 26 ضعفاً، لذا يجب العمل علي تكثيفها قبل معالجتها أو التخلص منها، أو إعادة الزائد منها (الحمأة المنشطة) إلى أحواض الترسيب الابتدائية للاستفادة من نشاط الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms.

2. خصائص الحمأة

تتميز الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية برائحتها الكريهة بسبب الأمونيا وكبر، كما تتراوح نسبة الماء الذي تحتويه بين 94 - 99%، ويتأثر حجم الحمأة إلى حد كبير بنسبة احتوائها علي الماء مع بقاء كمية المواد الصلبة كما هي، فإن الحجم الكلي للحمأة سوف يزداد تبعاً لذلك، كما هو موضح.

3. تصنيف (مصادر) الحمأة

يمكن تصنيف الحمأة تبعاً لنوع ومدى العمليات التي نتجت منها أو التي أجريت عليها، وهو كما يلي:

أ. الحمأة الابتدائية Primary sludge

تعرف الحمأة الابتدائية أو الخام بأنها الحمأة الناتجة عن ترسيب المواد العالقة في أحواض الترسيب الابتدائية، وتتميز برائحتها الكريهة وتتراوح نسبة الرطوبة بها بين 94 - 97%.

ب. حمأة الدوبال Humus

وهي الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب النهائية التي تعقب المرشحات البيولوجية، وتعرف أيضاً بالحمأة المتحللة، ويمكن إعادتها إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتفصل مع الحمأة الخام وتنقل إلى أحواض التجفيف. والجدير بالذكر أن زيادة الأحمال الهيدروليكية على المرشح تؤدي إلى نقص تركيز الحمأة، لذلك فمن الطبيعي أن الحمأة الناتجة من المرشحات عالية السريان تكون أقل تركيزاً من الحمأة الناتجة من المرشحات بطيئة السريان.

ج. الحمأة المنشطة Activated sludge

تعرف بالحمأة الناتجة من أحواض الترسيب النهائية التي تلي أحواض التهوية في مرحلة المعالجة البيولوجية، ونظراً لتعرض هذا النوع من الحمأة (أكثر من غيره) إلى عمليات تهوية قوية ومستمرة فلذلك لا تظهر له رائحة، كما أنها تحتوي على نسبة كبيرة من الماء تصل إلى 99% أو أكثر. وليس من السهل فصل الماء عن المواد الصلبة في الحمأة المنشطة، كما أنه من التبديد بمكان تجفيف الحمأة المنشطة مباشرة في أحواض التجفيف، لذلك تستخدم عمليات هضم الحمأة (تخمير الحمأة) أو بعض العمليات الكيميائية المختلفة لخفض المحتوى المائي لها وبالتالي تقليل حجمها بدرجة مقبولة.

د. الحمأة المترسبة كيميائياً

يمكن استخدام بعض العمليات الكيميائية المساعدة لإنجاز عمليات الترسيب بسرعة وكفاءة مقبولة في بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وخصوصاً في محطات معالجة مياه الصرف الصناعية، ورغم سهولة الترسيب باستخدام العمليات الكيميائية إلا أن الحمأة الناتجة تتميز بمحتواها المائي المرتفع والذي يجعل من الصعب استخدام أحواض التجفيف مباشرة، وعادةً ما يتم تخميرها قبل التخلص منها.

هـ. الحمأة المهضومة (أو المخمرة)

تنتج الحمأة المهضومة أو المخمرة من العمليات الخاصة بتخمير الحمأة بمعزل عن الهواء (أي في عدم وجود الأكسجين Anaerobic condition)، وهي عمليات بيولوجية تهدف إلى تحلل أكبر قدر ممكن من المواد العضوية الموجودة بطريقة غير هوائية وذلك بفعل البكتريا اللاهوائية، فهي لا تحتاج الأكسجين بل تحصل على الطاقة من مركبات أخرى، ويمكن أن تؤدي إلى:

- أكسدة المواد القابلة للتحلل لا هوائية.
- الفصل الكامل للمواد الصلبة عن السائل تمهيداً لتجفيفها.
- خفض كتلة الحمأة بنسب تتراوح بين 25 - 40%.

وتتميز الحمأة المهضومة بلونها القاتم وبتجانسها، كما أن لها رائحة محتملة عندما تكون رطبة، ويتم تجفيفها بعد ذلك في أحواض التجفيف نظراً لانخفاض محتواها المائي نتيجة لعمليات الهضم.

4. نظم معالجة الحمأة Systems of sludge treatment

هناك مراحل متتالية لمعالجة الحمأة، ويمكن اختيار المناسب منها لنظام المعالجة، ويتوقف هذا الاختيار على مجموعة عوامل مختلفة أهمها ما يلي:

- الظروف البيئية للمنطقة المنتج بها الحمأة.
- النواحي الاقتصادية أي تكاليف معالجة الحمأة.
- الموقع الجغرافي والمناخي لمنطقة موقع محطة المعالجة.
- درجة جودة المعالجة المطلوبة للحمأة ومدى إمكانية إعادة استخدامها في الزراعة.

ويوضح الجدول رقم (2) مراحل معالجة الحمأة والغرض من كل مرحلة.

جدول رقم (2) طرق ومراحل معالجة الحمأة

م	مراحل معالجة الحمأة	الغرض من وحدات معالجة الحمأة
	1. الأعمال التمهيدية:	
1.1	طحن الحمأة	تقليل حجم الحمأة
2.1	إزالة الأتربة	فصل الأتربة والمواد الغير عضوية العالقة
3.1	خلط ودمج الحمأة	تجانس الحمأة
4.1	تخزين الحمأة	المقصود بها الفترة التي تظل ثابتة وصالحة للاستخدام بدون فساد
	2. تكثيف الحمأة:	
1.2	التكثيف بالترسيب الطبيعي	تقليل حجم الحمأة
2.2	التكثيف بالتعويم	تقليل حجم الحمأة
3.2	التكثيف بالطرد المركزي	تقليل حجم الحمأة
	3. تثبيت الحمأة:	
1.3	التثبيت بالكلور	تثبيت الحمأة
2.3	التثبيت بالجير	تثبيت الحمأة
3.3	التثبيت بالتسخين (الحرارة)	تثبيت الحمأة
4.3	التخمير اللاهوائي	تثبيت الحمأة + تقليل حجمها + الحصول على غاز الميثان
5.3	التخمير الهوائي	تثبيت الحمأة + تقليل حجم الحمأة
	4. تحسين الحمأة:	
1.4	بالمواد الكيميائية	تحسين خصائص الحمأة
2.4	بالغسيل	نقع الحمأة وتنظيفها
3.4	بالتسخين	تحسين خصائص الحمأة
	5. تعقيم الحمأة:	
1.5	جميع طرق التعقيم	قتل البكتريا وخاصة الممرضة
	6- سحب المياه من الحمأة:	
1.6	الترشيح بالخلخلة	تقليل حجم الحمأة
2.6	الترشيح بالضغط	تقليل حجم الحمأة
3.6	الترشيح بالسير الأفقي	تقليل حجم الحمأة
4.6	الترشيح بالطرد المركزي	تقليل حجم الحمأة

م	مراحل معالجة الحمأة	الغرض من وحدات معالجة الحمأة
5.6	ترشيح طبيعي بأحواض التجفيف الرملية	تقليل حجم الحمأة
6.6	بالبرك والمستنقعات	تقليل حجم الحمأة والتخزين
	7. تجفيف الحمأة:	
1.7	التجفيف السريع	تقليل الحجم والوزن
2.7	التجفيف بالرش	تقليل الحجم والوزن
3.7	المجفف الدوار	تقليل الحجم والوزن
4.7	المجفف المتعدد الأفران	تقليل الحجم والوزن
5.7	التجفيف بمساعدة الزيت	تقليل الحجم والوزن
	8. تحلل الحمأة:	
1.8	تحلل الحمأة	تقليل الحجم + سماد عضوي
2.8	تحلل الحمأة والنفايات الصلبة العضوية	تقليل الحجم + سماد عضوي
	9. الاختزال الحراري للحمأة:	
1.9	المحارق متعددة الأفران	تقليل حجم الحمأة + حرارة
2.9	تسييل الحمأة بالحرق	تقليل حجم الحمأة
3.9	الاحتراق الوميضي	تقليل حجم الحمأة
4.9	المحارق مع النفايات الصلبة	تقليل حجم الحمأة + حرارة
5.9	الأكسدة بالهواء الرطب	تقليل حجم الحمأة
6.9	التحلل الحراري مع النفايات الصلبة	تقليل حجم الحمأة + حرارة
	التخلص من الحمأة:	
1	الردم	التخلص من الحمأة
2	النشر على سطح الأرض	التخلص من الحمأة
3	استصلاح الأراضي	سماد والتخلص من الحمأة
4	التخزين في البرك والمستنقعات	التخلص من الحمأة وإعادة استخدامها

ويوضح الشكل رقم (1) خطوات معالجة الحمأة المتكامل، كما يعرض الشكل رقم (2) نظام معالجة الحمأة بالطرق البيولوجية، والشكل رقم (3) يعرض نظام معالجة الحمأة بالطرق غير البيولوجية.

ونظراً لوجود ظهير صحراوي لمعظم مناطق جمهورية مصر العربية دون الدلتا، فقد أمكن الاعتماد على بعض من مراحل المعالجة دون غيرها، ويوضح الشكل رقم (1) النظم الشائعة الاستخدام لمعالجة الحمأة (الرواسب الناتجة) من أحواض الترسيب الابتدائية والنهائية بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي في جمهورية مصر العربية.

ونظراً لأن عملية التكتيف بالتعويم يعطى نتائج ممتازة للحمأة المنشطة الزائدة، لذلك نوصى بصرف الحمأة النشطة الزائدة إلى أحواض الترسيب الابتدائي بمحطة المعالجة.

أحواض تكتيف (تركيز) الحمأة

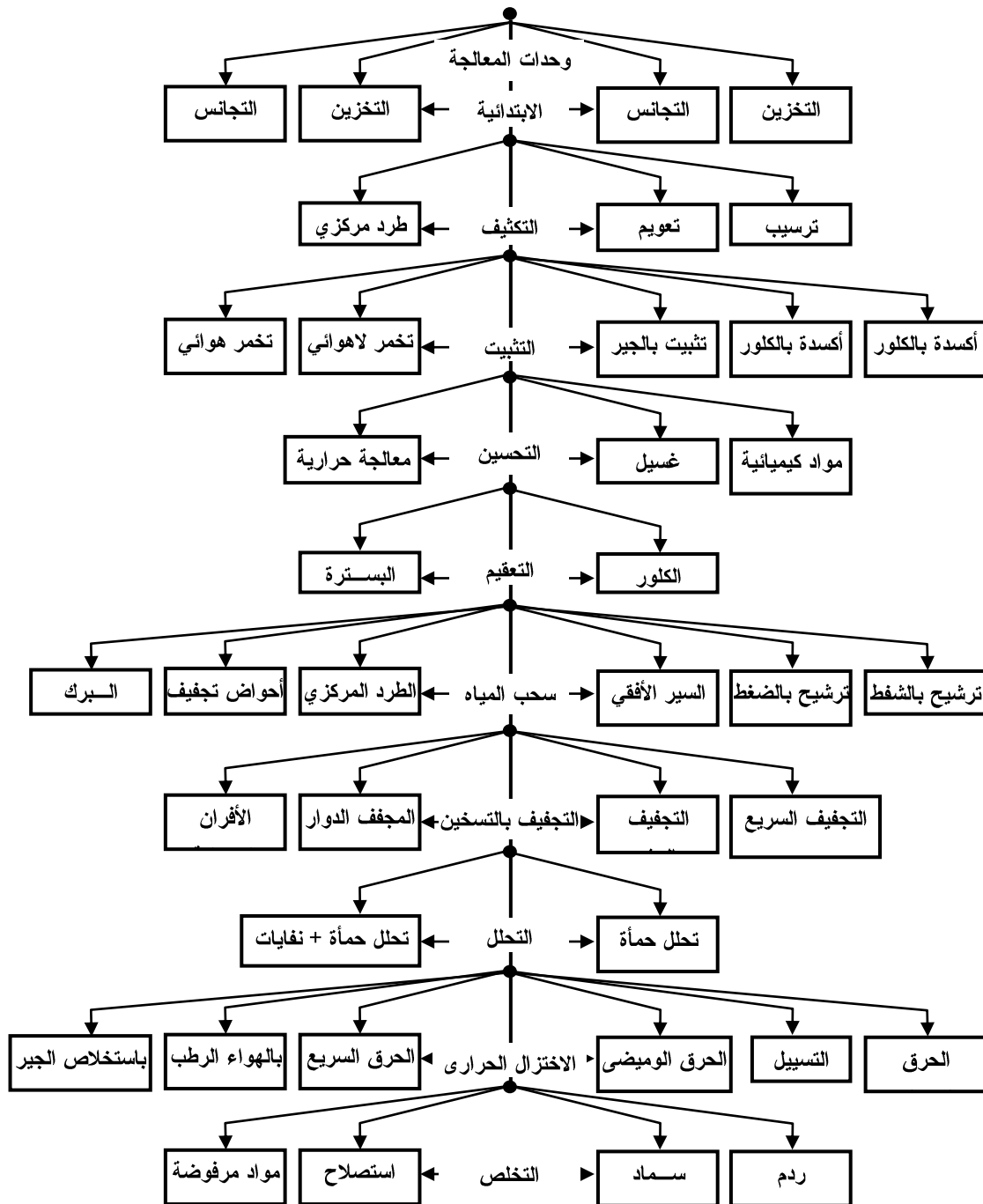
التكتيف بالترسيب الطبيعي لخليط من الحمأة الناعمة من أحواض الترسيب الابتدائي مع الحمأة المنشطة الزائدة تعطى نتائج ممتازة في محطات المعالجة الكبرى أما في محطات المعالجة الصغرى فلا يعطى نتائج جيدة.

وتقليل حجم الحمأة باستخدام ظاهرة التكتيف (التركيز) يعتبر مكسب كبير لوحدات معالجة الحمأة (مثل أحواض التخمر ووحدات سحب المياه ووحدات الترشيح وعمليات حرق الحمأة)، ومن الممكن تكتيف الحمأة في وحدات معالجة مياه الصرف الصحي إما داخل أحواض الترسيب الابتدائي أو أحواض تخمر الحمأة أو منفصلة في أحواض خاصة بالتكتيف، ويجب عند استخدام أحواض التكتيف إعادة المياه المرفوضة منها إلى مدخل وحدات معالجة مياه الصرف الصحي لإعادة معالجتها نظراً لشدة تلوثها.

