SECD

SYRIAN ENGINEERS FOR CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT

منظمة المهندسين السوريين للإعمار والتنمية

المعالجة البيولوجية لمياه صرف المذابح الفنية

ASSISTANT PROFESSOR.

ABDULLAH SAGHIR

Syrian Engineers for Construction and Development, Gaziantep, Turkey

a.saghir@secdo.org

تنتشر المذابح الفنية في جميع دول العالم و تختلف كمية مياه الصرف وملوثاتها بحسب طريقة ذبح الذبائح, فهناك الذبح على الطريقة الإسلامية حيث يتم إخراج الدم وإخلائه , وهناك طرق أخرى يبقى فيها الدم داخل الذبائح , و تنتشر هذه الصناعة في الدول العربية بشكل واسع و خصوصاً في المدن الكبرى , ونظراً لأهمية هذه الصناعة و كثرة انتشارها في العالم رأيت من المفيد التفصيل في الحديث عن مياه صرفها و طرق معالجتها , وتتميز المذابح الفنية باستهلاك كبير للمياه يتم تصريف قسم كبير منها الى المجرور و محطات المعالجة وتتميز مياه صرف المسالخ بكثرة المواد المعلقة و بارتفاع الحمل العضوي و الزيوت و الشحوم و الدهون.

- مراحل العمل في ذبح الذبائح :

سوف نخص بهذه الفقرة الحديث عن المذبح الفني بمحافظة حلب, كونه الحالة المدروسة ,و تتشابه معه بقية المذابح الفنية في سوريا, والكثير من البلدان الإسلامية ,في مراحل العمل ولها تقريباً الخط التكنولوجي.

المذبح الفني بحلب يعتبر واحداً من المؤسسات و المرافق الخدمية التي تعنى بسلامة المواطن وصحته. وشغله الشاغل وهاجسه الكبير وهدفه الرئيس إنما هو تأمين مادة اللحوم للمواطن وبالمواصفات و المعايير الصحية الدولية, وإضافة لحفاظه على صحة وسلامة الثروة الحيوانية بالكشف المبكر عن الأمراض الوبائية من أجل اتخاذ كافة الاحتياطات اللازمة للتصدي لها والوقاية منها.

وتبلغ المساحة الإجمالية للمذبح الفني بحدود 7 هكتار، منشأ عليها صالات ذبح و زرائب و أقسام فنية بمقدار 1 هكتار والباقي أرض زراعية مشجرة وطرقات.

علماً أنّ هذه الصالات مجهزة بمصارف لتجميع الدماء وفضلات الأحشاء التي تصب في حفر تفتيش يتم تعزيلها يومياً باستمرار, وتبدأ علمية الغسيل في الساعة السادسة صباحاً وتستمر حتى الساعة الحادية عشراً قبل ظهر اليوم نفسه على الشكل الآتي :

تقشيط الزرائب بواسطة أدوات جرف يدوية وتجميع مخلفات الحيوانات الحية في مكان مخصص لها للاستفادة منها في مجال الزراعة.

جمع أكبر كمية من الدماء ومخلفات الذبح وتجميدها في أحواض ونقلها إلى المقلب الوسيط.

غسل الزرائب مع ممراتها بواسطة الماء.

غسل وفرك جدران صالات الذبح العلوية والسفلية بوساطة منظفات.

غسل ساحات وممرات المذبح الفني بالماء فقط.

المنصرفات السائلة الناتجة عن المسلخ الفني في محافظة حلب:

إنّ مياه الصرف في المذبح الفني تنتج بشكل رئيسي عن عمليات غسيل الأقنية والأراضي بعد عمليات الذبح , بالإضافة إلى مياه الصرف الناتجة عن تصريف العمال.

- كمية مياه الصرف الناتجة عن الاستخدام البشري للعمال:

عدد العمال :220 عامل ,نقدر أن كل عامل أنه يستهلك وسطياً 25 ليتراً في اليوم والبالغ 14 ساعة عمل, فتكون الكمية المصرفة اليومية =4.4 م^3/يوم

حيث فرضنا أن 80% من المياه المستهلكة تذهب إلى المجرور العام.

- كمية مياه الصرف الناتجة عن غسل صالات الذبح والزرائب والآليات :

وتقدر بحدود 175م^3/يوم.

- كمية مياه الصرف غسيل الشوارع :وتقدر بـ 25 م^3/يوم.

وبالتالي الكمية اليومية الوسطية لمياه الصرف هي: 4.4+175+25= 204.4 م^3/يوم.

وتزيد هذه الكمية لتصل إلى 300م^3/يوم في المواسم وبعض أيام الأسبوع وخصوصاً في يومي الجمعة والسبت.

– مواصفات مياه الصرف الناتجة عن المسالخ الفنية:

تمتاز مياه الصرف الناتجة عن المسالخ الفنية بشكل عام بارتفاع قيمة الأحمال العضوية معبراً عنها بـ $COD, BOD_5, TSS, NH_4^+-N$ ... وغيرها من مؤشرات الملوثات، كما تتميز أيضاً بارتفاع تركيز الشوارد المنحلة والمواد المعلقة والزيوت والشحوم.

وقبل البدء بالبحث تم أخذ عدة عينات ودراسة قابلية إجراء المعالجة البيولوجية لها ونتائج تحليل العينات كما هو موضح بالجدول (**7**-1):

المؤشر	الواحدة	العينة رقم (1)	العينة رقم (2)	العينة رقم (3)	العينة رقم (4)	العينة رقم (5)
pH		6.79	7.23	7.27	6.92	6.77
COD	ملغ/ل	4950	3008	3280	2664	8880
BOD_5	ملغ/ل	3400	1510	2880	2292	2700
TSS	ملغ/ل	773	996	940	692	424
TDS	ملغ/ل	2506	2848	3150	1293	3328
SO_4^{2-}	ملغ/ل	55	--	70	-	-
PO_4^{3-}	ملغ/ل	90	65	90	80	100
NH_4^+-N	ملغ/ل	469	335	280	240	-

الجدول (**7**-1): نتائج تحاليل لبعض عينات مأخوذة من خزان التجميع الذي يقع بعد المصرف النهائي في المذبح الفني

من خلال فحص نتائج تحاليل عينات مياه الصرف الصناعي يتبين ما يلي:

- تعتبر مياه الصرف الصناعي للمذبح الفني بحلب شديدة التلوث لارتفاع قيم المؤشرات فيها حيث بلغت قيمة COD لإحدى العينات 8800 ملغ/ل.
- إن قيمة الـ COD لمياه المذبح بحسب واقع الذبح وطريقة التصنيع والخبرة العملية والمراجع العلمية تتراوح بين 3000-6000 ملغ/ل وسيمر معنا ذلك في الفصل العائد القسم العملي، وبشكل وسطي تبلغ قيمة **COD** حوالي 4500 ملغ/ل وهذه القيمة مرتفعة جداً فعادة قيمة COD مياه الصرف المنزلي في مدينة حلب بحدود650 ملغ/ل، وبالتالي قيمة COD لمياه المذبح الفني أكبر بـ 7 مرات من قيمتها بالنسبة لمياه الصرف المنزلي مما يسبب زيادة الأحمال العضوية على محطة معالجة مياه صرف مدينة حلب.
- تحتوي مياه صرف المذبح الفني على تراكيز عالية من نتروجين الأمونيوم قد تصل أحياناً حتى 469 ملغ/ل، وكذلك تحتوي على تراكيز عالية من شاردة الفوسفات تصل حتى 100ملغ/ل مما يسبب زيادة تركيز النتروجين، والفوسفور في مياه الصرف الواردة إلى محطة معالجة مياه المجاري في مدينة حلب الأمر الذي يؤثر سلباً على كفاءة المعالجة ويؤدي إلى ارتفاع تراكيز النتروجين والفسفور في مياه الصرف المعالجة الخارجة من محطة المعالجة.
- تحوي مياه صرف المذبح الفني على تراكيز عالية من المواد المعلقة TSSوالمواد الصلبة الكلية المنحلة TDS والمواد الصلبة الكلية مما يزيد كمية الحمأة المتشكلة في محطة المعالجة الرئيسية ويرفع من قيمة الأحمال العضوية.