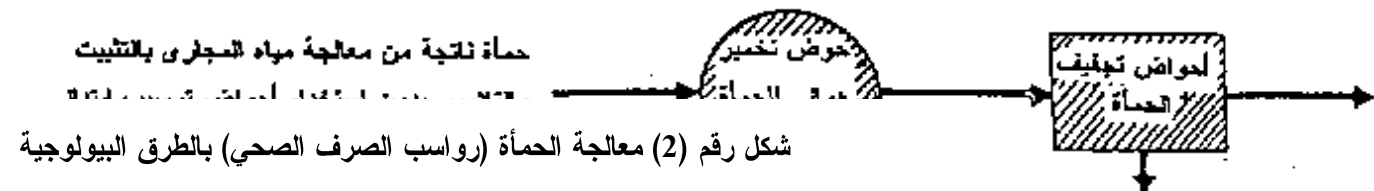
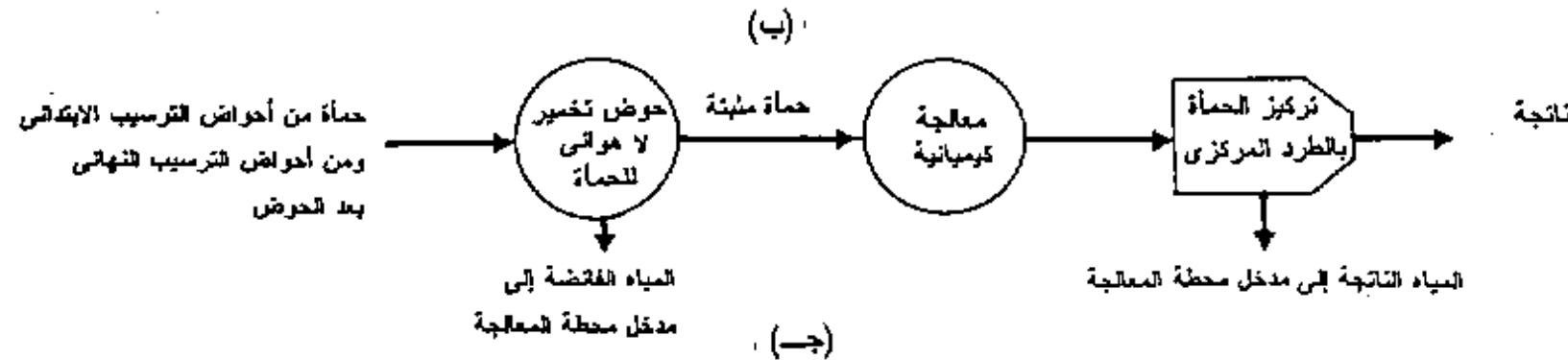
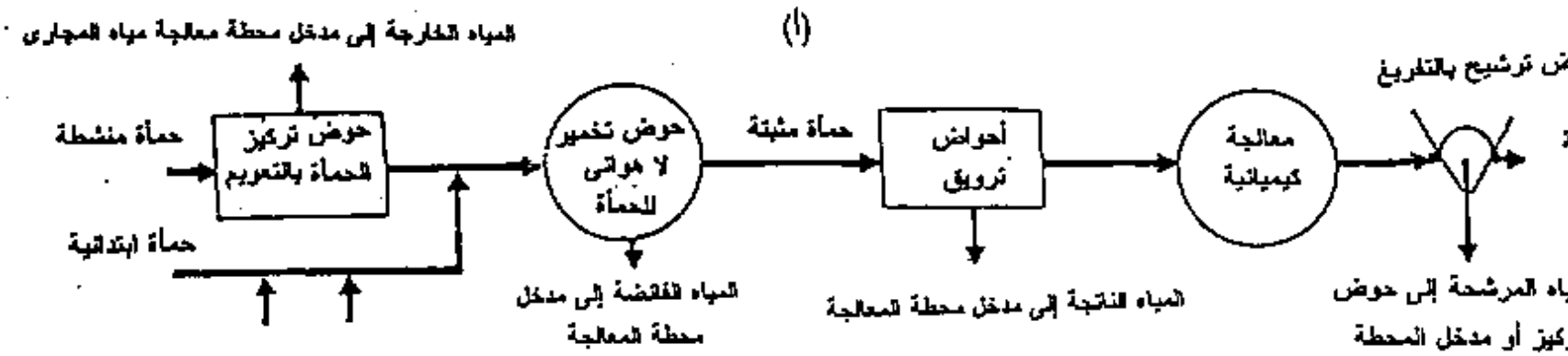
وتصمم أحواض تكتيف الحمأة اعتماداً على معدل التحميل السطحي الهيدروليكي، والذي يتراوح بين 20 إلى 35 م³/م²/يوم وكذلك معدل التحميل العضوي.

والشكل رقم (5) يوضح تفاصيل حوض التكتيف (التركيز) المربع الشكل أما الشكل رقم (6) فيوضح تفاصيل حوض التكتيف (التركيز) الدائري.

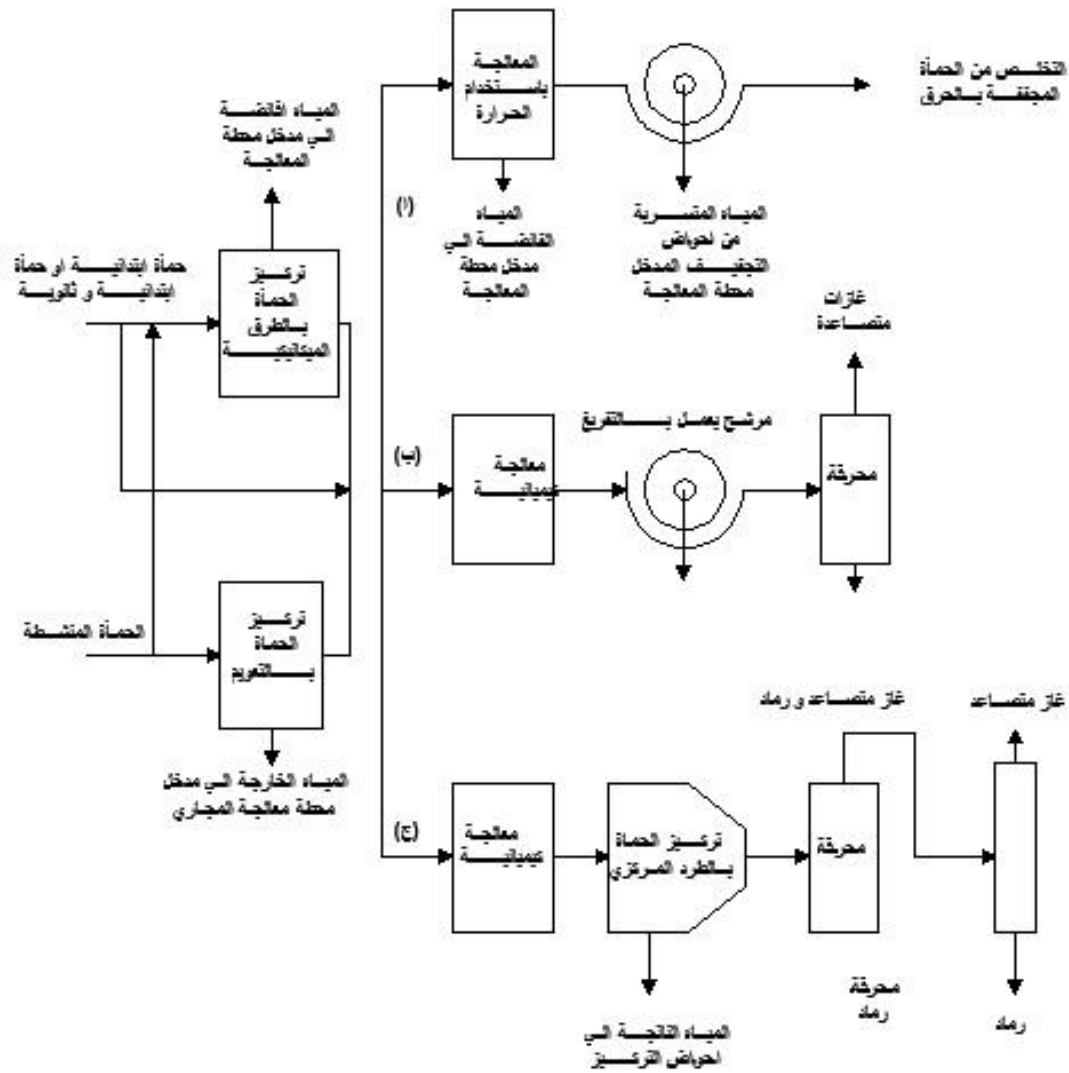
الحمأة الخام



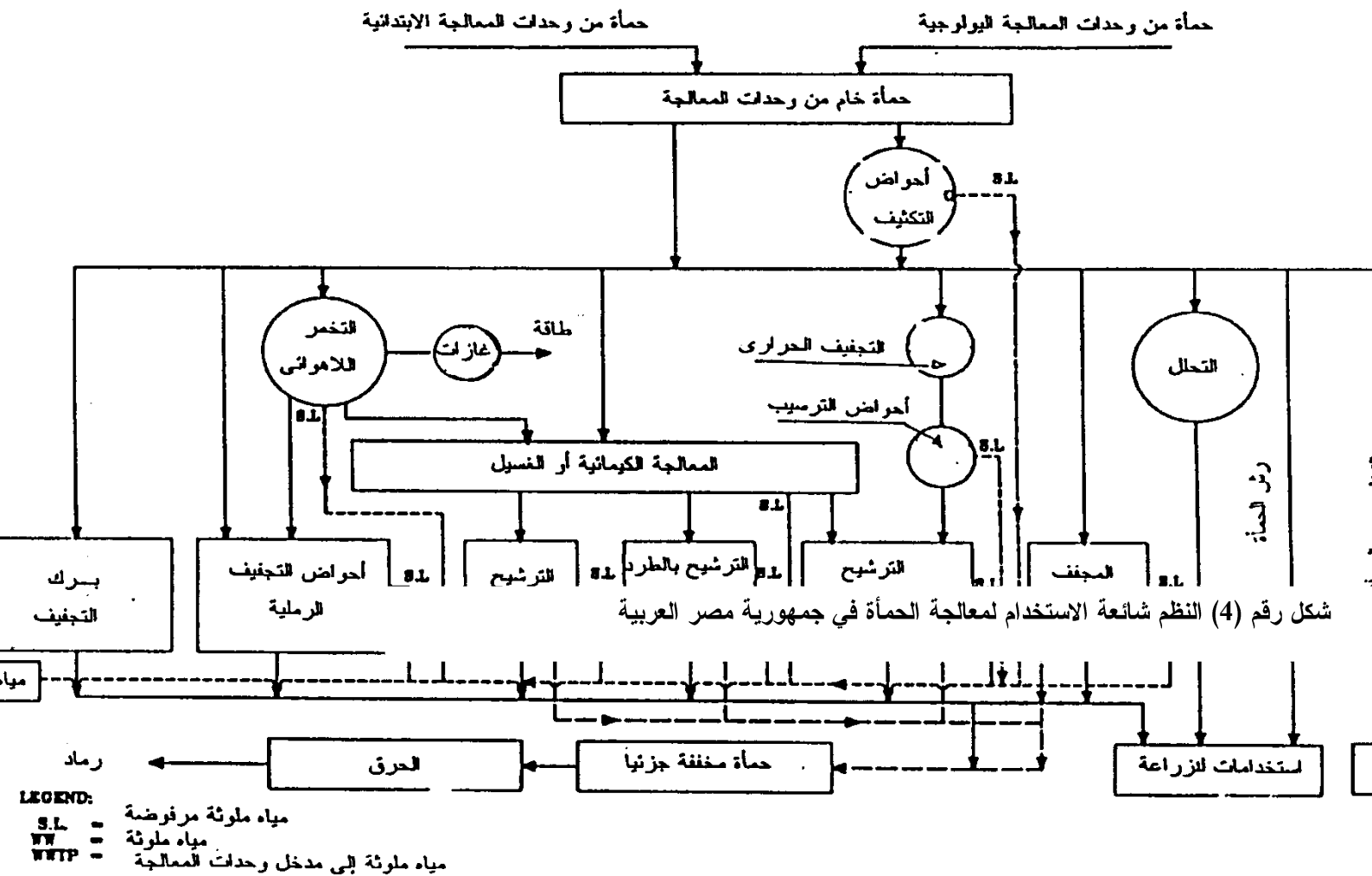
شكل رقم (1) النظم المختلفة لمعالجة الحمأة

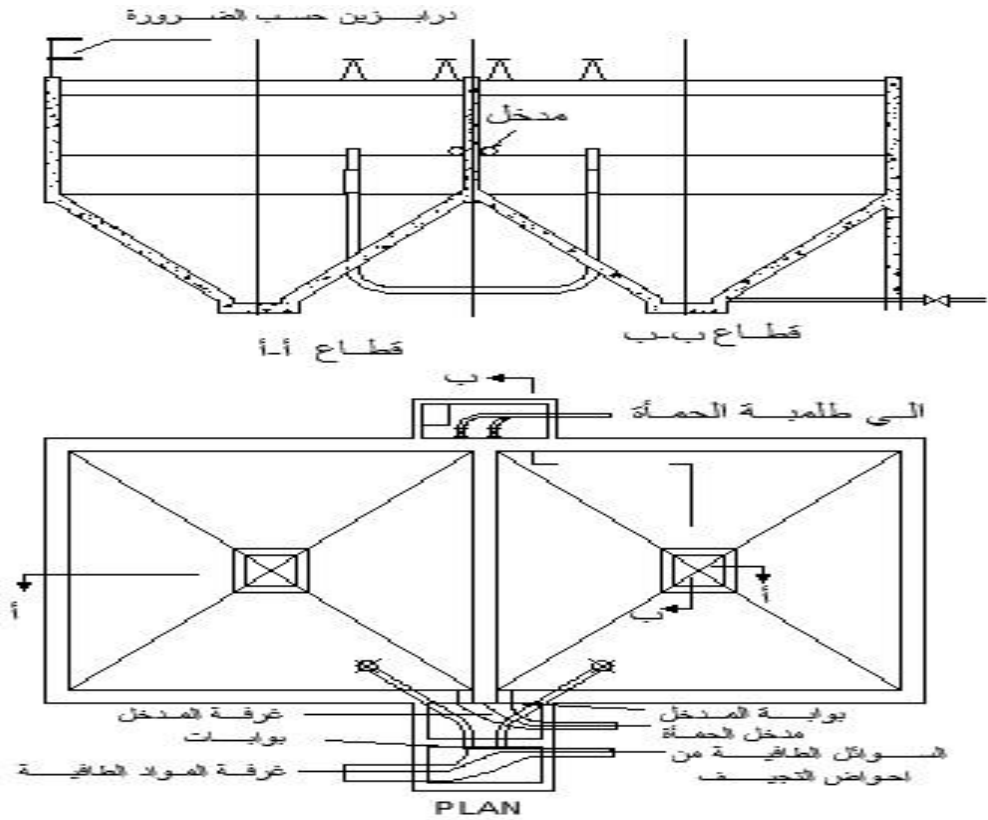


شكل رقم (2) معالجة الحمأة (رواسب الصرف الصحي) بالطرق البيولوجية



شكل رقم (3) معالجة الحمأة (رواسب الصرف الصحي) بالطرق غير البيولوجية





شكل رقم (5) تفاصيل حوض التثقيب (التركيز) المربع الشكل



شكل (6) حوض التثقيب الدائري الشكل

أسس التصميم لأحواض تركيز الحمأة بالجاذبية الأرضية (Thickness)

وفي هذه الأحواض تستخدم أذرع لتقليب الحمأة ببطيء ينتج عنه فصل للمياه وزيادة تركيز الحمأة في الجزء الأسفل من الحوض نتيجة أن الكثافة للحمأة أكبر من كثافة الماء ويتم نزع

المياه الموجودة في الجزء العلوي من حوض التركيز وإعادتها إلى غرفة المدخل بمحطة المعالجة.

مدة المكث

تتراوح بين 1، 2 يوم وتؤخذ المتوسط 1.5 يوم وتتوقف على Sludge Volume Ratio (SVR)

معدل التحميل السطحي

1. حمأة مجمعة من أحواض ترسيب ابتدائي (98 – 147) كجم مواد صلبة/م²/يوم.
2. حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب مرشحات تلامس بيولوجية (49 – 59) كجم مواد صلبة/م²/يوم.
3. حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب أحواض حمأة منشطة (20 – 30) كجم مواد صلبة/م²/يوم.
4. حمأة مجمعة من أحواض ترسيب ابتدائية + حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب أحواض حمأة منشطة (49 – 59) كجم مواد صلبة/م²/يوم.

سرعة دوران الأذرع

1. التحكم في السرعة بحيث لا تزيد السرعة الخطية عند محيط الحوض عن 2 م / الدقيقة.
2. عمق المياه: يتراوح من 2.5 – 3.5 م.
- درجة ميل أرضية الحوض: 6/1 أو 4/1.
- ماسورة سحب الحمأة: لا يقل قطرها عن 150 مم.

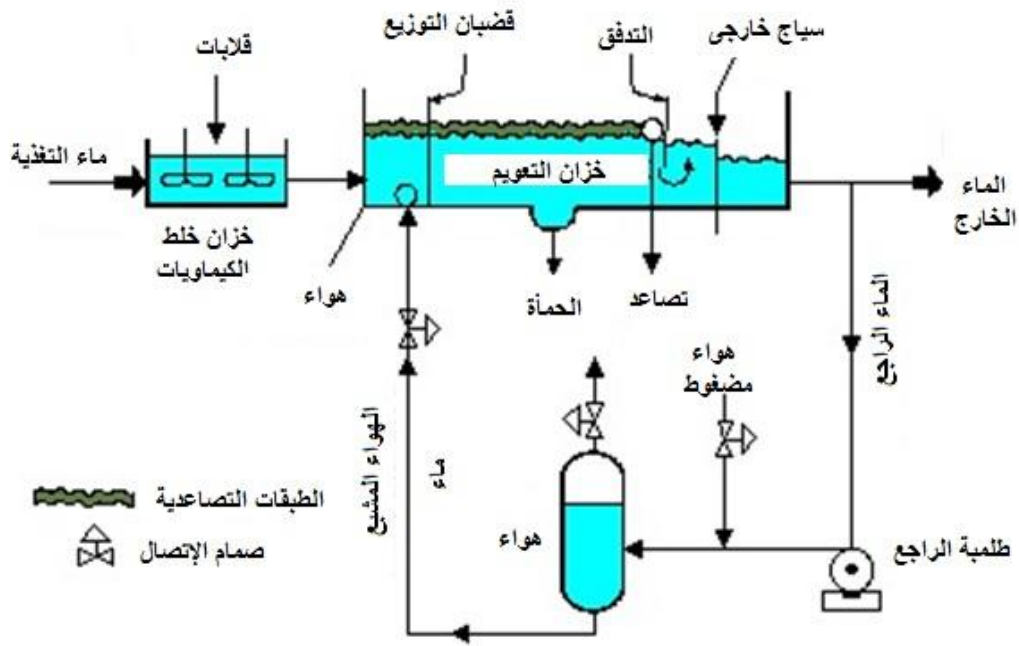
أسس التصميم لأحواض تركيز الحمأة بالتعويم باستخدام الهواء (Air Flotation thickeners)

تستخدم هذه النوعية من الأحواض في محطات المعالجة كبيرة وينتج منها كمية من الحمأة كبيرة ويتم في هذه الخزانات استخدام فقايع من الهواء بحجم معين والشكل رقم (7) يوضح خطوات تشغيل نظام التعويم الهوائي.

استخدام الهواء المضغوط بعرض جزء من الحمأة إلى ضغط يتراوح بين 3-5 كجم/سم². ويجب مراعاة ما يلي:

1. خلط مياه من غرفة الضغط مع الحمأة الخام قبل إدخالها لأحواض التعويم الهوائي.

2. بعد إدخال الحمأة لأحواض التعويم ونتيجة لتخفيف الضغط عليها تطفو المواد الصلبة العالقة نتيجة تشعبها بالهواء وقلة وزنها الحجمي وتكون الحمأة الطافية التي يتم تجميعها باستخدام نظام لتجميع الخبث كما هو موضح بالرسم المرفق.
3. يمكن تحسين كفاءة التشغيل لنظام التعويم الهوائي بإضافة المواد الكيميائية مثل كبريتات الألومنيوم والبوليمرات التي تساعد على زيادة كفاءة فصل المواد الصلبة والتي قد تصل نسبتها إلى 90-98%.



3. تثبيت الحمأة

توجد عدة طرق لتثبيت الحمأة مذكورة بالجدول رقم (1) السابق ذكره وسوف نكتفي بشرح نوعين منها هما التخمر اللاهوائي والتخمر الهوائي.

التخمر اللاهوائي للحمأة

الهدف من عملية التخمر اللاهوائي هو الحصول على حمأة خالية من الميكروبات والجراثيم الممرضة، والحصول على غاز الميثان القابل للاشتعال لاستخدامه كوقود والحصول على حمأة مخمرة لاهوائيا تستخدم كسماد عضوي لأن نسبة تركيز الأزوت بها عالية، وذلك عن طريق تخمير الحمأة لاهوائيا بتخزينها في أحواض خاصة مغلقة، أي لا تتصل بالهواء الجوي فتتنشط البكتريا المتغيرة واللاهوائية وتتحلل المواد العضوية فيتحول جزء كبير منها إلى

غازات تحتوى على 60%-70% غاز الميثان (CH_4) (البیوجاز - الغاز الحيوي) وهو غاز قابل للاشتعال و 25%-30% ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وأيضاً وجود حوالي 1,5% - 3% نيتروجين (N_2).

ومن واقع النتائج المتاحة من تشغيل الكثير من محطات المعالجة في العالم تبين أن عملية التخمير اللاهوائي يمكن إجرائها بطريقتين هما:

الأولى: التخمير اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة.

الثانية: التخمير اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلتين.

التخمير اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة

لتحسين كفاءة التخمير اللاهوائي بطئ المعدل ليصبح سريع المعدل نتيجة تأثير مجموعة عوامل تؤثر في التخمير اللاهوائي وتضم:

1. تأثير درجة حرارة الحمأة (من 30، 40م) على فترة مكثها داخل أحواض التخمير اللاهوائي، وقد أمكن درجة حرارة الحمأة بسهولة عن طريق استخدام السخانات الطاقة الشمسية نظراً لتوفر هذه الطاقة في مصر، أما درجات الحرارة بين 45 - 55 م فتعتبر غير اقتصادية.

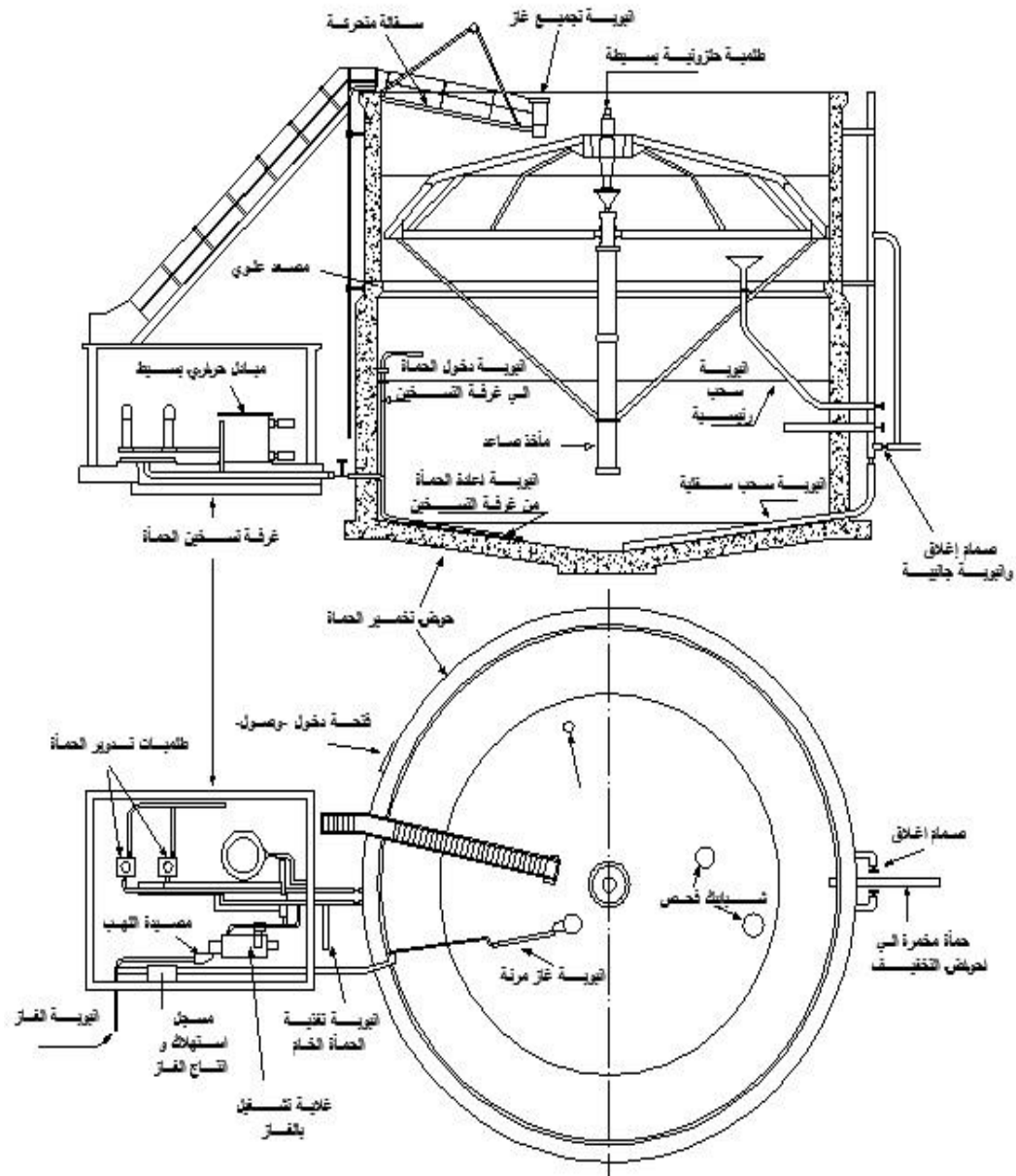
2. تأثير عملية خلط الحمأة داخل أحواض التخمير اللاهوائي.

3. تأثير تركيز الجوامد بالحمأة (بتكثيف الحمأة) على التخمير اللاهوائي.

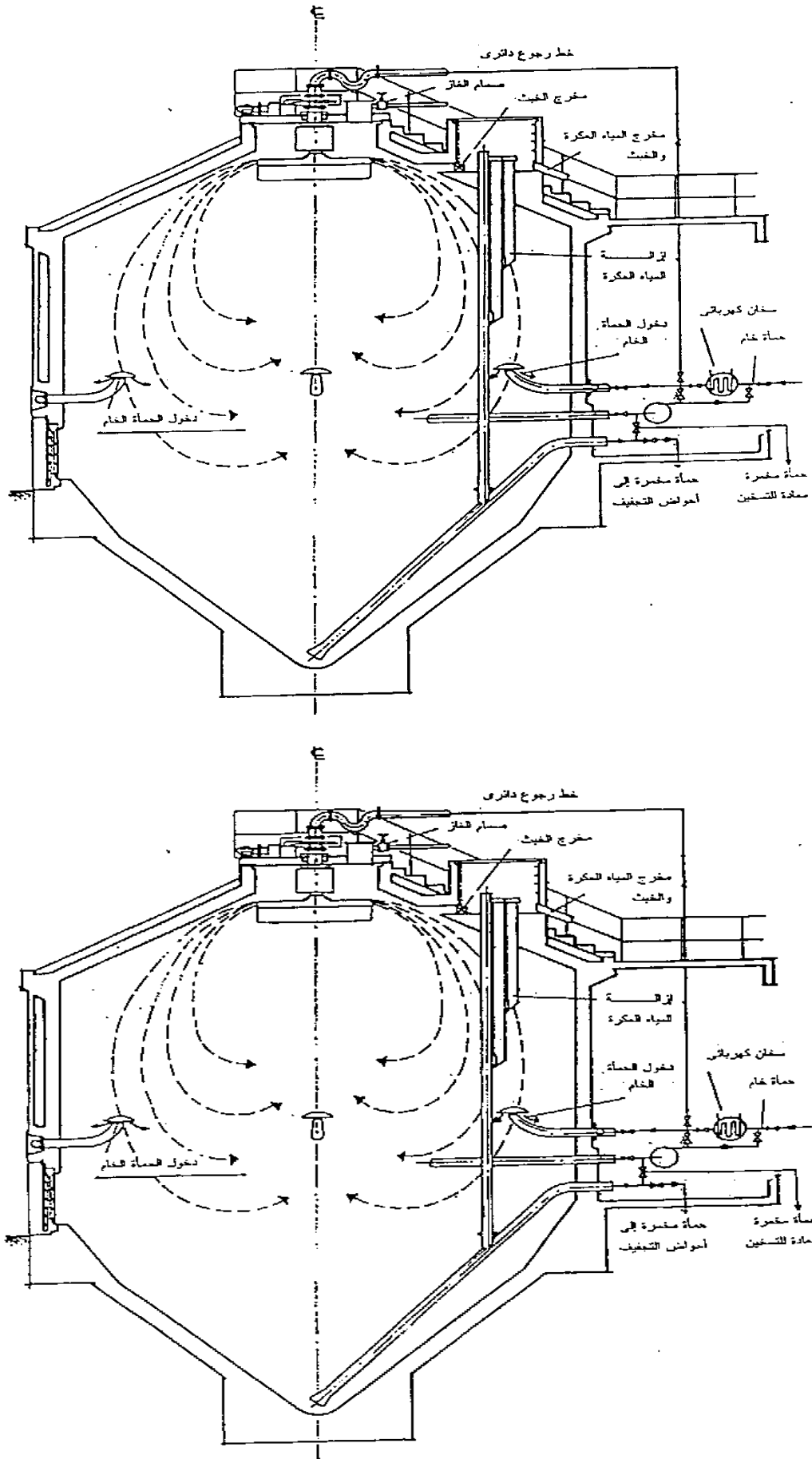
4. تأثير التغذية المستمرة للحمأة الخام على أحواض التخمير اللاهوائي.

ونتيجة للدراسة، أتضح أن تكثيف الحمأة حتى 4% قبل عملية التخمير اللاهوائي يساعد على تقليل حجم الحمأة الداخلة له، كذلك تقليل حجم الحمأة بعد التخمير اللاهوائي إلى 43% من حجمها بعد التكثيف.

ويبين الشكل رقم (8) تفاصيل حوض التخمير اللاهوائي ذو المرحلة الواحدة بغطاء متحرك والشكل رقم (9) بغطاء ثابت.