دراسة تأثير مياه الصرف الصناعي المصرفة من المذبح الفني على محطة معالجة مدينة حلب:

يبلغ التدفق الوسطي لمياه صرف المذبح الفني حوالي 204.4 م^3/ يوم تقريباً وكما هو معلوم يبلغ متوسط تصريف الفرد الواحد في مدينة حلب 150 لتر في اليوم وسطياً.

فيكون تصريف المذبح الفني مكافئاً إلى تصريف 1363 نسمة أي إنّ الحمل الهيدروليكي للمذبح الفني يعادل قرية عدد سكانها 1363 نسمة.

بفرض أن كل فرد في مدينة حلب يعطي 100 غ COD/يوم.
الحمل العضوي الناتج عن معمل المذبح:
= التدفق × تركيز COD الوسطي
204.4 × 4000/1000= 920 كغ COD/اليوم.
المكافئ السكاني للحمل العضوي لمعمل المذبح الفني هو :920×100/1000=9200 نسمة

أي أنّ المذبح الفني في محافظة حلب يعطي أحمالاً عضوية لمحطة معالجة مياه مجاري مدينة حلب تكافئ الحمل العضوي لقرية عدد سكانها تسعة آلاف ومائتي نسمة.

دراسة قابلية حدوث إعاقة لنشاط البكتريا عند معالجة مياه صرف المذبح الفني بحلب بيولوجياً:

ـدراسة قابلية حدوث إعاقة لنشاط البكتريا عند معالجة مياه صرف المذبح الفني بحلب بيولوجياً بالطرق الهوائية:

هناك مركبات ومواد تسبب إعاقة لنشاط البكتريا الهوائية, وهذه المواد السامة قد تؤثر على نشاط البكتريا المنترتة, وإنّ مياه صرف المذابح الفينة لاتحتوي على معادن ثقيلة أو فينولات لأنّ مياه الصرف الصناعي في المذابح هي عبارة عن مزيج من الدم مع مياه الغسيل ,ولكن تركيز الأمونيوم مرتفع جداً في مياه صرف المذابح الفنية ومن المحتمل أن تتجاوز قيمته 480 ملغ/ل وهي القيمة الحدية لتركيز الأمونيوم المسموح في المعالجة الهوائية في طريقة الحمأة المنشطة, ولكن قبل دخول هذه المياه الملوثة إلى حوض التهوية في طريقة المعالجة المتبعة في هذا البحث تكون قد امتزجت مع تدفق السائل الممزوج المعاد والحمأة المعادة اللذين من المفترض أن يحويا على تركيز قليل جداً من الأمونيوم, لذلك يكون تركيز الأمونيوم في حوض التهوية ضمن الحدود المسموحة, وبالتالي لا توجد إعاقة لنشاط البكتريا الهوائية في مياه صرف المذابح الفنية, وكما أنّه من المتوقع أيضاً حدوث معالجة بيولوجية هوائية ذات كفاءة عالية لمياه صرف المذابح الفنية في المرحلة الهوائية الموجودة في الجهاز التجريبي المطبق في هذا البحث.

المعالجة التمهيدية لمياه صرف المذابح الفنية

1- المصافي الخشنة

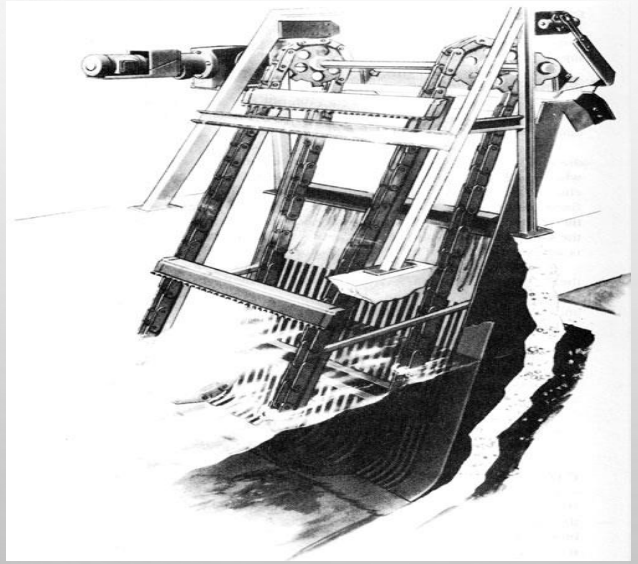
2 – المصافي الناعمة

3- إزالة الزيوت و الشحوم و المواد الطافية

4- أحواض التوازن /التجانس

-1- المصافي:

توضع مصافي خشنة و ناعمة قبل أحواض التوازن والتجانس عند تصميم محطات معالجة مياه الصرف الصناعي، والهدف منها حماية محطات الضخ وتجهيزات وحدات المعالجة التي تلي حوض التجانس، وتتراوح أبعاد فتحات المصافي بين 15-75 مم للمصافي الخشنة، وأقل من 5 مم بالنسبة للمصافي الناعمة (FİNE SCREENS)، وإن نوع المصافي يتم تحديده بناء على نوعية المواد المراد إزالتها ، ويمكن أن تنظف المصافي يدوياً أو أوتوماتيكياً أو بالاثنين معاً ،ويفضل أن تكون المصافي مصنوعة من مادة الستانلس ستيل الصناعي المقاوم للحموض والأسس والجدول(2-1) يوضح الأسس التصميمية للمصافي الخشنة :



الجدول (2-1): الأسس التصميمية للمصافي الخشنة

المؤشر	تنظيف يدوي	تنظيف ميكانيكي
التباعد بين المصافي (مم)	50-25	75-15
زاوية المياه عن الشاقول (درجة مئوية)	45-30	45-0
سرعة الاقتراب الاصغرية (م/ثا)	0.1	0.5-0.3
سرعة الاقتراب الأعظمية(م/ثا)	0.6-0.3	1-0.6
ضياع الحمولة المسموح (مم)	150	600-150

- المصافي (الشبكية):

وتستعمل المصافي لحجز المواد العالقة والطافية، التي يزيد أبعادها التباعد بين فتحات المصافي نفسها ، تتألف المصفاة من عدد من القضبان المعدنية دائرية المقطع أو مستطيلة. تختلف التباعدات فيما بينها، وتقسم حسب هذه التباعدات إلى :

1- المصافي الخشنة حيث تبلغ التباعدات من (15– 75) مم .

2- المصافي الناعمة حيث تبلغ التباعدات من (5 – 10) مم .

3- المصافي الناعمة وهي بشكل صفائح مثقبة .

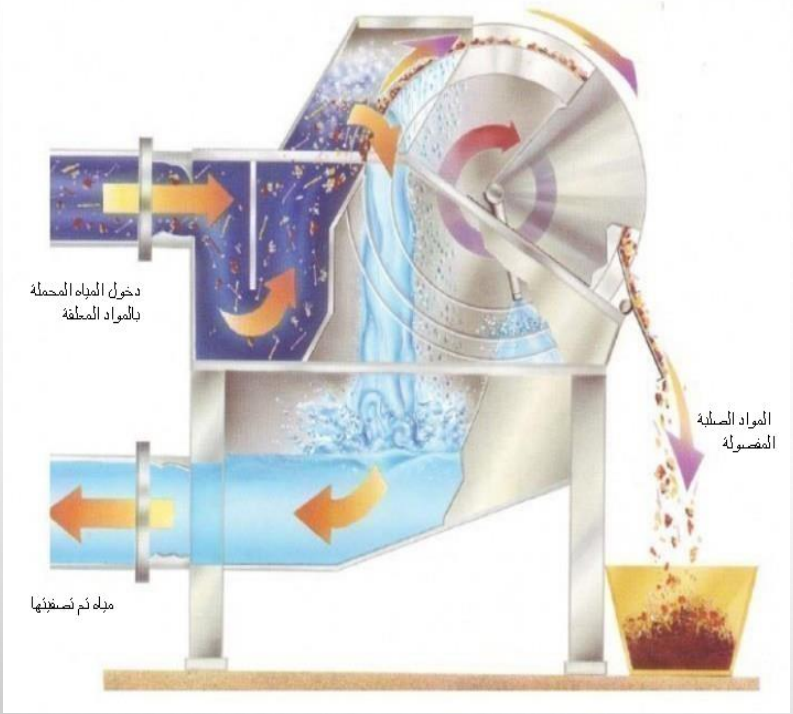
يجب أن توضع المصافي كمنشأة أولى أمام المياه الداخلة إلى محطة المعالجة مهما كان نوع الجريان سواء بإسالة الطبيعية أم بالضخ.

أنواع المصافي :تقسم المصافي حسب طريقة تركيبها إلى:

- مصاف ثابتة ومصاف متحركة ومصاف مع مطاحن، و الأكثر شيوعاً في محطات معالجة مياه الصرف الصحي هي المصافي الثابتة، لذا سنكتفي بالحديث عن هذه المصافي في هذا الفصل.

مصافي خشنة

مصافي ناعمة



إن استخدام المصفاة الطبلية الدوارة عند معالجة مياه صرف المذابح الفنية يمكن أن يخفض الـ BOD بنسبة حوالي 20% نتيجة حجز المواد الطافية والمعلقة.

– إزالة الزيوت و الشحوم:

مصدر الدهون و الزيوت و الشحون ((FOG) fats, oil, and grease):

توجد الزيوت و الشحوم و الدهون في مياه الصرف المنزلي وفي مياه الصرف الصناعي أيضاً و منها ما هو منحل و منها ما هو طاف, وهي ذات منشأ حيواني أو نباتي أو معدني (بترولي), و من الضروري جداً إزالتها قبل تصريفها إلى شبكة الصرف الصحي أو الصناعي وإن تعذر ذلك يجب إنشاء أحواض فصل للزيوت والشحوم والدهون ,وإزالة الزيوت والشحوم يمكن أن تحدث أيضاً في حوض التجانس.

إن وجود الزيوت و الشحون في مياه الصرف يسبب عدة مشاكل منها :

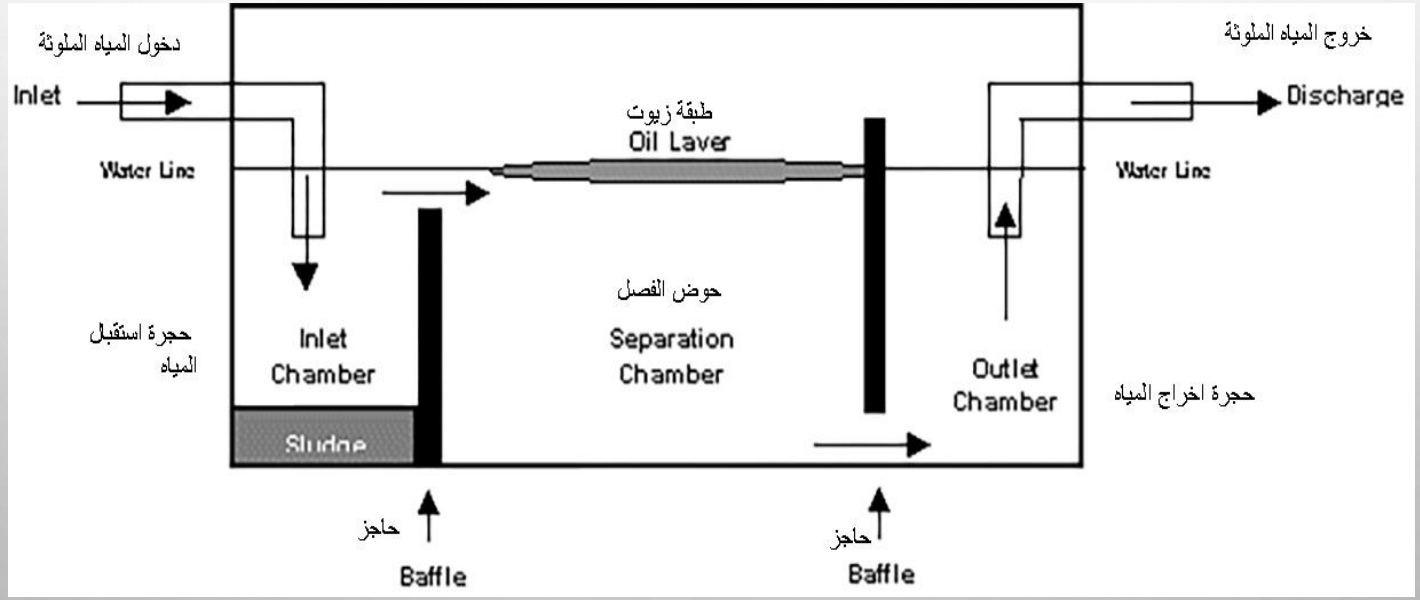
1. انسداد في شبكات المجاري
2. تخفض أداء المعالجة البيولوجية .
3. تسبب انسداد المرشحات .
4. تخفض أداء المعالجة الكيميائية .
5. تخفض أداء عملية الترسيب .