شكل رقم (8) تفاصيل حوض التخمر اللاهوائي للحمأة ذو المرحلة الواحدة (الغطاء المتحرك)



شكل رقم (9) تفاصيل حوض التخمر اللاهوائي للحمأة ذو المرحلة الواحدة (الغطاء الثابت)

ويجب معرفة خصائص الحمأة بعد عملية التكتيف وتحديد العناصر السامة بها، وكذلك المعادن الثقيلة حتى لا تؤدي إلى موت البكتريا اللاهوائية اللازمة لعملية التخمر اللاهوائي.

التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلتين

في هذا النوع يتم إضافة حوض للتخمر اللاهوائي مشابه للحوض الأول ولكنه يختلف في عدم حاجته لتسخين الحمأة أو تقليبها والغرض الأساسي إعطاء فرصة للتكتيف حيث يتم ترسيب الحمأة المخمرة والمهضومة إلى أسفل الحوض وسحب المياه المرفوضة من النصف العلوي للحوض، وقد تلاحظ أن كمية الجوامد اللازمة لإنتاج غاز الميثان أقل في الحوض الثاني، ومن ثم فإن إنتاج غاز الميثان أقل في الحوض الثاني ولكن بهذه الطريقة أمكن التغلب على مشكلة الخبث والمواد الطافية بالحوض ذو المرحلة الواحدة وكذلك تقليل المواد العالقة الدقيقة في المياه المرفوضة. ونظراً لارتفاع التكاليف المادية لهذا النظام وكذلك الحصول على كفاءة ليست مختلفة اختلافاً كبيراً عن التخمر اللاهوائي ذو المرحلة الواحدة، لذلك سوف يكتفي بالنظام الأول فقط مع التغلب على المشاكل المصاحبة للتخمر اللاهوائي ذو المرحلة الواحدة كما سيرد ذكره فيما بعد، وقد أتضح تأثير ارتفاع درجة حرارة الحمأة على فترة المكث داخل أحواض التخمر اللاهوائي وأيضاً تأثيرها على كمية الغاز الناتجة من هذا التخمر اللاهوائي.

اسس تصميم مخمر الحمأة ذو المعدل السريع

تضاف الحمأة للمخمر ذو المعدل السريع بشكل مستمر ويتم خلطها جيداً بطرق ميكانيكية أو عن طريق إعادة جزء من الغاز الناتج عن عملية التخمر بعد ضغطه ويتم تسخين المخمر لجعله يعمل بأقصى كفاءة في ظروف البكتريا متوسطة الحرارة (البكتريا Methophelic) (درجة مئوية من 10، 40).

حجم المخمر:

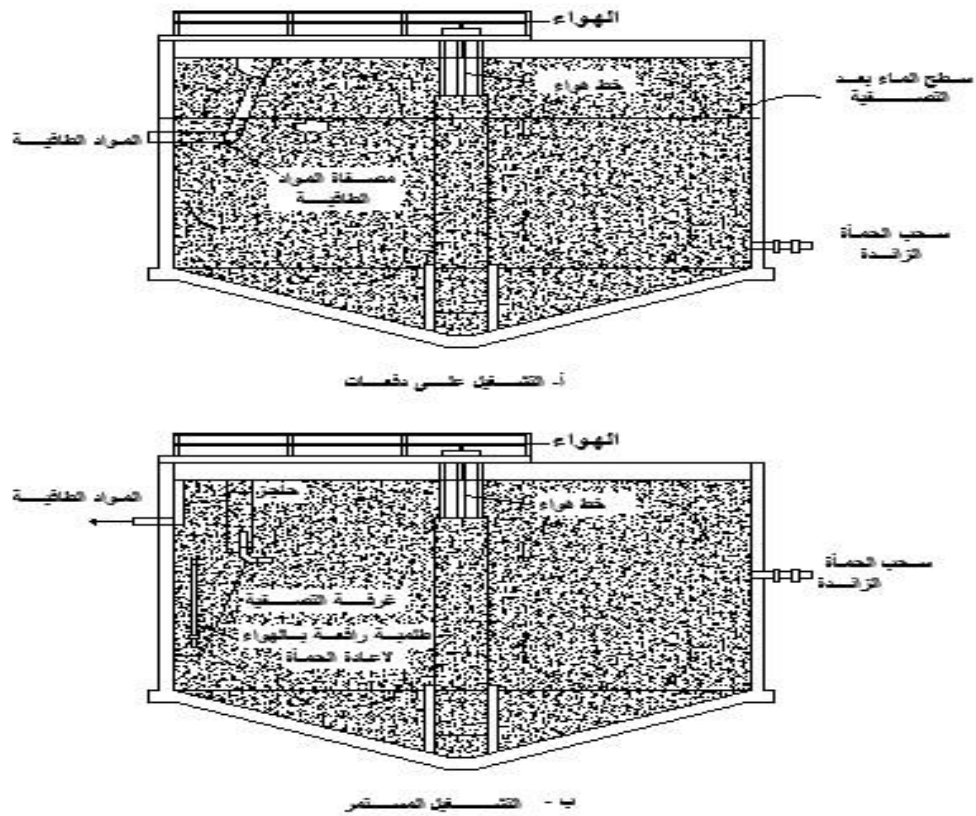
ويستخدم الشكل التقليدي للمخمر الدائري بأقطار تتراوح بين (6-55م) وذلك لمحطات المعالجة سعة 40000م³/يوم فأقل أما محطات المعالجة ذات سعة أكبر من 4000 م³/يوم تزود بمخمرين ذو المرحلة الواحدة كل منها بسعة تسمح بمعالجة الحمأة الناتجة من 3000 م³/يوم من مياه الصرف الصحي الخام على الأكثر.

التخمر الهوائي للحمأة

التخمر الهوائي للحمأة يعتبر كنظام التهوية الممتدة للحمأة المنشطة في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، وتتراوح فترة المكث للتهوية 12 يوماً للحمأة الناتجة من المعالجة الابتدائية و10 أيام للحمأة الناتجة من كل من محطة المعالجة (البيولوجية)، كما أن ارتفاع درجة حرارة الحمأة يساعد على سرعة التخمر الهوائي في التشغيل وتقليل فترة المكث، ومن مميزات التخمر الهوائي للحمأة المرونة في التشغيل وتحمله للأحمال العضوية المفاجئة وخاصة في المخلفات العضوية الصناعية، كذلك انخفاض تكاليف الإنشاء المبدئية بالمقارنة بالتخمر اللاهوائي للحمأة، ولكن من عيوبه الزيادة الكبيرة في تكاليف التشغيل والصيانة، والشكل رقم (10) يوضح تفاصيل أحواض التخمر الهوائي للحمأة.

تحسين الحمأة

نظراً لأن المحتوى المائي للحمأة المكثفة يعتبر كبيراً ويصل إلى 97%-98%، وبمعرفة درجة حرارة الحمأة يمكن تحديد مراحل تبخر المياه بهذا المحتوى المائي، وفي معظم الحالات نجد أن الماء الحر (أ) بالحمأة كما هو موضح بالشكل رقم (11) سهل ترشيحه بمجرد نشر الحمأة على أحواض الترشيح الرملية بمساعدة أشعة الشمس فقط، أما المحتوى المائي المتحد بحبيبات الحمأة (ب) فيجب العمل على تبخيره بالحرارة (التسخين) وبغرض المساعدة على تسهيل عملية سحبه، وهو الهدف الرئيسي من عمليات تسخين الحمأة، إذ أن المقصود بلفظ تحسين (تكييف) الحمأة هو العمل على سرعة قابليتها لفصل المياه منها، ويتم ذلك عن طريق إضافة مواد كيميائية متجلطة أو بغسيل الحمأة أو بالتسخين.

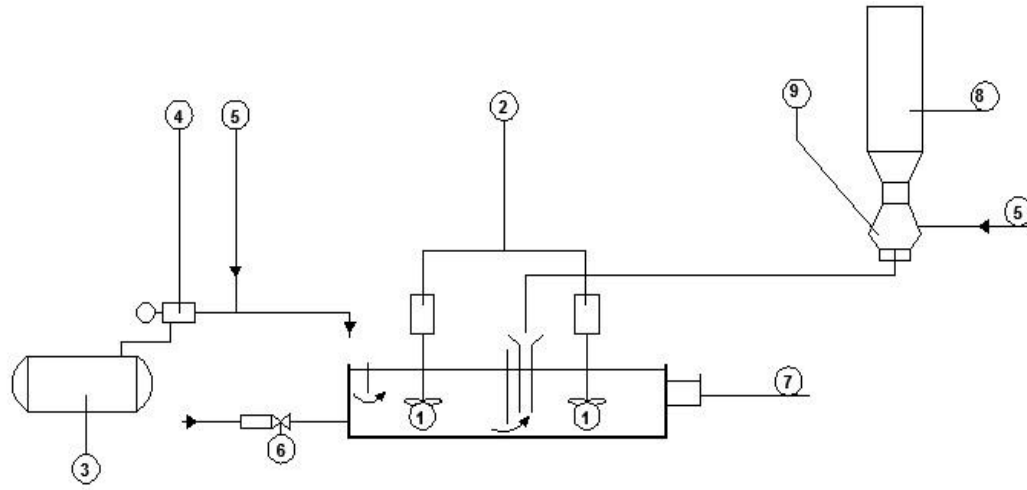


شكل رقم (10) تفاصيل حوض التخمير الهوائي للحمأة

التحسين بالمواد الكيميائية

تم استخدام المواد الكيميائية لتحسين خصائص الحمأة نظراً لنتائجها الممتازة، وهذه المواد الكيميائية تعمل على تخثر المواد الصلبة وفصلها عن المياه، ومن ثم يتم استخدام الطرق الميكانيكية في سحب المياه من الحمأة مثل الترشيح بالخلخلة أو بالقوة الطاردة المركزية بعد تحسين خصائص الحمأة باستخدام هذه المواد المُخثرة مثل كلوريد الحديد $FeCl_3$ ، شكل رقم (12)، والجير (أكسيد كالسيوم CO) وكبريتات الألومنيوم $Al_2(SO_4)_3$ والمواد العضوية المساعدة (البوليمر)، ويفضل إضافة مثل هذه المواد على هيئة محلول (الطريقة الرطبة) لسهولة أعمال المناولة والتحضير والتحكم، ويجب أن تخلط هذه المواد الكيميائية المُخثرة جيداً مع الحمأة.

كما يمكن تحديد جرعتها معملياً علماً بأنه كلما زادت جرعة المواد الكيميائية زادت التكاليف الاقتصادية، كما أن بعض المواد الكيميائية المُخثرة مثل الجير قد تزيد من صعوبة سحب المياه من الحمأة، وذلك لأن الجير شره جداً للماء ونتيجة لعمليات التحسين يتم خفض المحتوى المائي بنسبة كبيرة في الحمأة .



- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- أحواض التثقيب | 6- صمام عظمية التغذية الاتوماتيكي |
| 2- وحدات التثقيب الكهربائية متوازية | 7- صي كستر التفريغ |
| 3- خزان كلوريد الحديدية | 8- مخزن الجير و معدات التسيل |
| 4- مضخة الجرعات | 9- مضخة الجرعات |
| 5- ماء التثقيب | |

شكل رقم (12) رسم تخطيطي لوحداث تحسين الحمأة باستخدام المواد الكيميائية مثل كلوريد الحديد

التحسين بغسيل الحمأة

وتتلخص هذه العملية في إضافة ماء نظيف نسبياً إلى الحمأة بما يعادل ضعفها أو أكثر، ثم تترك الحمأة بأحواض التكتيف (التركيز) لكي تترسب المواد العالقة بقاع الحوض بينما يخرج الماء الملوث والرائق نوعاً ما من أعلى الحوض.

وتتم عملية غسيل الحمأة بمزج الماء مع الحمأة لمدة عشرة دقائق في الحوض، أما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط، ثم يترك الخليط في حوض التركيز كما سبق الإشارة إليه لترسيب المواد العالقة إلى القاع، وتتراوح نسبة الحمأة إلى المياه المضافة من 1: 1.5 إلى 1: 4.5، ومن مميزات عملية غسيل الحمأة ما يلي:

1. عدم الاحتياج إلى استعمال الجير مع كلوريد الحديد.
2. خفض حوالى 60% - 70% في كمية كلوريد الحديد المستعملة.
3. زيادة قابلية الحمأة للترشيح.
4. خفض نسبة الرماد في الحمأة المجففة.

تجفيف أو سحب المياه من الحمأة (ترشيح الحمأة)

المقصود بعملية التجفيف هو جعل نسبة المياه في الحمأة صفراً، وذلك عن طريق وضعها في أفران التجفيف ولكننا هنا سوف نذكر كلمة التجفيف باستخدام بعض الأحواض والعمليات وذلك بغرض تقليل المحتوى المائي لأقل درجة ممكنة.

ويمكن نقلها بطريقة اقتصادية وسهلة إلى مناطق التخلص النهائي لاستخدامها كمادة ردم للأراضي المنخفضة أو استخدامها كسماد عضوي، وهو الاستخدام الأمثل والاقتصادي والأكثر شيوعاً وخاصة للأراضي الرملية ومناطق الاستصلاح الجديدة في جمهورية مصر العربية.

ويمكن تلخيص طرق (التجفيف) شائعة الاستخدام كما يلي:

التجفيف الطبيعي للحمأة

وطريقة التجفيف الطبيعي هي المستخدمة في جمهورية مصر العربية في جميع عمليات المعالجة، وتعتبر من أفضل العمليات من الناحية الاقتصادية سواء في التكلفة الإنشائية أو تكلفة التشغيل والصيانة، وتعتمد طريقة التجفيف (الترشيح) هذه على تسرب جزء من المياه خلال الطبقات المسامية (الرمل والزلط) إلى أسفل أحواض الترشيح، بينما يتبخر جزء آخر من الماء من سطح الأحواض المعرضة للهواء وأشعة الشمس ودرجة الحرارة المرتفعة والمتوفرة في مناخ جمهورية مصر العربية كما هو موضح بالشكل.



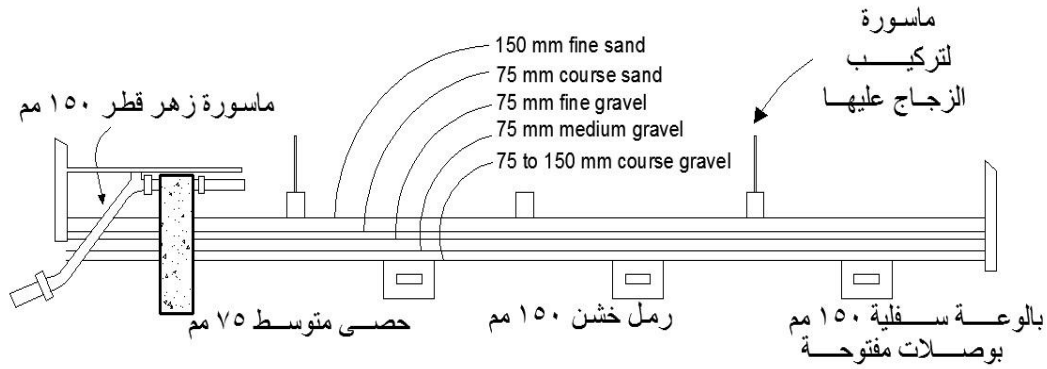
صورة رقم 1-13 أحواض التجفيف الرملية

أحواض التجفيف الرملية العادية

تتم عملية التجفيف بالاعتماد على التبخير الطبيعي للمياه وذلك بنشر الحمأة في الأحواض، وتزود الأحواض بنظام صرف سفلي مغطى بطبقة من الصخور المجروشة تعلوها طبقة من الزلط، والأخيرة تعلوها طبقة من الرمال بسمك يتراوح بين 15 - 20 سم.

إرشادات تشغيل أحواض التجفيف الرملية العادية

1. في بداية تشغيل الأحواض من الواجب تفكيك تجمعات الرمال المتماسكة في طبقة الرمال باستخدام شوكة الحمأة (يتراوح طول أظافرها بين 20 - 30 سم)، حيث توضع الشوكة في رمال الحوض ويتم تحريكها للأمام وللخلف عدة مرات من أجل تفتيت التجمعات المتماسكة من الرمال، مع ملاحظة عدم خلط طبقة الرمال بالزلط. وعقب استكمال عمليات التفتيت يتم تسوية سطح طبقة الرمال باستخدام شوكة التسوية، ثم باستخدام الزحافات المشدودة إلى الحبال لتأمين استواء ونعومة سطح طبقة الرمال.



شكل رقم (13) -2 تفاصيل أحواض الرمال لتجفيف وترشيح الحمأة (المحطات الكبيرة)

2. يتم سحب الحمأة من أسفل أحواض الهضم إلى أحواض التجفيف ببطء، وذلك لتجنب إحداث ضغط سالب في أحواض الهضم وأيضاً لتجنب سحب الحمأة ذات التركيز المنخفض، حيث أن الحمأة ذات التركيز المرتفع تتميز ببطء حركتها.

3. يجب أخذ عينات من الحمأة المسحوبة إلى أحواض التجفيف عند بداية السحب وعند امتلاء نصف الحوض وقبل استكمال ملئ الحوض مباشرة، وتجرى عليها اختبارات لتحديد كمية المواد الصلبة الكلية والمتطايرة الموجودة بها.

4. عادة ما يكون عمق طبقة الحمأة حوالي 30 سم، ويمكن أن يصل إلى 45 سم في المناطق الجافة، وعند زيادة العمق عن هذا فمن المتوقع زيادة الزمن اللازم لعملية التجفيف.

5. إذا انخفضت كفاءة الحوض فيجب القيام بعملية غسيل وتنظيف لخط سحب الحمأة بالماء لمنع التصاق المواد الصلبة به، مع ترك أحد نهايتي الخط مفتوحة لضمان تسرب الغازات التي قد تتكون.

6. في الأجواء الحارة يمكن أن تتم عملية التجفيف في أربعة أسابيع عند استخدام رمال جيدة، وتساعد معدلات التبخير الكبيرة على تجفيف الحمأة وتشققها بالأحواض.

7. من العيوب الرئيسية لأحواض التجفيف عدم إمكانية استخدام المعدات الثقيلة كلوادر الكسح وغيرها لتفريغها خوفاً من تدمير شبكة الصرف السفلية، كما قد يؤدي استخدام المعدات الثقيلة إلى اختلاط طبقات الرمال والزلط والصخور، أو كسح كمية من الرمل مع الحمأة الجافة الأمر الذي يحتم تعويضها.

ويمكن وضع بعض الألواح الخشبية مقاس 5 سم × 30 سم عبر أحواض الرمال لتسمح لسيارة نقل صغيرة، أو رافعة خفيفة بالتحرك عليها ورفع كتل الحمأة الجافة ونقلها إلى المواقع المخصصة لها.

تتراوح طبقة الحمأة الجافة بين 7 - 15 سم ويزيد وزنها في حالة احتوائها على بعض الرمال، ويمكن للقائم على التشغيل تقدير حجم الحمأة الجافة بالمتر المكعب بمعلومية سُمْك طبقة الحمأة بعد جفافها والمساحة السطحية لأحواض التجفيف، أما وزن الحمأة الجافة فيمكن حسابه بالاستعانة بنتائج تحليل العينات المأخوذة عند سحب الحمأة.

الأحواض الإسفلتية لتجفيف الحمأة

تم استخدام هذا النوع من الأحواض حديثاً لما له من مميزات عديدة، يمكن تحقيقها إذا تم تصميمه وتشغيله بدقة. ويُنشأ هذا النوع من الأحواض من الأسفلت وله جانبيين مائلين إلى مجرى تصريف جهة الوسط بعرض 30 سم، ويمتد مجرى التصريف بطول الحوض ويزود بمواسير تصريف 7.5 أو 10 سم عند القاع مغطاة بالصخور والزلط والرمل مثل أحواض التجفيف العادية، وعند نهاية الخط توضع عادة طبة تنظيف وصمام تحكم في الانسياب الخارج من الحوض.

إرشادات تشغيل أحواض الإسفلتية لتجفيف الحمأة

عند بدء استخدام الحوض يدفع تيار من الماء النقي في خط التصريف عقب إزالة الطبة التي يعاد تركيبها بعد إجراء عملية تنظيف الخط.

يوصى بإغلاق صمام التحكم في الصرف حتى يمتلئ الخط وترتفع المياه وتتخلل طبقات الصخور والزلط لتغطي سطح الرمل بهدف منع تسرب الرمال مع الحمأة، ثم يسمح بعد ذلك بدخول الحمأة إلى الحوض.

ويمكن أن يستقبل هذا النوع من الأحواض حمأة يتراوح عمقها بين 45 - 60 سم.

ويتم أخذ عينات من الحمأة المسحوبة في أحواض التجفيف الإسفلتية كما في أحواض التجفيف العادية، بالإضافة إلى عينة أخرى يستهدف اختبارها معرفة الزمن الذي تحتاجه الحمأة للطفو على سطح العينة خلال الـ 36 ساعة الأولى من العملية، ويتم ذلك باستخدام إناء زجاجي معد خصيصاً لهذا الغرض، وبملاحظة عينة الحمأة داخل الإناء الزجاجي يمكن مشاهدة ارتفاع الحمأة إلى القمة في البداية وذلك بفعل الغازات المصاحبة لها، ثم تعود فترسب وتهبط إلى القاع من جديد بعد فقدانها لتلك الغازات. وعندما تنفصل الحمأة وترتفع إلى أعلى الوعاء تكون الحمأة الأصلية طافية في نفس الوقت على سطح حوض التجفيف، وعندئذ لا بد من فتح صمام

التحكم لتصريف السائل المتجمع في مصافي الحوض قبل هبوط الحمأة مرة أخرى، وغالباً ما يعاد هذا السائل إلى أحواض الترسيب الابتدائية.

وعند بدء ظهور التشققات في طينة الحمأة يمكن تقليل الوقت اللازم للتجفيف بتسيير سيارة خلال الحوض لخلط الحمأة، وعند جفاف الحمأة تماماً يستعمل لودر لكسحها وتنظيف الحوض.

وتتميز الأحواض الإسفلتية بفاعليتها المرتفعة بالمقارنة بالأحواض العادية، حيث يمكنها أن تعالج ضعف أو ثلاثة أضعاف الكمية المعالجة في الأحواض العادية في نفس الفترة الزمنية.

إلا أنه بجانب طريقة التجفيف الطبيعي للحمأة هناك عدة طرق أخرى تعتمد على نظرية الترشيح مستخدمة في مصر على نطاق محدود يطلق عليها طرق الترشيح الميكانيكي، وذلك باستخدام بعض المعدات الميكانيكية لسحب المياه من الحمأة أو عصر الحمأة (الرواسب) كما هو موضح بالشكل رقم (14).

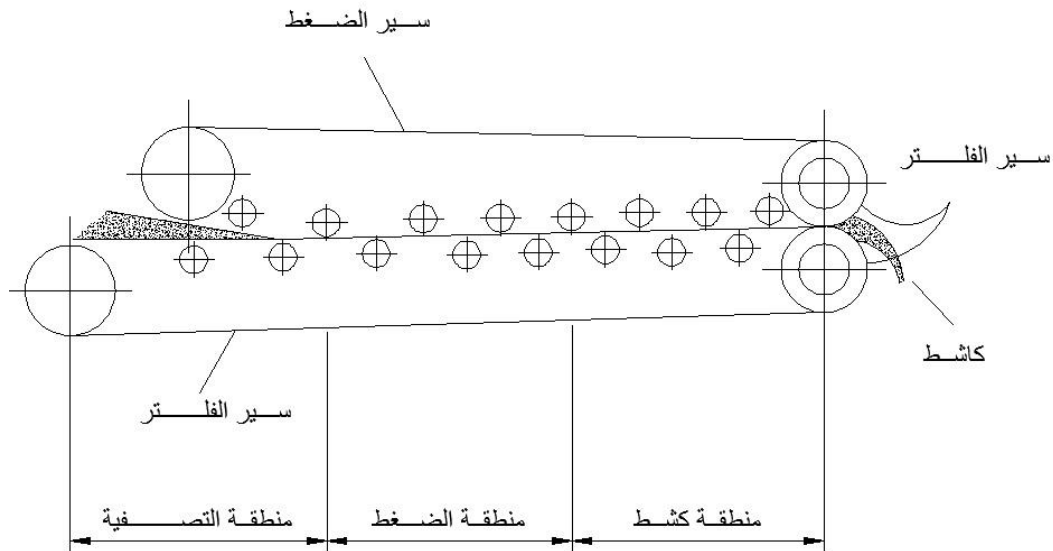
وبمقارنة التجفيف الطبيعي والتجفيف الميكانيكي نجد أن التجفيف الطبيعي يتميز بعدم تغير نوعية المخلفات الصلبة (الحمأة) المطلوب ترشيحها، إلى جانب انخفاض التكاليف الإنشائية وتكاليف الصيانة والتشغيل والطاقة اللازمة للتشغيل، بالإضافة إلى عدم الحاجة إلى استخدام المواد الكيميائية المجلطة للمساعدة في عملية الترشيح وذلك يناسب الظروف المصرية نظراً لتوفر المساحات المطلوبة للترشيح الطبيعي، وأيضاً توفر الطاقة الشمسية وقلة تكلفة الأيدي العاملة.

فصل المياه من الحمأة باستخدام المعدات الميكانيكية (Mechanical Dewatering)

عند استخدام المعدات الميكانيكية لفصل المياه من الحمأة لا بد من استخدام المواد المروبة (Coagulants) سواء كانت بوليميرية أو كيميائية.

ويستخدم لذلك عدة طرق منها

1. مرشحات الحمأة التي تعمل بالتفريغ.
2. مرشحات الحمأة التي تعمل بالضغط (Filter pressing).
3. جهاز الطرد المركزي (Centrifugal).



شكل رقم (14) تفاصيل المرشح بسيور الضغط (الترشيح) الميكانيكي لتقليل المحتوى المائي لتجفيف الحمأة

مرشحات الحمأة التي تعمل بالتفريغ: (Belt Pressing)

تتكون من اسطوانة دواره مركب عليها وسط ترشيحي (Belt) يتم تصنيعه من إحدى المواد الآتية:

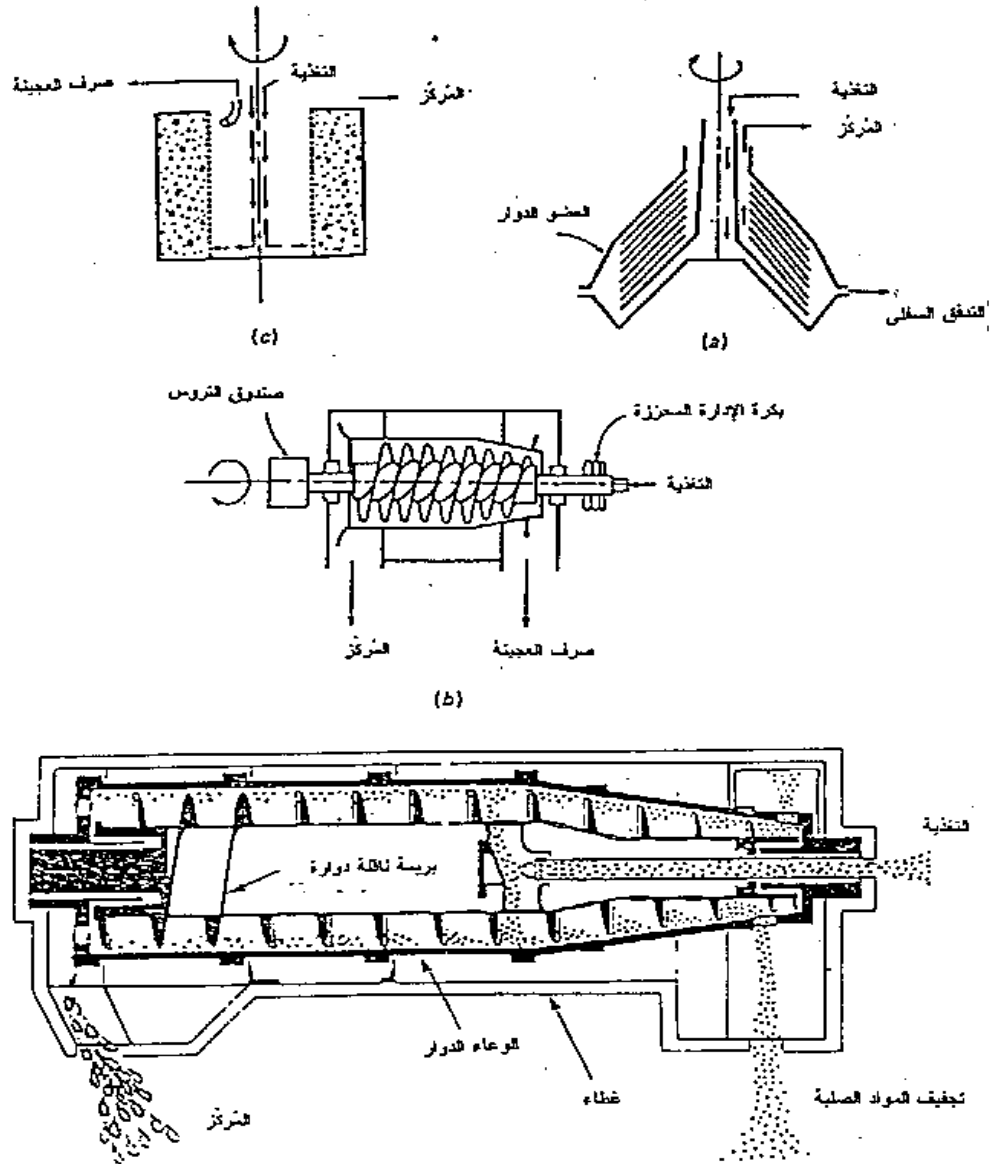
1. الصوف، التيل، اللباد، الألياف الصناعية، البلاستيك.
2. شبكة من الصلب الغير قابل للصدأ.
3. لفائف من البايات الصلب الغير قابل للصدأ.