طرق إزالة FOG من مياه الصرف الصناعي :

الطريقة	زيوت وشحوم (ملغ/ل)		نسبة الإزالة (%)	
	داخلية	خارجية	زيوت حرة	زيوت مستحلبة
ترسيب ثقالي	2400-30	160-6	93-80	
جهاز الفصل العائد للمؤسسة الأميركية للنفط (API)	-	-	99-60	-
تعويم بالهواء دون مواد كيميائية	-	-	95-70	40-10
تعويم بالهواء مع مواد كيميائية (كلس . ألوم . كلورايد حديديك)	-	-	95-75	90-50
تخثير كيميائي + ترسيب	-	-	95-60	90-50
ترشيح بمعدل عالي (HR)	60	11	82	-
ترشيح بالالتحام	1050	21	98	
ترشيح زائد	80000	244	99+	
ترسيب مع اضافة ألومينات الصوديوم	1260	22	98	
ترسيب مع اضافة ألوم + كلس	830	16	98	
تفكيك بيولوجي بالحمأة المنشطة	240	5	98+	
تفكيك بيولوجي بالأحواض المهواة	720	17	98	

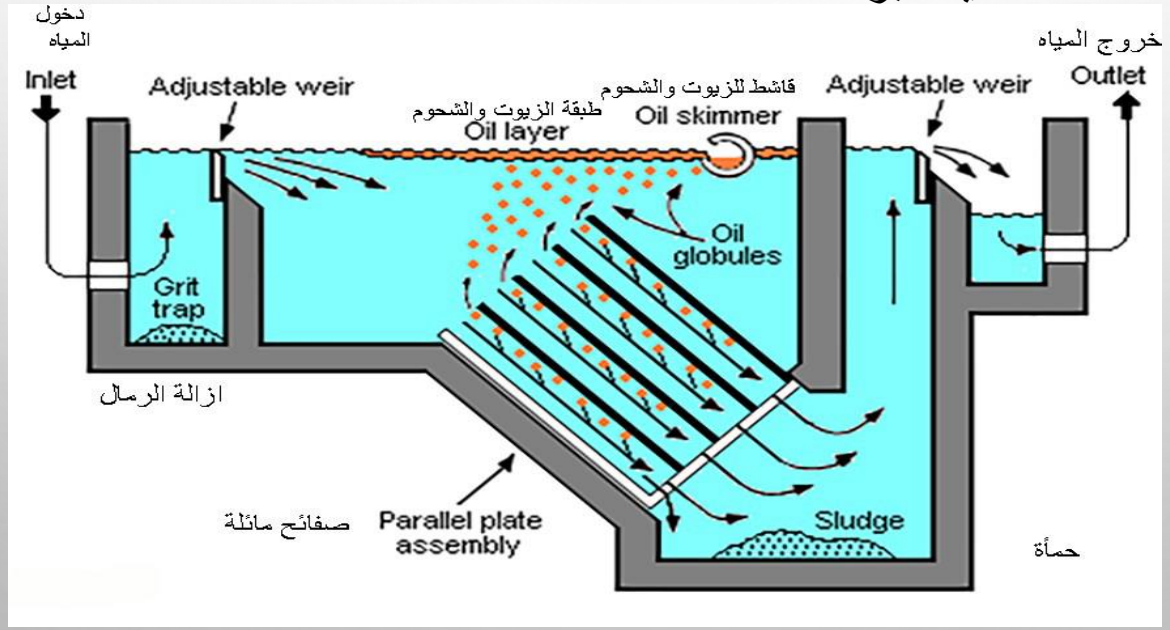
الفصل الثقالي الطبيعي:

يمكن إزالة FOG من مياه الصرف عبر أحواض الفصل الطبيعي لأن الزيوت والشحوم و الدهون ذات وزن نوعي أقل من الوزن النوعي للمياه مما يجعلها تطفو على السطح ,وعند تصميم أحواض فصل FOG يجب مراعاة سهولة سحبها وسهولة تنظيف الحوض, وعند تصميم أحواض الفصل الثقالي للزيوت والشحوم والدهون يجب أن نضمن أن زمن المكوث في الحوض أكبر من الزمن اللازم لرفع قطرات الزيوت والشحوم.



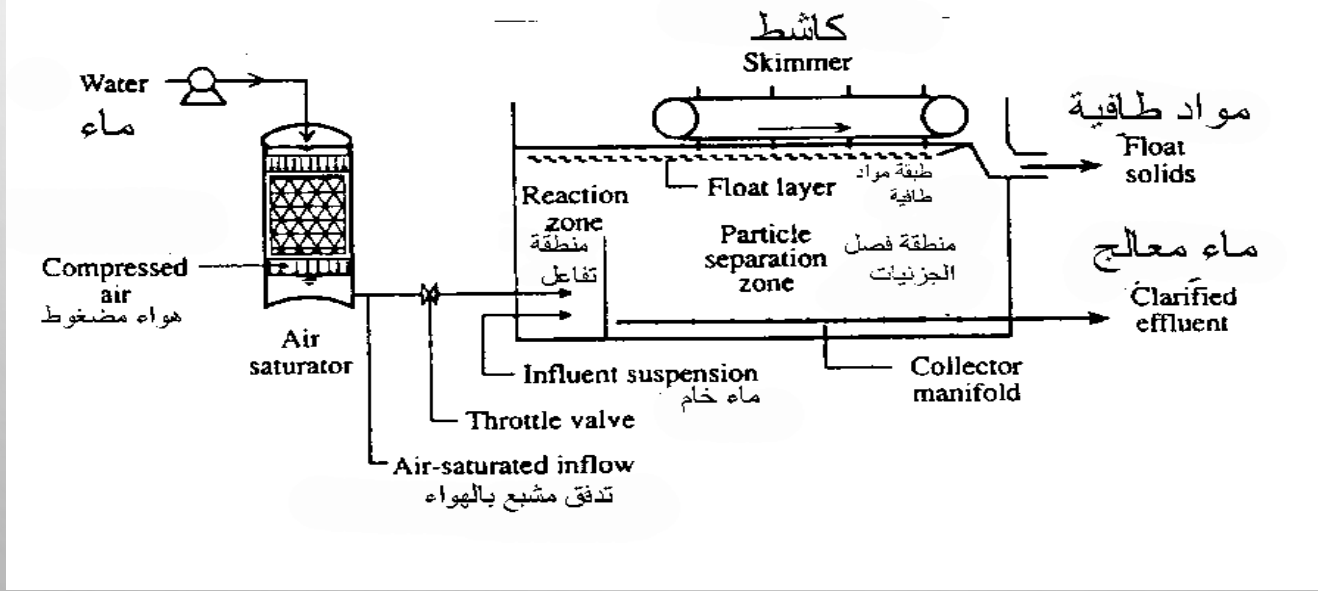
وحدة فصل الزيوت CPI:

هذه الوحدة تعتبر بديلا لوحدة الـ API و تتكون من مجموعة شرائح أو مجموعات من الأنابيب موضوعة بميل 60 درجة بحيث تنزلق المواد المحتجزة من أعلى الشرائح لتتجمع في القاع. من أهم مميزات هذا الجهاز أنه يمكن أن يستخدم في مكان صغير المساحة, ومع أنه قد وجد رواجا بين صناعات عديدة إلا أنه لا يستخدم بكثرة في عمليات تكرير البترول بسبب عدم قدرته على استيعاب معدلات التدفق العالية .وهو يتميز عن وحدات الـ API والمروقات الأولية بأنه أكثر كفاءة في فصل الزيوت والمواد الصلبة ,وذلك لأنه يمكن توفير مساحة سطحية أكبر.



- **إزالة الزيوت و الشحوم بالتطويف بالهواء المضغوط :**

التطويف بالهواء المضغوط يعتبر أحد عمليات الفصل الفيزيائي للزيوت والشحوم والدهون ,والتي تستخدم لإزالة الزيوت والشحوم ,وتتألف العملية تتألف من هواء مضغوط يضخ ضمن مياه الصرف و يمكن أن نستخدم فيها المواد الكيميائية أيضا,وذلك لتحسين مردود عملية إزالة الزيوت و الشحوم و الدهون, ويمكن بعدها إزالة الزيوت والشحوم والمواد الصلبة, حيث تندفع فقاعات الهواء مصحوبة بالمواد المعلقة والزيوت والشحوم نحو الأعلى حاملة الزيوت والمواد الصلبة نحو الأعلى , ليتم قشطها بواسطة قواشط .