بالإضافة إلى الأجزاء الآتية:

1. مضخات التفريغ الهوائي.
2. مضخات المياه المرشحة.
3. مصائد الرطوبة.
4. خزان المياه المرشحة.
5. سير دوار لنقل الحمأة بعد فصل المياه منها.
6. شبكة مواسير وصمامات لنقل الحمأة والمياه المرشحة.



شكل رقم 14 ماكينة تجفيف الحمأة باستخدام سيور الترشيح الضاغطة



شكل رقم (15) تجفيف الحمأة بالطرد المركزي

أسس التصميم لمرشحات الحمأة

معدات الترشيح:

1. 10 كجم / م² ساعة لفصل الحمأة المخمرة.

2. 50 كجم / م² ساعة لفصل حمأة أحواض الترسيب الابتدائي.

وعادة يستخدم معدل ترشيح يساوي 15 كجم / م² ساعة.

سرعة الأسطوانة:

(7 - 40) لفة / ساعة.

ضغط التفريغ

500 - 650 مم زئبق.

عدد ساعات التشغيل

1. 30 ساعة / أسبوع في محطات المعالجة الصغيرة > 5000 م³ / يوم.

2. 20 ساعة / يوم في المحطات الكبيرة.

نسبة الرطوبة في الحمأة المرشحة

1. 80% في الحمأة الخام.

2. 70% في الحمأة المخمرة من أحواض الترسيب الابتدائية.

مرشحات الحمأة التي تعمل بالضغط (Filter Pressing)

يحتوى المرشح الضاغط على مجموعه من الألواح المعدنية المربعة والمفرغة من الداخل ويتم تثبيت قطع من قماش الترشيح بين الألواح، ويتم وضع الحمأة في الفراغات الموجودة بين الألواح وقماش الترشيح وأسس تصميم مرشحات الحمأة هي كما يلي:

1. يصل المرشح تحت ضغط يساوي 4-12 كجم / سم².

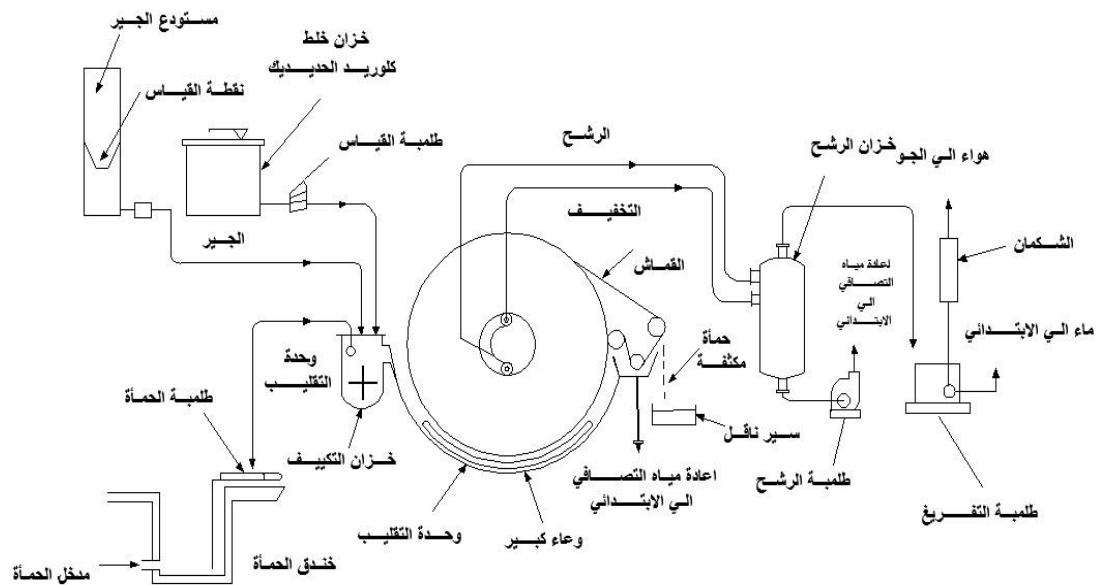
2. زمن التشغيل 1-3 ساعة.

3. نسبة الرطوبة بعد الترشيح 55 - 70%.

الترشيح بالخلخلة لتجفيف الحمأة

وفي السنوات الأخيرة استخدمت أساليب جديدة لتطوير طريقة الترشيح بالخلخلة، ويتم ذلك بمساعدة سحب الهواء من أسفل قاع أحواض الترشيح وبنشاً قاع هذه الأحواض من ألواح مصنعة من حبيبات الزلط أو مادة السيليكون مع الاحتفاظ بالفراغات وخلطها بمادة الأوكسي لتتماسك بينها حبيبات الزلط، ثم توضع هذه الألواح (بالقاع) على طبقة زلطيه متوسطة الحجم في أحواض ترشيح خرسانية غير منفذة للهواء إلا من خلال مسامية هذا القاع (الألواح)، ويتم وضع الحمأة المكثفة على أحواض الترشيح بمعدل ثابت محدد طبقاً للتجارب العملية، والذي يتوقف على مسامية الألواح لقاع المرشح بالخلخلة لتجفيف الحمأة.

ثم تترك لفترة زمنية على الألواح التي تعمل كمصفاة أو مرشح وتتسرب كمية المياه من خلال مسامية الألواح لتتجمع في بيارة ظلمبات سحب أيضاً، لتضخ مرة أخرى إلى مدخل وحدات معالجة الصرف الصحي نظراً لشدة تلوثها، والشكل رقم (16) يوضح تفاصيل المرشح بالخلخلة الأسطواني وذلك باستخدام سيور قماشية.



شكل رقم (16) تفاصيل المرشح بالخلخلة الأسطواني

كما أن سحب الهواء من أسفل الأحواض يقلل من زمن الترشيح وبمجرد أن يتشقق سطح المواد المتخلخة على الألواح ويتسرب الهواء من مسامية الألواح تنتهي عملية سحب الهواء، وبالتالي يصبح تركيز المواد الصلبة بالحمأة المتبقية على سطح الألواح في حدود 20% مما يسهل من تجميعها ونقلها إلى مكان التهوية والتخزين (التحلل) لحين التخلص النهائي أو الاستفادة منها. ولما كان من أهم عيوب طرق الترشيح الطبيعية استخدام مساحات كبيرة من الأرض، وبالتالي فإن عدم توافر الأراضي بالمساحة المطلوبة، والبعد المناسب عن المدن

تصبح مشكلة كبيرة كما هو الحال بالنسبة لمحطات المعالجة بمنطقة وسط الدلتا ومدينة الإسكندرية، حيث لا تتوافر مساحة الأرض التي تقي بالغرض المطلوب إلا على مسافات أكبر من 50-70 كيلومتر من المدينة، مما يتطلب ضخ الرواسب إلى مسافات كبيرة فتصبح طريقة الترشيح الطبيعي غير اقتصادية، مما يؤدي إلى التفكير في استخدام طرق أخرى مثل طريقة الترشيح الطبيعي بمساعدة سحب الهواء (الخلخلة) والتي تقوم على نفس أسس طرق الترشيح الطبيعي الأخرى من تسرب وتبخر.

التجفيف بكبس الحمأة في قوالب

في هذه الطريقة يتم ترشيح المياه من الحمأة بضغطها بين طبقتين من القماش المسامي تنفذ منه المياه وتبقى الرواسب على شكل قوالب فيما بين طبقتي القماش، على أنه يجب رفع المياه المتسربة من القماش إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتعالج مع المخلفات السائلة وذلك نظرا لشدة تلوثها.

والمرشح المستعمل يحتوى على مجموعة من الأقراص المربعة المعدنية المجوفة على أن يوضع القماش فيما بينها، وبأحد أركان كل قرص ثقب دائري متصل بالفراغ - داخل القرص بفتحة صغيرة - فإذا ما ضمت هذه الأقراص على بعضها، تكون مجموعة الثقوب ماسورة تضغط فيها الحمأة لتدخل منها خلال الفتحات إلى التجويف داخل الأقراص، وتحت الضغط تنفذ المياه خلال القماش فتخرج من فتحة أخرى في القرص إلى ماسورة المخرج التي تتكون من مجموعة من الثقوب في ركن آخر من أركان الأقراص المضمونة على بعضها.

ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة أن يسبقها معالجة للحمأة بأن يضاف إليها من 3% إلى 5% من وزنها جير، كما يلزم أن يصل الضغط إلى حوالى 7.5 كيلوجرام/ السنتيمتر المربع.

تجفيف الحمأة بالطرد المركزي

ويتم ذلك بوضع الحمأة في أسطوانة ذات جدران مسامية، وتدور هذه الأسطوانة بسرعة 750 لفة في الدقيقة - مما ينتج عنه اندفاع الحمأة إلى الجدران بفعل القوى الطاردة المركزية - فينفذ جزء من السائل خلال مسام الجدار بينما تبقى الرواسب مع بعضها السائل داخل الأسطوانة حيث يزال، ولا تستعمل هذه الطريقة بكثرة، كما أن الرواسب المذالة من داخل

الأسطوانة تحتوى على حوالى 75% من وزنها ماء، وطرق الترشيح بالطرد المركزي موضحة بالشكل.



صورة رقم 17 لمعدة التجفيف باستخدام الطرد المركزي

كمر الحمأة

هي عملية تحلل بيولوجي للمواد العضوية، وقد استخدمت عملية الكمر لسنوات عديدة للحصول على سماد جاف منخفض الرائحة ومهضوم نسبياً، فعند كمر السماد الجاف ترتفع درجة حرارته إلى (50 - 70) درجة مئوية فتتعرض البكتيريا الممرضة للقتل، كما تهدف عملية الكمر أيضاً إلى تقليل الرطوبة حيث ينخفض تركيز المواد العضوية الطيارة.

أنواع الكمر

يوجد نوعان من الكمر هما: هوائي - لاهوائي، ويتميز النظام الهوائي بانخفاض تركيز الروائح الناتجة منه مقارنة بالكمر اللاهوائي، وتتم عملية الكمر الهوائي بتقليب محتويات الحمأة أو تهويتها بمصدر هواء خارجي أو بنظام مشترك.

مراحل عملية الكمر

تمر الحمأة المكمرة على ثلاث مراحل:

مرحلة الكمر عند درجة حرارة منخفضة (40 درجة مئوية) وتسمى ميزوفيلك.

مرحلة الكمر عند درجة حرارة مرتفعة (40- 70 درجة مئوية) وتسمى ثرموفيلك.



صورة رقم 18 توضح الحمأة الجافة بعد عمليات الكمر

مرحلة التبريد

وتصاحب المرحلة الأولى ظهور بكتيريا حمضية وبعض الفطريات، وتصاحب المرحلة الثانية ظهور بكتيريا أخرى تسمى بكتيريا وفطريات ثرموفيلك، وفي هذه المرحلة يتم تكسير وهضم الحمأة الجافة تماما، أما مرحلة التبريد فينخفض فيها نشاط البكتيريا الممرضة وتحل بكتيريا المرحلة الثانية محل بكتيريا المرحلة الأولى، مع انخفاض مستوى الرطوبة وكذا استقرار الرقم الهيدروجيني، وتستخدم بعض الأصناف للمساعدة في عملية الكمر مثل قش الأرز ونشارة الخشب.

مدة الكمر

عند استخدام مصدر هواء خارجي:

يتم التقلب لمدة 25 يوم ثم يترك ساكنا لمدة 30 يوما أخرى على هيئة كومة بارتفاع 2.5 متر ثم تغطى بطبقة من التراب أو الرمل لعزله تماما.

عند الكمر في خنادق مكشوفة

يتم التقلب لمدة 25 يوما بمعدل خمس مرات ثم يترك 30 يوما أخرى مع تغطيته أيضا بالأتربة وتشون على هيئة هرم قاعدته 3 متر وارتفاعه 1.5 متر وتصل درجة الحرارة عندئذ إلى 55 درجة.





صور رقم 19 مصفوفة الحمأة وعمليات التقليل الميكانيكي

طرق التخلص من الحمأة

يتم التخلص من الحمأة المجففة بالطريق الآتية:

1. استعمال الحمأة المجففة كسماد.
2. حرق الحمأة المجففة.
3. صناعة الاسمنت (تستخدم كمصدر للطاقة الحرارية)
4. دفن الحمأة

استعمال الحمأة المجففة كسماد

بعد إزالة الرواسب المجففة من أحواض التجفيف الرملية تخزن على شكل أكوام مربعة - مستوية السطح بارتفاع حوالى متر - ثم تغطى بطبقة من الرمل بسمك حوالى ثلاثة سنتيمترات لمنع احتمال توالد الذباب على سطحها، على أن تترك هذه الأكوام لمدة تتراوح من 20 إلى 40 يوم، وتتعرض اثناءها للتخمير الجزئي الذى يرفع درجة حرارتها إلى حوالى سبعين درجة مئوية، وذلك بفعل البكتيريا والرطوبة الباقية في الرواسب، وتساعد هذه الحرارة على قتل ديدان الذباب قبل اكتمال نموها كما تساعد على الحد من بويضات الديدان الطفيلية، وبعد هذه الفترة الزمنية يباع للزراع كسماد بلدي يحتوى على المواد التالية:

1. مواد عضوية بنسبة 55 - 75%
2. مواد غير عضوية 25 - 45%
3. زيوت ودهون 5 - 25%
4. بروتين 5 - 20%
5. أمونيا (أزوت) 1 - 3%
6. فسفور 0,5 - 1,5%

أما الحمأة المجففة بالطرق الميكانيكية أي بالترشيح التفريغي أو بالترشيح بالضغط أو بالآلات ذات القوة الطاردة المركزية والتي سبق شرحها، فإنها لا تزال تحتوى مياه بنسبة حوالى 75% من وزنها، ولذلك يجب استكمال ترشيحها قبل التصرف فيها كسماد بلدي، ويتم استكمال الترشيح بإدخال الرواسب في أفران يمر بها الهواء الساخن في درجة 1500-2000 درجة مئوية، وهذا يكفي لخفض نسبة الماء إلى حوالى 20% من الوزن الكلى، وهو ما يعتبر رواسب جافة، على أن يتم طحن الرواسب ثم تعبئتها في أكياس وتباع كسماد بلدي.

حرق الحمأة بعد تجفيفها

بعد أن يتم تجميع الرواسب المجففة بإحدى الطرق السابقة، وعند تعذر استخدامها كسماد عضوي في المناطق الزراعية المجاورة من الممكن أن يتم حرقها في أفران خاصة، وتستعمل الحرارة الناتجة من الحريق لتسخين المياه في الغلايات أو استخدامها للتدفئة، ويفضل تقليل المحتوى المائي من الحمأة مرة أخرى قبل حرقها، وهناك أكثر من نوع للأفران الخاصة بعملية الحرق.

السجلات الفنية اليومية والشهرية لأحواض تجفيف الحمأة

يجب تسجيل جميع البيانات الخاصة بتداول الحمأة سواء كانت يومية أو شهرية.

السجلات اليومية

يجب حفظ سجلات إضافية بنظام الدفاتر اليومية لضبط التحكم في أحواض التجفيف الرملية، وتشتمل السجلات على الآتي:

التاريخ / الحجم بالمتر المكعب / عمق الحمأة الواردة بالسنتيمتر لكل حوض تجفيف وعدد الأحواض المستخدمة.

الرقم الهيدروجيني / نسبة المواد الصلبة / نسبة المواد القابلة للتطاير للحمأة المسحوبة.

التاريخ والحجم بالمتر المكعب، وترتيب رفع الحمأة من كل حوض.

السجلات الشهرية

يجب تسجيل البيانات التالية شهرياً لأحواض التجفيف الرملية، وهذه البيانات كالتالي:

الحجم الإجمالي بالمتر المكعب للحمأة الواردة إلى أحواض التجفيف الرملية.

متوسط الرقم الهيدروجيني (pH).

نسبة المواد الصلبة والمواد القابلة للتطاير.

الحجم الكلي للحمأة الجافة المسحوبة بالمتر المكعب.

متوسط زمن التجفيف بالأيام.

برك تجفيف الحمأة

يمكن أيضاً معالجة (تثبيت وتجفيف) الحمأة في برك عميقة كبيرة الحجم يستغرق ملؤها بالحمأة قرابة العامين، وتنقل إليها الحمأة المهضومة (أو غير المهضومة أحياناً). وتحتاج البركة إلى عام أو عامين لتجف قبل إزالة الحمأة منها، وقد استخدمت مدن عديدة هذه الطريقة تفادياً لإنشاء أعمال لمعالجة وتجفيف الحمأة ومنها خزانات هضم الحمأة الإضافية المغطاة وخلافه.

استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة

يمكن نشر الحمأة الرطبة على الأراضي الزراعية المستهدف استصلاحها أو على الأراضي المزروعة أحياناً، لتساعد على تجديد حيوية التربة ومدها باحتياجاتها من الأزوت والفوسفور وغيرها من العناصر الضرورية.

ويحقق استخدام هذا الأسلوب مع أسلوب برك الحمأة مجموعة مرنة تشكل أداة فعالة في التخلص من الحمأة والاستفادة منها في آن واحد، وغالباً ما يتم نقل الحمأة باستخدام السيارات المعدة لذلك أو باستخدام خطوط مواسير خاصة تصل إلى مواقع التخلص منها، وأفضل الطرق لاستخدام الحمأة الرطبة في تجديد حيوية التربة وربما أكثرها تكلفة هي تسوية الأرض، وشق قنوات ذات هدارات عالية وضخ الحمأة إلى هذه القنوات بنفس أسلوب ري الأراضي الجدية. وهذه الطريقة تفيد في استصلاح الأراضي غير القابلة لزراعة النباتات والأشجار، كما تؤدي أيضاً إلى إنتاج محاصيل تساوى أو تكون أكبر من المحاصيل المنتجة باستخدام الأسمدة التجارية.

ومن الواجب مراعاة الاحتياطات التالية عند استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة، وهي كالتالي:

1. لا يجوز استخدام الحمأة غير المعالجة تماماً (الخضراء أو الخبث) المسحوبة مباشرة من أحواض الترسيب الابتدائية.
2. عدم وجود مناطق سكنية بجوار الأراضي المستهدف استصلاحها بالحمأة.

3. أن تكون تلك الأراضي بعيدة عن التأثير بمياه الفيضانات، حتى لا تتلوث الأنهار بالحمأة التي تسحبها المياه معها عند انحسارها.
4. لا تستخدم المياه الجوفية في تلك المنطقة لأغراض الاستهلاك المنزلي أو الشرب.
5. تستبعد زراعة المحاصيل الجذرية أي ذات الجذور (بصل، ثوم، بطاطا، جزر،...) من الزراعة في تلك الأراضي.
6. مراعاة الاعتبارات الصحية لضمان تقليل المخاطر التي يتعرض لها العاملون في تلك الأراضي.
7. تسهيل الوصول إلى تلك الأراضي، بتمهيد الطرق الملائمة وخصوصاً في المناطق التي تتساقط بها الأمطار.

الحمأة الآمنة

هي الحمأة التي يمكن تداولها واستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة وآمنة تماماً للإنسان والحيوان، وحتى تكون الحمأة آمنة يجب أن يكون تركيز المعادن الثقيلة بها في الحدود الآمنة المسموح بها، وأن يتم خفض محتوى الكائنات الممرضة بها للحدود الآمنة وذلك بمعالجتها وتثبيتها قبل تداولها كما سبق شرحه.

القوانين المصرية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة طبقاً للقرار الوزاري رقم "214" لسنة 1997 وتعديلاته بشأن اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة.

يجب على الجهات المعنية عند إنتاج الحمأة والزراعة والبيئة والصحة مراعاة التالي:

1. المتابعة الدورية وإجراء التحاليل السنوية اللازمة للتأكد من أن مدى تراكم المعادن الثقيلة في الحمأة والتربة والنباتات في الحدود البيئية والصحية المسموح بها.
2. إجراء تحاليل دورية للتأكد من محتوى الكائنات الممرضة بكل من الحمأة والتربة والنباتات، واتخاذ كافة الإجراءات اللازمة طبقاً لما تسفر عنه نتائج هذه التحاليل.
3. الرصد الدوري لمصادر المياه السطحية والجوفية ومنتجات المزارع للتأكد من عدم تأثرها باستخدام الحمأة.
4. تؤخذ العينات ويتم التحليل طبقاً للطرق القياسية، مع تحديد المسئول بأخذ العينات من كل جهة والمعامل المصرح فيها بإجراء التحليل.

التخمير اللاهوائي (Anaerobic Digestion)

تهدف هذه العملية إلى هضم المواد الصلبة العضوية المتطايرة الموجودة بالحمأة وتحويلها إلى نواتج مستقرة أو خاملة، وتتم هذه العملية في خزانات مغلقة ومكتومة لمدة تمتد من 15: 30 يوم في درجة حرارة ثابتة (تختلف حسب نوع البكتيريا القائمة بعملية التخمير فتكون من 28م إلى 35م في حالة البكتيريا الميزوفليك، وترتفع من 55-75 درجة مئوية في حالة البكتيريا الـثرموفليك)، وينتج عن التفاعل داخل الخزانات المغلقة غاز الميثان الذي يتم تجميعه واستخدامه كمصدر للطاقة.

الكمز (Composting):

تهدف هذه العملية إلى تفكيك المواد العضوية بالحمأة وكذلك الكتل البكتيرية وتحويلها إلى نواتج مستقرة ويتم أثناء هذه العملية القضاء على الجراثيم والديدان الموجودة بالحمأة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة أثناء عملية الكمز (والتي قد تصل إلى 75م) وقد تستخدم بعض المواد المضخمة Bulking Agents مثل نشارة الخشب أو المخلفات الزراعية أو تراب الاسمنت أو غيرها.

وفي هذه العملية يتم وضع الحمأة في أكوام مهواه Aerated Static Piles أو في صفوف مستمرة Windrows وحتى تتجح عملية الكمز فيجب أن يصل تركيز المواد الصلبة المعالجة في الحمأة المراد كمرها من 40 - 50% وتمتد فترة الكمز بالحمأة سواء في الأكوام أو الصفوف من 20 - 28 يوم.

إضافة الجير (Lime Stabilization):

يهدف التثبيت بالكلس "Ca (OH)₂" إلى إنقاص المحتوى الجرثومي في الحمأة وإزالة الروائح الكريهة بها والحيلولة دون تعفنها ويتم فيها رفع قيمة pH الأس الهيدروجيني إلى أكثر من 12 ولا يوصي باستخدام الحمأة المعالجة بهذه الطريقة في الأراضي القلوية، والجدول رقم (3) يوضح جرعة الجير المطلوبة لتثبيت الحمأة السائلة.

جدول رقم (3) جرعة الجير المطلوبة لتثبيت الحمأة السائلة:

جرعة الجير المضافة (كجم/طن)	تركيز الصلبة %	المواد	نوعية الحمأة
154-54	6-3		ابتدائية
390-190	1.5 -1		ثانوية
227-127	7-6		متخمرة هوائية

المعالجة الحرارية

تهدف المعالجة الحرارية إلى القضاء على الجراثيم الموجودة بالحمأة وجعلها أكثر استجابة لفصل المياه عن المواد الصلبة دون الاستعانة بمركبات كيميائية مخثرة ويتم في هذه العملية تسخين الحمأة إلى درجة حرارة حوالي 5260م وتحت ضغط جوي 27 بار لمدة حوالي 30 دقيقة.

عملية تجفيف الحمأة:

الهدف منها زيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة وإنقاص حجمها وتتم هذه العملية بأحواض التجفيف التي يليها مناطق التشوين أو عن طريق التجفيف الميكانيكي عن طريق الطرد المركزي أو ماكينات السير الضاغط وهذه العملية قد تتم قبل المعالجة كما في حالة الكمر أو بعدها في حالة المعالجة بالتخمير اللاهوائي، وعادة ما يتم إضافة جرعات من البوليمرز للحماة المراد تجفيفه ميكانيكيا، حيث تساعد مادة البوليمرز على تسهيل فصل المياه من المواد الصلبة بالحمأة.

استخدامات الحمأة بمصر

تستخدم الحمأة كمخصب عضوي للتربة الزراعية بمصر منذ أكثر من سبعين عاماً وعلى الرغم من ذلك لم يتم وضع معايير محاذير وواعد لإضافتها إلا مؤخراً حيث أصدر السيد الدكتور وزير الإسكان ولمرافق والمجتمعات العمرانية القرار رقم "214" لسنة 1997 بشأن اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة، وقد تم إصدار هذه اللائحة ليعمل اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة، وقد تم إصدار هذه اللائحة ليعمل بها مرحلياً لحين نهو دراسة تطبيقية استمرت 48 شهراً لتقييم إعادة استخدام الحمأة في الزراعة من خلال تجارب حقلية وقد تم إنهاء أعمال الدراسة وشارك فيها العديد من الخبراء

المحليين والعالميين وتم إعادة اللائحة المنظمة للتداول والاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات الصرف الصحي في ضوء نتائج هذه الدراسة.

وتم اعتماد اللائحة النهائية من وزارة الصحة وإصداره كجزء م اللائحة التنفيذية للقانون 93 لسنة 62 بشأن صرف المخلفات السائلة بموجب القرار الوزاري رقم 254 لسنة 2003 المنشور بجريدة الوقائع المصرية رقم 276 الصادرة في ديسمبر 2003.

وجدير بالذكر أن اللائحة المرحلية (الصادرة بالقرار 214 لسنة 1997) قد شملت على معايير المحتوى الكائنات الممرضة بالحمأة لا يجب أن تتعدها وتلك المعايير مطابقة تماما لقرار رقم "254" لسنة 2003 فيما عدا معيار الحد الأقصى للفيروسات والذي تم إرجاء المراقبة البيئية بشأنه لعدم توافر أجهزة قياس الفيروسات.

ونوصي بإعادة النص على هذا المعيار ضمن معايير محتوى الكائنات الممرضة بالحمأة الجافة بالبند السادس باللائحة الصادرة بالقرار "254" لسنة 2003 على النحو الآتي:

ويجب أن لا تتعدى الفيروسات المعوية الكلية الحد الآتي:

1. "1" وحدة لكل "100" مللي عند تركيز 5% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.
2. ومرفق فيما بعد اللائحة المنظمة للتداول والاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات الصرف الصحي، والصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق والمجمعات العمرانية رقم "254" لسنة 2003.

القواعد المنظمة لتداول وإعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه

الصرف الصحي القرار الوزاري رقم 254 لسنة 2003

الهدف من إعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي يهدف هذا الباب إلى تنظيم الاستخدام الآمن للحمأة بما يحقق إنتاج زراعي صالح للاستخدام الآدمي وحماية النظام البيئي والصحة العامة.

مجالات تطبيقها

يتناول هذا الباب الإجراءات والخطوات اللازم إتباعها لتأمين جميع عمليات تداول واستخدام الحمأة ومراقبتها كما يحتوي على المعايير والشروط العامة والخاصة التي يجب أن تطبق على الحمأة المستخدمة.

الجهات المسؤولة عن تطبيق هذا الباب

1. المسؤولين عن إنتاج الحمأة بمحطات الصرف الصحي.
2. جهات إصدار التراخيص.
3. المسؤولين عن الرقابة والإرشاد في الجهات المعنية.
4. الجهات والأفراد المستخدمين للحمأة.

المتطلبات العامة (التراخيص) لإنتاج واستخدام الحمأة

أولاً:

على كل من المنتج والموزع للحصول على ترخيص من الجهة الإدارية المختصة بوزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية كما يجب الحصول على موافقة وزارة الصحة بالنسبة لأماكن معالجة الحمأة التي لا تقع داخل حدود محطات معالجة الصرف الصحي. ويجدد الترخيص كل ثلاث سنوات.

ثانياً متطلبات إنتاج الحمأة

يقوم المنتج بتقديم خطة إدارة الحمأة على مستوى المنشأة عند التقدم للحصول على الترخيص ويجب أن تشمل الخطة على الآتي:

1. اسم وعنوان وتليفون المنشأة.
2. النشاط والشكل القانوني للمنشأة.

3. سنة بدء النشاط.
 4. بيانات صاحب المنشأة.
 5. بيانات المدير المسئول عن عملية إنتاج الحمأة.
 6. لوحة بمقياس رسم مناسب لموقع الإنتاج مبين عليها المكونات المختلفة لعملية إنتاج الحمأة.
 7. بيان بالمعدات المستخدمة في الإنتاج.
 8. بيان مصدر (مصادر) الحمأة الخام قبل المعالجة.
 9. معدل إنتاج الحمأة.
 10. وصف عملية المعالجة وخطة التشغيل.
 11. بيانات المعمل القائم بالتحليل.
 12. نتائج تحليل الحمأة المنتجة ومدى مطابقتها للمعايير (البند السادس).
 13. خطة مراقبة الجودة للحمأة المنتجة.
 14. خطة الطوارئ في حالة الحيود عن المعايير المحددة في البند السادس من هذا الباب بما في ذلك تحديد أماكن دفن الحمأة الغير مطابقة للشروط.
 15. دراسة تقييم الأثر البيئي المعتمدة من جهاز شئون البيئة.
 16. خطة الأمن الصناعي والصحي وحماية العاملين.
- وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخة محدثة من الخطة.

ثالثاً: متطلبات ترخيص توزيع الحمأة

تقوم الجهات والأفراد والمسؤولين عن نقل وتوزيع الحمأة بتقديم البيانات التالية للحصول على التراخيص طبقاً للشروط الواردة في قانون البيئة:

1. مصادر الحمأة الموزعة.
2. نسخة من تراخيص الجهات المنتجة.
3. شرح لوسائل التحميل والنقل والتفريغ والتخزين.
4. خطة التسويق.
5. الاحتياطات المتخذة لتداول الحمأة.

وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخة محدثة من البيانات المشار إليها.

إنتاج الحمأة داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي

حتى تكون الحمأة آمنة يجب أن يكن تركيز المعادن الثقيلة ومحتوى الكائنات الممرضة في الحدود المسموح بها وذلك على النحو الوارد في البند السادس من هذا الباب.

وعلى الجهات المنتجة للحمأة مراعاة الآتي:

أولاً: معالجة الحمأة

على الجهات المنتجة للحمأة مراعاة تطابق معايير الحمأة وقت بيعه لإعادة استخدامها في الزراعة طبقاً للمعايير الواردة بالكود المصري وذلك بتثبيت الحمأة بإحدى الطرق الآمنة مثل:

1. التخمير الهوائي.
2. التخمير اللاهوائي.
3. المعالجة الحرارية.
4. إضافة الجير.
5. الكمر أو الكمر مع مواد عضوية (Co-composting)
6. التخزين بمناطق التشوين مع التعرض لأشعة الشمس المباشرة لمدة تمتد إلى ستة أشهر.