إن التطويف هو العملية التي تزال فيها المعلقات ذات الجاذبية النوعية الأقل من الوسط المعلقة فيه بتركها تطوف إلى السطح حيث تزال بالكشط . في معظم الاستعمالات فإن الجاذبية النوعية للمواد المعلقة تخفض صناعياً بالالتصاق إلى فقاعات غاز , وهذا الأمر يمكن هذه العملية من الاستعمال على نطاق واسع من المواد الصلبة التي تكون جاذبيتها النوعية أكبر بقليل من تلك للوسط المعلقة فيه .

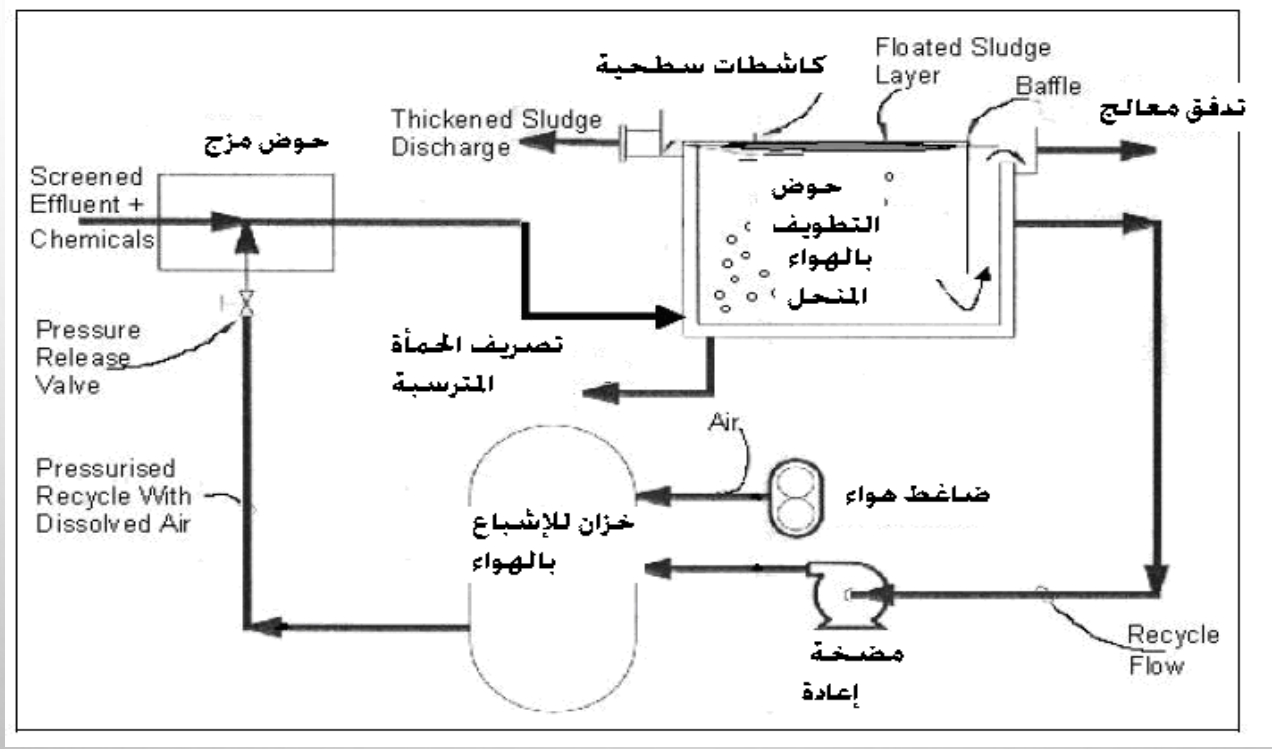
إن فقاعات الغاز المطلوبة لتؤثرعلى تطويف المواد الصلبة يمكن الحصول عليها بعدد من الطرق بما في ذلك الوسائل الالكتروليتية (electrolytic) وبالتحرير المنشط انفراغياً للغازات المنحلة ، و بوساطة حقن الهواء خلال ناشرات مغمورة ، وبطريقة حل الهواء تحت ضغط مرتفع في جزء من التدفق ومن ثم تحريره بشكل فقاعات ناعمة بإنقاص الضغط حتى مستوى الضغط الجوي . هذه الطريقة الأخيرة لتوليد الفقاعات هي المفضلة في تطبيقات المياه الصناعية حيث تعرف العملية بعملية تطويف الهواء المنحل (DAF) .

- استعراض بعض التجارب العالمية في معالجة مياه صرف المذابح الفنية:

المعالجة الأولية لمياه صرف المذابح الفنية بالتطويف:

تستخدم هذه المحطات لإزالة الزيوت والشحوم والمواد الصلبة من مياه صرف المذابح الفنية, ويمكن إضافة مواد كيميائية مروبة ككلوريد الحديد وكبريتات الألمنيوم وبعض البوليميرات من أجل تحسين كفاءة التطويف, و من أجل تطويف الزيوت والشحوم والمواد الصلبة المعلقة ويجب إضافة هواء مضغوط إلى حوض التطويف, وبهذه الطريقة يمكن تحقيق تخفيض في تركيز COD وBOD5 والنتروجين والفسفور بالإضافة إلى الزيوت والشحوم و المواد القابلة للتطويف.
وفي إحدى محطات المعالجة المنفذة بهذه الطريقة في ألمانيا تمّ الحصول على كفاءة إزالة لـCOD والزيوت والشحوم هي على التوالي:42% ,76%, وكانت المعايير التصميمية لمحطة المعالجة وفق الآتي:
التدفق:15م3/ساعة وحجم حوض التطويف هو12م3 ومساحة سطح الحوض هي 8م2.

إنّ مخطط وحدة المعالجة التي تعمل بطريقة التطويف مبينة في الشكل المجاور:



الشكل (7-1): مخطط حوض وحدة معالجة بالتطويف

وفي إحدى محطات المعالجة التي تعالج مياه صرف المذابح المنفذة في ألمانيا أيضاً تمّ الحصول على النتائج المبينة في الجدول (**7**-2):

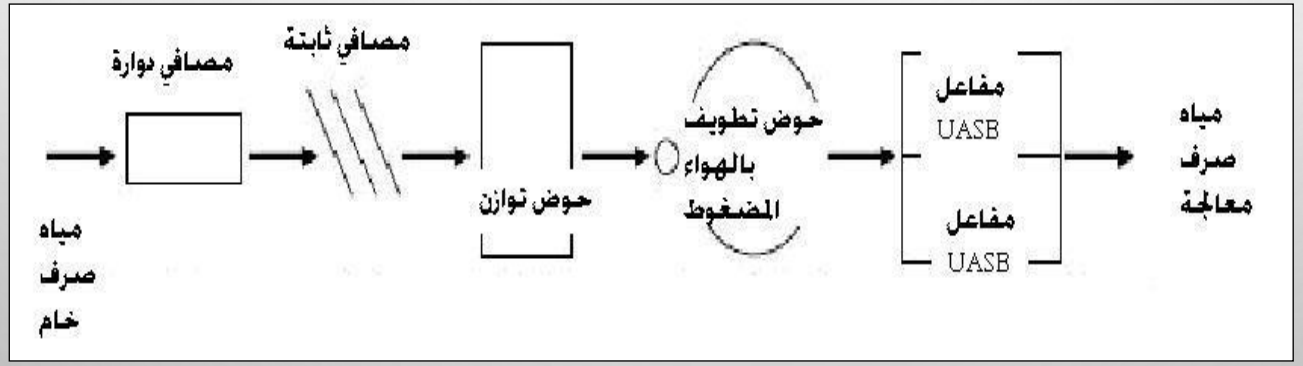
المؤشر	التركيز قبل المعالجة بوحدة التطويف	التركيز بعد المعالجة بوحدة التطويف	كفاءة الإزالة %
COD(ملغ/ل)	1000	458	54
BOD_5(ملغ/ل)	498	142	71.5
الشحوم والدهون (ملغ/ل)	104	15	86
TKN	36	23	36
TP	10	3.5	65

محطة معالجة مياه صرف للمذابح الفنية منفذة في البرازيل في مقاطعة ساو باولو:

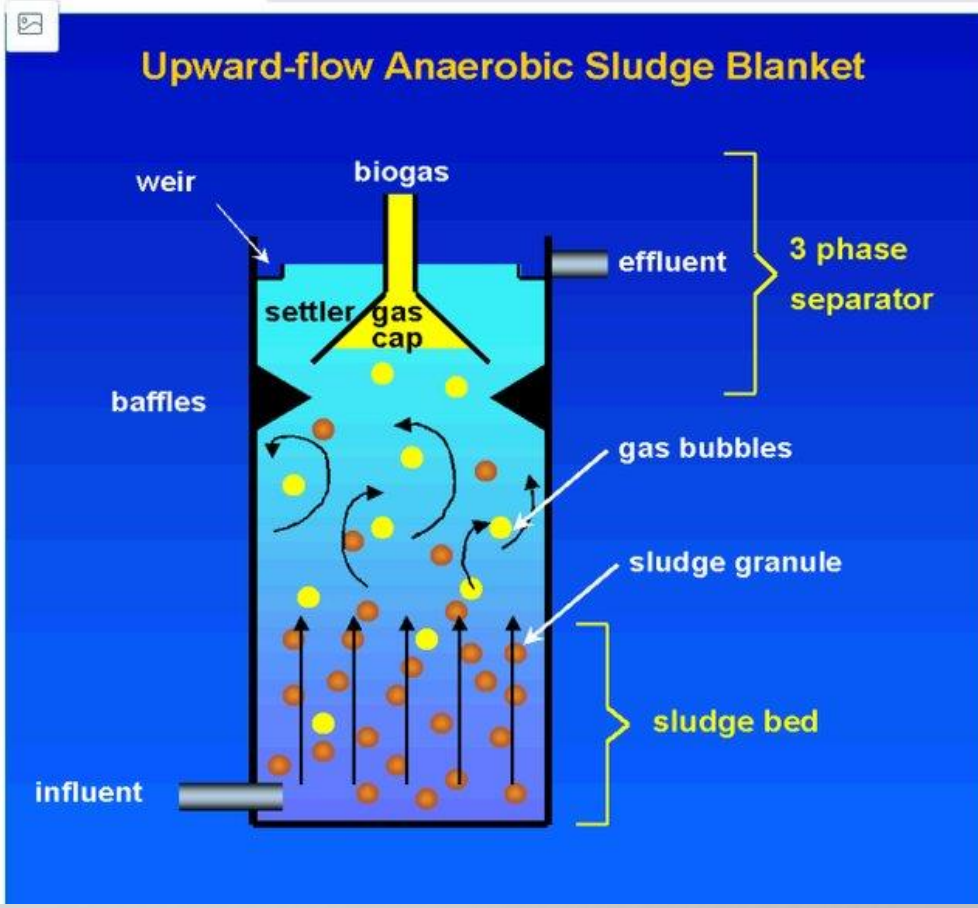
في البرازيل يستخدم المفاعل UASB لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن الصناعات الغذائية وإنّ المذابح الفنية المخصصة لذبح الطيور، هي إحدى الفعاليات الصناعية التي تستخدم التكنولوجيا اللاهوائية بشكل رئيسي لمعالجة مياه الصرف الصناعي الناتجة عنها.

وإنّ خصائص مياه الصرف الناتجة عن المذابح تختلف من منشأة إلى أخرى وذلك اعتماداً على نوع العمليات الصناعية وعلى استهلاك المياه لكل دجاجة مذبوحة.

وبعد إزالة الريش والجلد والمواد الصلبة الناعمة بواسطة المصافي الثابتة والمصافي الدوارة , تقاد مياه الصرف إلى خزان توازن بسعة 142 م^3 وبعد ذلك تذهب إلى حوض التطويف بواسطة الهواء المنحل ثم تذهب إلى مفاعلي UASB مستطيلي الشكل سعة كل منهما 450م^3 كما هو موضح في الشكل الآتي:



مخطط لمسير تدفق مياه الصرف الصناعي لمحطة معالجة مياه صرف مذبح فني في البرازيل



المفاعل UASB

وكانت مياه الصرف تتولد بشكل متقطع وذلك تبعاً لخصوصية هذه الصناعة ومعدل التدفق كان بحدود 18-28 م^3/ساعة ومدة التصريف هي 11-17 ساعة في كل يوم.
تمّ تقييم أداء المفاعل **UASB** بعد الإقلاع وذلك من اليوم 163 إلى اليوم 1228 من التشغيل، وإنّ نتائج التشغيل التي جمعت خلال فترة التشغيل قد وضعت في الجدول (**7**-3):

1- القيمة الوسطية بناء على أربعين تجربة.
2- القيمة الداخلة إلى المفاعل هي القيمة الخارجة من حوض التطويف.

الجدول رقم (7-3): مؤشرات محطة معالجة لمياه صرف مذبح فني في البرازيل

المؤشر	القيمة الوسطية	القيمة الأصغرية	القيمة الأعظيمة
COD (ملغ/ل)			
القيمة لمياه الصرف الخام	4137±901	2856	6560
القيمة الداخلة إلى المفاعل UASB	2504±517	1615	3870
قيمة TCOD الخارجة من المفاعل UASB	884±331	312	1768
قيمة SCOD الخارجة من المفاعل UASB	368±138	174	732
FOG(ملغ/ل)			
القيمة لمياه الصرف الخام	394±122	199	661
القيمة الداخلة إلى المفاعل UASB	177±72	53	414
قيمة الخارجة من المفاعل UASB	61±33	5	139
TSS (ملغ/ل)			
القيمة لمياه الصرف الخام	791±194	250	1170
القيمة الداخلة إلى المفاعل UASB	484±148	125	850
قيمة الخارجة من المفاعل UASB	232±135	68	736
VFA volatile fatty (ملغ/ل) acids			
القيمة الداخلة إلى المفاعل UASB	200±42	98	290
قيمة الخارجة من المفاعل UASB	72±21	43	138
التدفق الساعي م^3/ساعة	20.32±3.3	18	28.33
التدفق اليومي م^3/ يوم	297±36	225	368
معدل الحمولة العضوية كغCOD/م^3.يوم	1.64±0.37	1	2.72
السرعة الشاقولية الصاعدة م/ساعة	0.26±0.04	0.23	0.36
زمن المكوث الهيدروليكي بالساعة	22.64±3.14	15.88	25

ـ محطة معالجة لمعالجة مياه صرف المذابح الفنية تعمل بالطريقة اللاهوائية باستخدام مفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأسفل أو بمفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأعلى:

تمر مياه صرف المذابح الفنية المراد معالجتها في مفاعل ذي سرير ثابت وذي جريان نحو الأسفل, و يحوي هذا المفاعل طبقات حاملة بلاستيكية, ويمكن أن تتم معالجة مياه صرف المذابح الفنية بمفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأعلى, وهذه الطريقة من المعالجة تكون كمعالجة أولية تسبق المعالجة الهوائية لمياه صرف المذابح الفنية, وفي هذه الطريقة لا يمكن فيها تحقيق إزالة كافية لـ CODوللنتروجين, وفي هذه الطريقة من المعالجة يمكن تحقيق كفاءة إزالة COD تصل حتى 75 % وينتج غاز حيوي يمكن الاستفادة منه في توليد الطاقة الكهربائية, في هذا النوع من محطات المعالجة ينصح أن تكون درجة حرارة مياه الصرف بحدود 35-37 درجة مئوية, وزمن المكوث الهيدروليكي في محطة المعالجة التي تحتوي مفاعل لاهوائي ذي سرير ثابت بحدود 11-30 ساعة تبعاً لتركيز الكتلة الحيوية في المفاعل, وفي ألمانيا توجد على الأقل محطتا معالجة تعمل وفق هذه الطريقة وذلك تبعاً لإحصائيات الإتحاد الأوربي عام 2003م.

إنّ نتائج المعالجة لإحدى محطات المعالجة التي تعمل بهذه الطريقة مبينة في الجدول الآتي

محطة معالجة لمعالجة مياه صرف المذابح الفنية تعمل بالطريقة اللاهوائية باستخدام مفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأسفل أو بمفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأعلى:

المؤشر	شهر شباط			شهر تموز		
	التركيز/القيمة قبل المعالجة	التركيز/القيمة بعد المعالجة	كفاءة الإزالة %	التركيز قبل المعالجة	التركيز بعد المعالجة	كفاءة الإزالة %
pH	7.5	7.8	-	7.9	8.2	
الناقلية النوعية (ميكرو سيمنس/سم)	6670	6890	-	7540	7660	
المواد الصلبة الطيارة (ملغ/ل)	1115	532	52.2	2642	1011	62
COD(ملغ/ل)	4311	1156	73.2	9414	2208	76.5
BOD_5(ملغ/ل)	3433	534	84.5	5890	1154	80.4
الشحوم والدهون (ملغ/ل)	370	90.8	75.5	717	265	63
NH_4-N (ملغ/ل)	126	145	15.1-[0]	185	208	12.4-
النترجين العضوي (ملغ/ل)	57.6	30.4	47.2	80.2	59.4	25.9
TP(ملغ/ل)	8.7	8.6	0.7	14.5	12.8	12.1
الكبرتيت(ملغ/ل)	24.1	8	66.8	8.1	13.5	65.2-
الكبريتات(ملغ/ل)	39.5	11	72.2	65.5	22.8	65.2

المعالجة البيولوجية الهوائية وإزالة نتروجين النترات لمياه صرف المذابح الفنية:

تمتاز هذه الطريقة من المعالجة بأنها تحقق إزالة جيدة للمواد العضوية والنتروجين والفسفور وذلك بوجود مرحلة منقوصة الأكسجين لإزالة النترات, ويمكن تأمين المرحلة المنقوصة الأكسجين في حوض التهوية نفسه عن طريق إطفاء بعض أجهزة التهوية لبعض الوقت, وتمّ تنفيذ إحدى محطات المعالجة تعمل بهذه الطريقة, في عدد من الدول الأوربية كألمانيا وعلى سبيل المثال: نذكر إحدى محطات المعالجة المنفذة بهذه الطريقة حيث يتم تجميع مياه الصرف في خزان تجميع ثم تعالج بمرشح بيولوجي ويلي المرشح البيولوجي حوضاً تهوية يعملان بشكل متناوب ثم حوض ترسيب نهائي وأخيراً مرشح نهائي وإنّ التدفق والأحمال العضوية موضحة في الجدول (7-5):

المؤشر	القيمة
التدفق (م3/يوم)	1000
الحمل العضوي اليومي معبراً عنه بـ كغ BOD_5/يوم	2020
كمية النتروجين الكلية معبراً عنها بـ كغ TKN/يوم	360
كمية الفسفور الكلية معبراً عنها بـ كغ TP/يوم	18

الجدول (7-5): مؤشرات تشغيل محطة معالجة بيولوجية هوائية مع إزالة النترات لمياه صرف المذابح الفنية

و إنّ حوضي التهوية في هذه المحطة يعملان بالتناوب بحيث مدة العمل في مرحلة إزالة النترات هي 2-1.5 ساعة, أمّا العمل في مرحلة النترتة فهي أيضاً 2-1.5 ساعة, ويتم التحكم بمدة عمل كل مرحلة وفقاً لتراكيز NO_3^- و NH_4^+ و DO .

إن مؤشرات تشغيل حوض التهوية لهذه المحطة مبينة في الجدول (**7**-6):

المؤشر	القيمة
التدفق (م^3/يوم)	1000
حجم حوض التهوية (م^3)	7000
pH	7.2-6.8
تركيز المواد المعلقة في السائل الممزوج في حوض التهوية (ملغ/ل)	5300-4000
الحمولة الحجمية معبراً عنها بـ (كغ BOD_5/م^3. يوم)	0.29
الحمولة الحجمية عنها بـ (كغ TKN/م^3. يوم)	0.051
الحمأة الزائدة (كغ/يوم)	66 كغ/يوم
عمر الحمأة (يوم)	40-30
حمولة الحمأة من النتروجين الكلي (كغ TKN/كغ TS. يوم)	0.012
حمولة الحمأة من الفسفور (كغ TP/كغ TS. يوم)	0.00064

الجدول (**7**-6): مؤشرات تشغيل حوض التهوية لمحطة المعالجة البيولوجية الهوائية والتي يتم فيها إزالة نتروجين النترات أيضاً

أمّا كفاءة الإزالة وتراكيز الملوثات فهي مبينة في الجدول (7-7):

المؤشر	التركيز قبل المعالجة	التركيز بعد المعالجة	كفاءة الإزالة %
COD(ملغ/ل)	---	47	
BOD_5(ملغ/ل)	2020	7	99.6
TN		11	
NH_4-N		3.7	
TP	18	0.8	95.5

الجدول (**7**-7): كفاءة الإزالة في محطة المعالجة البيولوجية الهوائية والتي يتم فيها أيضاً إزالة نتروجين النترات أيضاً.

- المعالجة البيولوجية لمياه صرف المذابح الفينة بالمفاعل ذي الجريان المتقطع المتسلسل (Sequencing batch reactors (SBR)):

إن طريقة المعالجة في المفاعل SBR هي مشابه لطريقة الحمأة و لكن يتم الجريان في هذا المفاعل بشكل متقطع و بشكل متسلسل, قبل المفاعل SBR يجب أن يتم وضع مصافي ذات فتحات 0.5-1 مم ,ويمكن بهذه الطريقة تحقيق كفاءة إزالة تصل حتى 95%, ويستهلك المفاعل SBR طاقة كهربائية قليلة بالمقارنة مع طرق المعالجة البيولوجية الأخرى, وتشير عدّة تقارير إلى إمكانية الوصول إلى تركيز COD مساوياً للقيمة 22 ملغ/ل, ويمكن الوصول إلى تركيز 1-2 ملغ/ل من الأمونيوم و5-15 ملغ/ل من النترات وكذلك يمكن تحقيق إزالة 40% من الفسفور عند معالجة مياه صرف المذابح الفنية.

والجدول (7-8) يبين المعلومات التشغيلية لإحدى محطات معالجة مياه صرف المذابح الفنية في إحدى الدول الأوربية وهذه المحطة ذات تدفق مقداره 470م^3/يوم، وزمن المكوث في مفاعل SBR هو2.5 يوم ويسبق المفاعل SBR بمعالجة تمهيدية تتألف من مصافي ذات أبعاد 0.3 مم وأحواض تطويف بالهواء المضغوط:

المؤشر	التركيز قبل المعالجة (في خزان التوازن)	التركيز بعد المعالجة	أصغر قيمة تمّ الوصول إليها بعد المعالجة
pH	6.4-5.8	7.4-6.1	
COD(ملغ/ل)	3820-3300	أقل من 150	93
FOG(ملغ/ل)	725-400	35-1	0.8
TKN(ملغ/ل)	227	-	
NH_4^+ (ملغ/ل)			0.4
NO_3^-(ملغ/ل)	أقل من 5	أقل من 20	أقل من 1

الجدول (7-8): مؤشرات تشغيل محطة معالجة بيولوجية تعمل بطريقة **SBR** لمياه صرف المذابح الفنية.

ـ معالجة مياه صرف المذابح الفنية من أجل إعادة استخدامها:

وهي معالجة بيولوجية مع إضافة مرحلة نهائية لمعالجة مياه الصرف تتم فيها المعالجة بالأغشية، تتألف محطة المعالجة التي تعمل بهذه الطريقة من المراحل الآتية:

1- مصافي دوراه.

2- حوض تطويف.

3- حوض مزج وتوازن.

4- معالجة بيولوجية متقدمة.

يتم فيها عملية نترتة وإزالة النترات أيضاً.

5- ترشيح بالأغشية (فوق ترشيح غشائي)(Ultra filtration) ثم إعادة الاستخدام مرّة أخرى, تخضع مياه الصرف المذابح الفنية إلى معالجة ميكانيكية ثم تخضع إلى معالجة بيولوجية هوائية, و تتألف المعالجة البيولوجية من مفاعل لإزالة النترات متبوعاً بمفاعلين للنترجة, وأخيراً يتم فصل الجزيئات ذات الأبعاد الأكبر أو التي تساوي 0.05 ميكرو متر بواسطة ترشيح غشائي, وتتميز هذه الأنظمة بثبات عال, وتحقق كفاءة إزالة عالية لـ COD تصل حتى 97%, أمّا النتروجين فيزال بكفاءة تصل حتى 90% ويوجد العديد من هذه المحطات منفذة في ألمانيا.

والجدول (7-9) يوضح بعضاً من مؤشرات التشغيل لإحدى محطات المعالجة التي تعمل وفق النظام السابق .

الشهر	المؤشر قبل المعالجة			المؤشر بعد المعالجة				
	التدفق ($م^3$/يوم)	COD (ملغ/ل)	NH_4^+-N (ملغ/ل)	COD (ملغ/ل)	NH_4^+-N (ملغ/ل)	NO_3^--N (ملغ/ل)	NO_2^--N (ملغ/ل)	TP (ملغ/ل)
كانون الثاني	2340	4935	995	55	5	45	3	0.15
شباط	2309.2	4136	975	58	4.5	48	4.2	0.2
آذار	3195.3	4832	838	65	2.2	52	5.3	0.3
نيسان	5065.1	7490	1067	75	3.8	50	6.5	0.2
أيار	5458.5	8000	1015	68	3.2	43	5.8	0.25
حزيران	2359.5	8650	1250	72	3.8	46	8.2	0.32
تموز	233.2	11750	1540	75	4.2	56	9.3	0.34
آب	2804.7	6700	1311	71	4.6	53	8.4	0.45
إيلول	2689.5	6200	1137	68	4.3	68	7.6	0.3
تشرين الأول	2735.2	5720	917	55	4.8	65	5.8	0.35
تشرين الثاني	2942.4	3800	802	58	4.1	63	5.2	0.45
كانون الأول	2579	4445	1012	61	3.8	58	5.3	0.25
القيمة الوسطية	3067.5	6388	1072	65	4	54	6.2	0.3

الجدول (7-9): مؤشرات تشغيل محطة معالجة بيولوجية ذات معالجة بالأغشية.

– بدائل معالجة مياه صرف المذابح الفنية:

وعموماً فإنّ مراحل معالجة مياه صرف المذابح الفنية وأسلوبها يتبع للهدف المنشود من هذه المعالجة ونوع الملوثات المراد معالجتها، ويمكن تلخيص أساليب وبدائل معالجة مياه صرف المذابح الفنية في الجدول (7-10) .

يشير الرمز (+) إلى إمكانية تحقيق الإزالة، والفراغ الذي ليس فيه شيء يدل على عدم تحقيق إزالة.

نوع المعالجة	نوع الإزالة				
	المواد الصلبة الكلية	المواد العضوية	الزيوت والشحوم والدهون	النترات والأمونيوم	الفسفور
المعالجة الأولية					
- التصفية الميكانيكية	+	+			
- فصل الزيوت والشحوم الدهون	+	+	+	+	+
- خزان توازن					
- التطويف بالهواء المضغوط	+	+	+		
- التطويف بالتشتيت (dispersion)	+	+	+		
- التطويف الميكانيكي		+	+	+	+
- المعالجة الكيميائية بالتخثير والترويب والترسيب		+	+		
- الترسيب والترشيح والتطويف					
المعالجة الثانوية					
- المعالجة اللاهوائية متبوعة بمرحلة منقوصة الأكسجين		+			
-الحمأة المنشطة أو البرك المهواة	+	+			
- التهوية المديدة		+		+	+
- النترتة وإزالة النترات				+	
المعالجة الثالثية					
الترشيح والترويب والتخثير				+	+

الجدول (7-10): بدائل معالجة مياه صرف المذبح الفني.

أهم التوصيات:

1- ضرورة اعتماد التكنولوجيا الحديثة في المذابح الفنية بحيث يتم فصل الدم وعدم تصريفه الى شبكة الصرف الصحي مما يوفر كميات كبيرة في استهلاك المياه و يقلل من الأحمال العضوية بنسبة تصل حتى 70%.

2- ضرورة اجراء معالجة بيولوجية متقدمة لمياه صرف المذابح الفنية واعادة تدوير مياه الصرف المعالجة في عمليات غسل الأراضي و/أو ري المساحات الخضراء.

3- تعتبر المعالجة البيولوجية اللاهوائية أحد أهم أنواع المعالجة البيولوجية المناسبة لمعالجة مياه صرف المذابح الفنية مع ضرورة الاستفادة من الغاز الحيوي الناتج عن المعالجة في عمليات التسخين و/أو توليد الكهرباء .