ثانياً: ضوابط إنتاج الحمأة بالمحطات:

1. أن تملأ أحواض التجفيف بالحمأة بحيث لا يتوالد الذباب والبعوض أو الروائح بقدر الإمكان، وذلك بأن يتم ملئها على فترات كل فترة لا تزيد عن أربعة أيام بعمق لا يزيد عن 15 سم في المرة الواحدة وأن لا يزيد العمق الكلي عن 45 سم.
2. أن تكون الأحواض معزولة عن المياه الجوفية أو مصادر المياه وأبسط طرق العزل طبقتين من الطين والرمل بنسبة دمك أكبر من 95% وسمك الطبقة 20 سم قبل الدمك ويمكن استخدام تراب الاسمنت أو الجير أو خام البانتونيت في أعمال الدمك.
3. عدم نقل الحمأة إلى مواقع التخزين إلا بعد الوصول لنسبة رطوبة في حدود 70% بالوزن، مع مراعاة الشروط الآتية:
 - أ. أن يكون قاع هذه المواقع معزولاً عن المياه الجوفية.
 - ب. أن يكون ارتفاع التخزين (التكويم) في حدود من 60 - 80 سم.
 - ج. أن تغطي أكوام الحمأة بحمأة أخرى جافة أو مواد تغطية أخرى لمنع تكاثر الذباب.
4. على المنتج مراعاة ما يلي:
 - أ. توعية عمال الصرف الصحي المتعاملين مع الحمأة بضرورة الالتزام بلبس الأحذية والقفازات الواقية وأن يتم تطهيرها في كل مرة تستخدم فيها.
 - ب. إجراء فحوص طبية دورية على العاملين مع إجراء التطعيمات ضد أية أمراض محتملة.

ج. تقديم التسهيلات الطبية السريعة لمعالجة العمال ضد أمراض الإسهال والمعالجة المنتظمة لمنع العدوى.

د. إصدار نشرات توعية عن استخدامات الحمأة ونوعيتها وأخطار كل منه وتوزيع صورة منها على المستخدمين.

هـ. إعداد نموذج بيع حمأة كالمرفق بهذا الباب مع إعلام وزارة الصحة وجهاز شئون البيئة ومكاتب الإرشاد الزراعي كل 3 أشهر بصورة من هذه النماذج.

تنظيم تداول الحمأة خارج محطات الصرف الصحي

أولاً: عدم استخدام الحمأة في الحالات التالية:

1. أراضي طرح النيل أو أية أراضي أخرى تضع أيا من وزارتي الزراعة والموارد المائية والري قيوداً على استخدام الحمأة بها.
2. الأراضي التي تكون المياه الجوفية فيها على عمق أقل من 1.5 متر من سطح الأرض.
3. الحدائق العامة أو الملاعب التي يرتادها الجمهور.
4. الأراضي المنزرعة بالخضروات التي تؤكل نيئة أو المنزرعة بالمحاصيل التي تكن ثمارها ملائمة للتربة أو تتكون تحت سطحها أو المنزرعة بالفاكهة التي لا تنزع القشرة منها.
5. المخالفة في تركيبها الكيميائي أو محتواها الميكروبي عن الحدود الموضحة بالبند السادس من هذا الباب.

ثانياً: يجب مراعاة الشروط الآتية عند تداول الحمأة

1. لا يسمح بإلقاء الحمأة في المجاري المائية أو المصارف.
2. لا يتعدى معدل استخدام الحمأة المعدلات الواردة في البند السادس من هذا الباب.
3. لا تستخدم الحمأة إلا في المواقع المرخص لها بالإنتاج أو التوزيع أو الاستخدام.
4. لا تقل المسافة بين أماكن تشوين وتجميع الحمأة عن:
أ. 10 أمتار من حدود الأرض.
ب. 150 متراً من آبار الشرب – المستشفيات – المدارس.
ج. 15 متراً من آبار ليست للاستخدام الآدمي.
د. 15 متراً من حد الطريق.

- هـ. 30 متر من حد المياه (المجري المائية - الأنهار والترع - القنوات البحيرات - التجمعات المائية - دود فيضان النهر).
5. العربات المستخدمة في نقل الحمأة
- أ. يراعي غسل العربات المستخدمة في نقل الحمأة وصرف مياه الغسيل إلى وحدات المعالجة أو الشبكة في مواقع الاستخدام أو التخزين أو الإنتاج المتاحة.
- ب. يجب وضع علامات على العربات بكتابات واضحة.
- ج. من الضروري منع التسرب وتدفق السوائل من السيارة أو تطاير الحمأة من السطح.
- د. يجب حفظ العربات في حالة نظافة تامة.
- هـ. جميع الأحمال يجب أن تغطى عند النقل، بحيث لا يكون هناك أي أثر للحمأة على جوانب العربات عند الدخول إلى الطرق العامة.

معايير استخدام الحمأة في الزراعة

للسماح باستخدام الحمأة في الزراعة يجب عدم تجاوز المعايير التالية لأي عنصر من العناصر.

أولاً: محتوى المعادن الثقيلة في الحمأة الجافة وكما هو موضح بالجدول رقم (4).

جدول رقم (4) الحد الأقصى لمحتوى المعادن الثقيلة في الحمأة

المكونات	الرمز	الحد الأقصى للحمأة الآمنة مجم / كجم
زنك	Zn	2800
نحاس	Cu	1500
نيكل	Ni	420
كاديوم	Cd	39
رصاص	Pb	300
زئبق	Hg	17
كروم	Cr	1200
موليبدينم	Mo	18
سelenium	Se	36
الزرنيخ	As	41

ثانياً: محتوى الكائنات الممرضة في الحمأة الجافة

محتوى الكائنات الممرضة لا يزيد عن الحدود الآتية:

1. أن يكون العد الاحتمالي لخلايا الكوليفورم البرازي (Fecal Coliform) أقل من 1000 خلية لكل جرام مواد صلبة على أساس الوزن الجاف، ويكون العد الاحتمالي للسلمونيلا أقل من 3 خلية لكل 100 مللي عند تركيز 4% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.
2. بويضات للديدان: (الإسكارس): عدد 1 بويضة حيه لكل 100 مللي عند تركيز 5% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف (لا يسمح بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان).

ثالثاً يراعى أن تتناسب معدلات الإضافة السنوية من الحمأة المعالجة الجافة مع نوعية الأراضي

وأن تكون في الحدود الواردة فيما يلي:

1. أراضي ثقيلة القوام (طينية، جيرية) معدل إضافة الحمأة الجافة في حدود من 8-14م³ / للفدان.
2. أراضي متوسطة القوام (رملية طينية، جيرية) معدل الإضافة من الحمأة الجافة الحدود من 10 - 16 م³ / للفدان.
3. أراضي خفيفة القوام (رملية) معدل إضافة الحمأة الجافة في الحدود من 12-20 م³ / للفدان.

أساليب التخلص من الحمأة غير المطابقة

أولاً: الحمأة المنتجة من محطات معالجة الصرف الصحي

في حالة احتواء الحمأة على معادن ثقيلة أو كائنات ممرضة تزيد عن المعايير القياسية الموضحة بالبند السادس من هذا الباب فإنه يجب ردم هذه الحمأة ردماً صحياً في حفرة ردم طبقاً للمواصفات الفنية المعروفة للردم الصحي أو يمكن ترميدها بمحارق آمنة على أن يكون الغاز الناتج نظيفاً وعلى أن يراعى اتخاذ كافة الاحتياطات والشروط البيئية المتعلقة في هذا المجال وغير ذلك من الطرق الآمنة بيئياً.

الحمأة المستخرجة من الترانشات

يحظر استخدام الحمأة المستخرجة من الترانشات في الزراعة مباشرة ويجب عمل المعالجة اللازمة لها ومطابقتها لمعايير هذا الباب أو التخلص منها بنفس أسلوب التخلص من الحمأة غير المطابقة للمعايير.

مراقبة استخدام الحمأة

أولا جمع عينات تحليل الحمأة

يتم أخذ وتجميع وحفظ وتحليل عينات الحمأة طبقا لما ورد باللائحة التنفيذية المعدلة لقانون رقم 93 لسنة 1962 مع مراعاة الآتي:

1. الأوعية

تؤخذ العينات في أوعية ملائمة محكمه الغلق من البلاستيك أو الزجاج النظيفة الجافة.

2. حجم العينة

لا يقل حجم العينة المجمعة عن 500 جرام وتكون العينة ممثلة لطبيعة الحمأة على قدر المستطاع على أن يراعي عدم أخذ العينة من السطح ولا من القاع وبناء عليه يتم أخذ عينة مركبة من عدة عينات فردية تؤخذ من الكومة الواحدة على أبعاد لا تزيد عن 10 متر بين كل عيتين ومن عمق لا يقل عن 50 سم من سطح الكومة.

3. مواعيد التحليل

يجري التحليل بعد أخذ العينة مباشرة في موعد أقصاه 24 ساعة من جمع العينة.

4. حفظ العينة

إذا تعذر إجراء التحليل في الفترة المحددة فيلزم حفظ العينة داخل صندوق ثلاجة مع إحاطة الوعاء بطبقة من الثلج على أن تصل العينة إلى المعمل وبها بقية من الثلج أو كما تنص عليه الطرق القياسية وبحد أقصى 24 ساعة.

ثانيا المتابعة الدورية

على الجهات المعنية كل فيما يخصه مراعاة الآتي:

1. المتابعة الدورية وإجراء التحاليل السنوية اللازمة للتأكد من أن مدى تراكم المعادن الثقيلة في الحمأة والتربة والنباتات في الحدود البيئية والصحية المسموح بها.

2. إجراء تحاليل دورية للتأكد من محتوى الكائنات الممرضة بكل من الحمأة والتربة والنباتات واتخاذ كافة الإجراءات اللازمة طبقا لما تسفر عنه نتائج هذه التحاليل.
3. الرصد الدوري لمصادر المياه السطحية ولجوفية ومنتجات المزارع للتأكد من عدم تأثرها باستخدام الحمأة.
4. تؤخذ العينات ويتم التحليل طبقا للطرق القياسية مع تحديد المكلف بأخذ العينة من كل جهة والمعامل المصرح فيها بالتحليل.
5. إجراء مسح صحي للمتعاملين مع الحمأة بصفة دورية كل سنة ضمن أعمال المتابعة الدورية السنوية.

نموذج لتحليل عينة من الحمأة

1. اسم المعمل:.....
2. اسم المنتج:..... العنوان:.....
3. اسم المنشأة:..... العنوان:.....
4. التاريخ:.....
الوقت:.....
5. اسم جامع العينة:..... اسم مستلم العينة بالمعمل:.....
6. ساعة الوصول للمعمل:.....
7. تاريخ الانتهاء من التحليل:.....
8. وصف عام للعينة:.....
9. نسبة الرطوبة:.....
10. الأس الهيدروجيني (pH):.....

نتائج تحاليل المعادن الثقيلة

ملاحظات	الحد الأقصى المسموح	النتيجة مجم / كجم	العنصر	م
	2800		زنك	1
	1500		نحاس	2
	420		نيكل	3
	39		كاديوم	4
	300		رصاص	5
	17		زئبق	6
	1200		كروم	7
	18		موليبدينوم	8
	36		سيلينيوم	9
	41		زرنيخ	10

العينة مطابقة / العينة غير مطابقة

ملاحظات

فنية:

مدير المعمل:

يعتمد:

نتائج تحاليل الكائنات الممرضة

م	البيان	النتيجة	الحد الأقصى المسموح	ملاحظات
1	خلايا البرازي Faecal coliform		أقل من 1000 خلية لكل جرام مواد صلبه على أساس الوزن الجاف.	
2	السلمونيلا Salmonella		العدد الاحتمالي أقل من 3 خلية لكل 100 مللي عند تركيز 4% مواد صلبه على أساس الوزن الجاف.	
3	بويضات الإسكارس Ascaris ova		وحدة لكل 100 مللي عند تركيز 5% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف. لا يسمح بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان.	

العينة مطابقة / العينة غير مطابقة

ملاحظات

فنية:

مدير المعمل:

يعتمد:

حالات سحب التراخيص

الحالة الأولى:

يوقف العمل بالتراخيص الصادر لمنتج الحمأة حتى انتهاء مدته في حالة ارتكابه أي من الأفعال التالية:

1. بيع الحمأة المخالفة للمعايير المذكورة في الكود المصري.
2. عدم إجراء التحاليل المذكورة بنماذج البيع بصفة دورية.
3. عدم حفظ نماذج البيع الخاصة بالموزع عن المتعاملين معه في سجل خاص للمتابعة مع الجهات الرقابية.

وفي حالة عودته لارتكاب ذات الأفعال يسحب منه الترخيص ولا يمنح ترخيصاً جديداً إلا بعد انقضاء سنه من تاريخ السحب. وفي جميع الأحوال يتم إعداد المواد المخالفة بإحدى الطرق الآمنة بيننا.

الحالة الثانية:

يوقف العمل بالتراخيص الصادر لموزع الحمأة حتى انتهاء مدته في حالة ارتكابه أي من الأفعال التالية:

1. عدم الالتزام بشروط التخزين المذكورة بهذا الباب.
2. عدم الالتزام بما ورد بهذا الباب بخصوص نقل الحمأة بواسطة عربة تتظف دورياً بعد كل استخدام وتغطيه الحمأة أثناء النقل وعدم الاحتفاظ بسجل خاص تدون فيه البيانات الخاصة بالمشتريين ومواقع الأراضي الخاصة بهم.

وفي حالة عودته لارتكاب ذات الأفعال يسحب منه الترخيص ولا يمنح ترخيصاً جديداً إلا بعد انقضاء سنه من تاريخ السحب.

المراجع

• تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ

و مشاركة السادة :-

- مهندس / اشرف علي عبد المحسن شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
- مهندس / طارق ابراهيم عبد العزيز شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
- مهندس / مصطفى محمد شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
- مهندس / محمد محمود الديب شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
- دكتور كيمائي / حسام عبد الوكيل الشربيني شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
- مهندس / رمزي حلمي ابراهيم شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
- مهندس / اشرف حنفي محمود شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
- مهندس / مصطفى احمد حافظ شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
- مهندس / محمد حلمي عبد العال شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
- مهندس / ايمان قاسم عبد الحميد شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالشرقية
- مهندس / صلاح ابراهيم سيد شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
- مهندس / سعيد صلاح الدين حسن شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
- مهندس / صلاح الدين عبد الله عبد الله شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
- مهندس / عصام عبد العزيز غنيم شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
- مهندس / مجدي علي عبد الهادي شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
- مهندس / عبد الحليم مهدي عبد الحليم شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالقليوبية
- مهندس / سامي يوسف قنديل شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
- مهندس / عادل محمود ابو طالب GIZ المشروع الالمانى لادارة مياه الشرب والصرف الصحي
- مهندس / مصطفى محمد فراج الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي