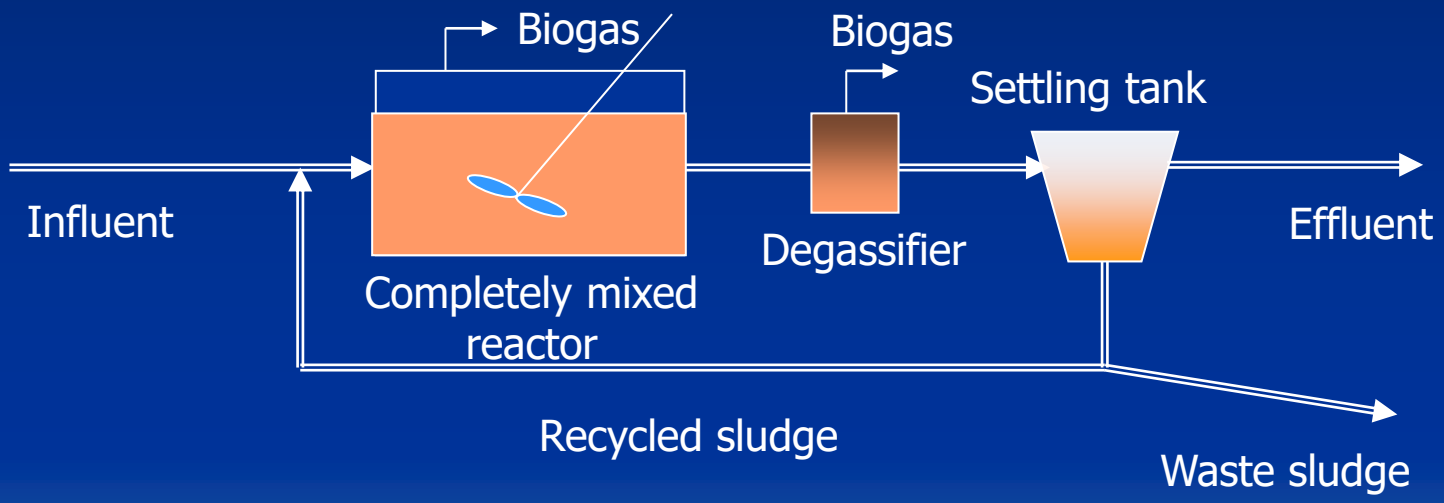
محاضرة بعنوان :

تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي بالطرق البيولوجية اللاهوائية والاستفادة منها في توليد الغاز الحيوي



إعداد الدكتور المهندس عبدالله صغير

مؤتمرالأيام العلمية في كلية الهندسة المدنية
في جامعة حلب تاريخ20–21/4/2011

مقدمة:

تطورت في السنوات القليلة الماضية وبشكل متسارع تقنيات وأساليب معالجة مياه الصرف الصناعي خصوصاً الصناعات ذات التي تتميز مياه صرفها بارتفاع الأحمال العضوية فيها نظراً لتأثيرها السلبي على محطات معالجة مياه الصرف الصحي المنزلي خصوصاً وعلى البيئة عموماً.
وإن لمعالجة مياه الصرف الصناعي أهمية كبيرة في :

أولاً- حماية البيئة من التلوث المتوقع حدوثه نتيجة صرف هذه المياه، بما قد تحتويه من سموم وجراثيم ومواد غير متحللة ذات تأثير تراكمي، وما قد يتخلف عنها من مخاطر صحية وبيئية، وتلويث مصادر المياه السطحية والجوفية والأوساط الأحيائية فيها.

ثانياً- الحفاظ على سلامة المعالجة البيولوجية في محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

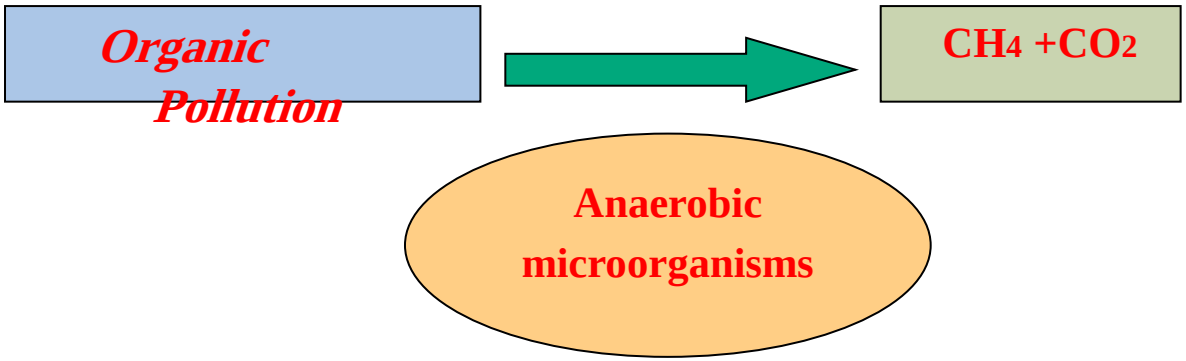
ثالثاً- توفير استخدام المياه النقية للاستهلاك العام، وحفظ موارد المياه النقية واستخدام المياه المعالجة في الزراعة وري الأراضي.

المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف

تعريف:

المعالجة اللاهوائية هي معالجة حيوية للمياه الملوثة دون استخدام الهواء أو الأوكسجين في المعالجة.

تقوم الأحياء الدقيقة اللاهوائية بتحويل الملوّثات العضوية إلى مزيج من غاز المتان(CH_4) و(CO_2).



العمليات البيولوجية الحاصلة أثناء معالجة المياه

العمليات البيولوجية :

إن التحولات البيولوجية للمواد العضوية في محطات معالجة المياه تجري خلال عبر ثلاث خطوات :

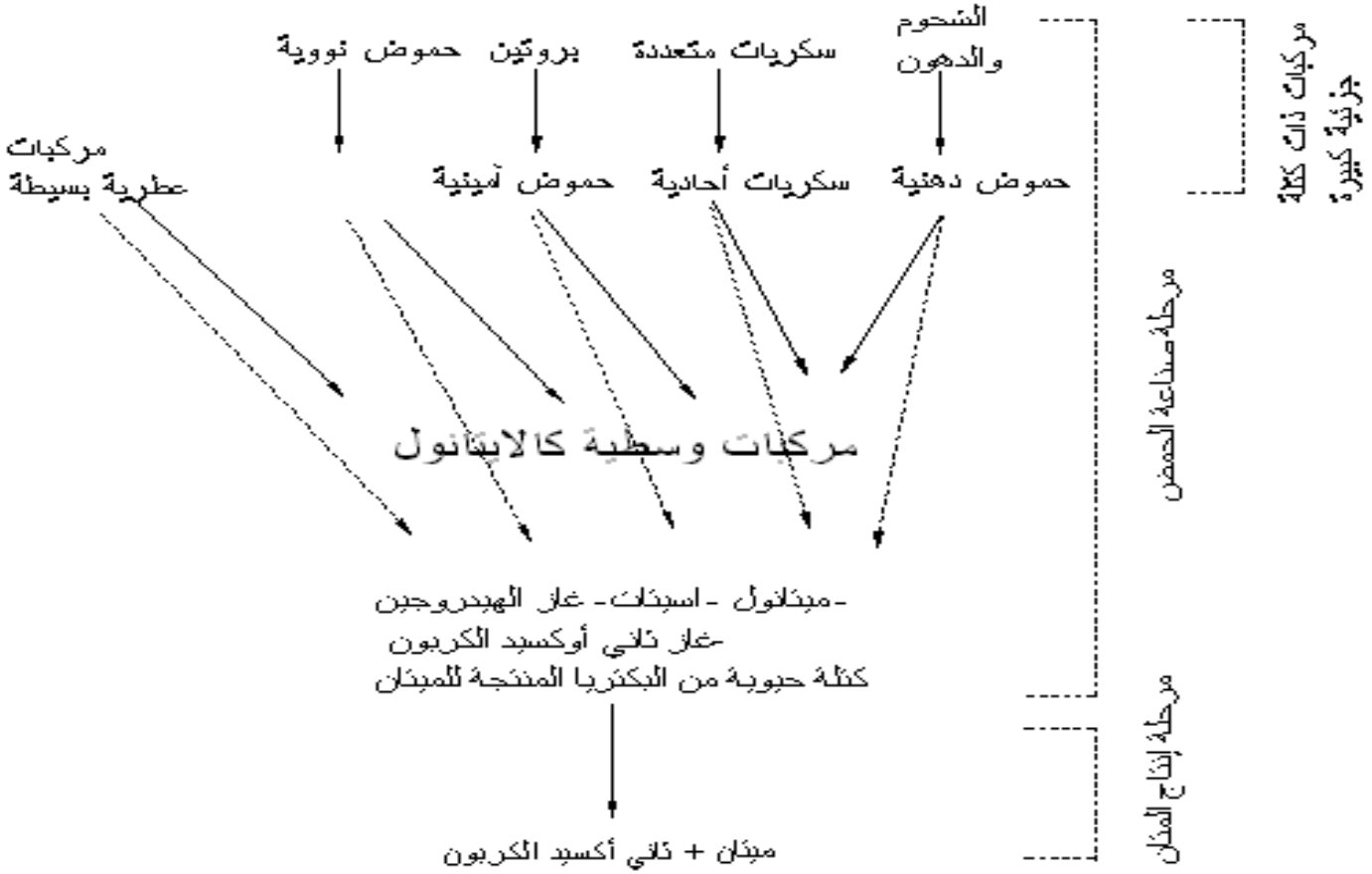
- **الخطوة الأولى(Hydrolysis):** في العمليات هي تحويل المركبات ذات السلاسل المعقدة و الكتلة الجزئية الكبيرة في وسط أنزيمي إلى مواد عضوية مناسبة للاستخدام وبسيطة تستخدم كمصدر للكربون وكمصدر للطاقة .

1) الشحوم والدهون تحول إلى حموض دهنية.
2) البروتين تتحول إلى حموض أمينية .
3) السكريات المتعددة إلى مركبات سكرية بسيطة

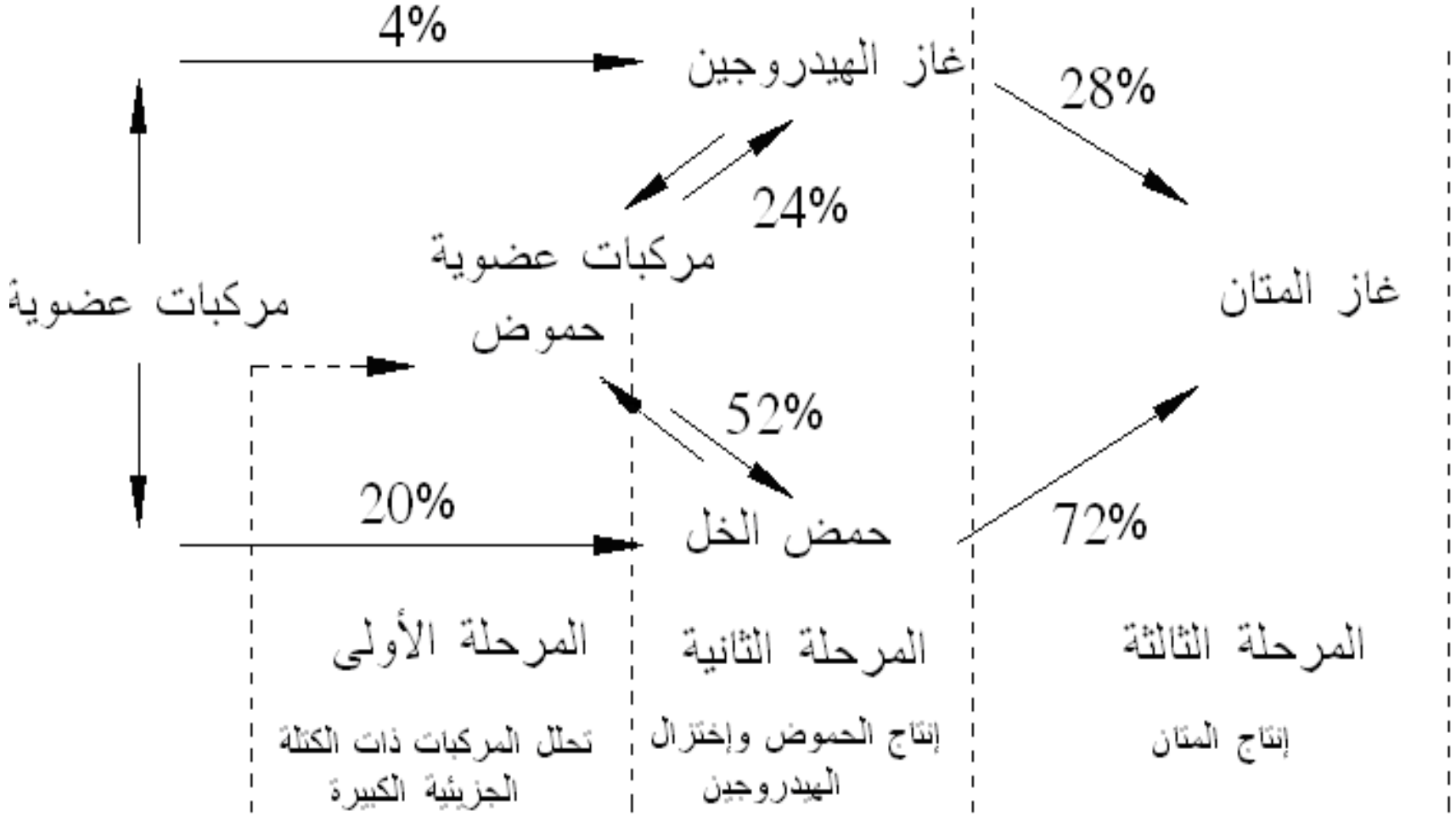
- **الخطوة الثانية :** الخطوة ذات التحولات الحامضية (Acidogenesis) وتشمل تحولات بكتيرية للمركبات الناتجة عن المرحلة الأولى إلى مركبات محددة وسيطة(إنتقالية) ذات كتل جزيئية أقل .

- **الخطوة الثالثة :** مرحلة البكتيريا المنتجة للمتان (Methanogenesis): وتشمل تحولات بكتيرية للمركبات الانتقالية إلى مركبات بسيطة و منتجات نهائية كغاز(CO_2 و CH_4) .

و يعتقد أن التحول البيولوجي للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف المعرضة للمعالجة اللاهوائية يتم عبر مراحل ثلاث



الشكل (1-6): مراحل التحول البيولوجي للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف المعرضة للمعالجة اللاهوائية


4%
غاز الهيدروجين
28%
24%
مركبات عضوية
حموض
مركبات عضوية
غاز المتان
52%
20%
حمض الخل
72%
المرحلة الأولى
المرحلة الثانية
المرحلة الثالثة
تحلل المركبات ذات الكتلة الجزيئية الكبيرة
إنتاج الحموض وإختزال الهيدروجين
إنتاج المتان

المواد ذات قابلية التفكك البيولوجي اللاهوائي:

تتميز المعالجة البيولوجية اللاهوائية بقابلية تفكيكها لمجال واسع من المواد العضوية فهي قادرة على تفكيك السكريات الأحادية والسكريات المتعددة مثل السيللوزية و النشاء و قادرة على تفكيك البروتينات والحموض الآمينية مثل بروتين البطاطا والبروتينات الموجودة في الحليب..... ولها القدرة على تفكيك الدهون والحموض الدهنية ذات السلاسل الكبيرة وكذلك لها القدرة على تفكيك مركبات الكحول البسيطة مثل الميتانول والإيتانول ....ولها القدرة أيضاً على تفكيك مركبات فورمالدهيد ومركبات الفينول وحموض البنزن والألدهيدات وكلورات الفينولات والمركبات العطرية.. هذا المجال الواسع لقدرة البكتريا اللاهوائية على تفكيك المواد العضوية البسيطة و المعقدة جعل استخدام المفاعلات اللاهوائية في معالجة مياه الصرف ذات المنشأ الصناعي يزداد يوماً بعد يوم .

المواد المعيقة للبكتريا المنتجة للمتان:

إنّ المواد المعيقة لعمل البكتريا اللاهوائية موضحة في الجدول آتي:

معيقات عمل البكتريا المنتجة للمتان		
تصنيف المركبات	الصفة السمية للبكتريا اللاهوائية	ملاحظات
الدهون والحموض الدهنية ذات السلاسل الطويلة .	سلم	IC50 = ٥٠٠-١٢٥٠ ملغ/ل
الحموض الدهنية الطيارة .	سلم	غير سامة عند PH يتراوح بين ٧ إلى ٨ والسمية تعتمد على PH الناتج عن الحموض الدهنية الطيارة غير المتشردة فمثلاً IC50 للاسيتات والبروبيونات هو ٦- ١٦ ملغ /ل من الحموض الدهنية الطيارة غير المتشردة
السيانيد	شديد السمية جداً	IC50= ١ ملغ/ للحمأة غير ا لمتكيفة IC50= ٢٥ ملغ/ للحمأة ا لمتكيفة
فورم الدهيد	شديد السمية جداً	IC50= ١٠٠ ملغ / للحمأة غير ا لمتكيفة IC50= ٤٠٠ ملغ / للحمأة المتكيفة

معيقات عمل البكتريا المنتجة للمتان		
تصنيف المركبات	الصفة السمية للبكتريا اللاهوائية	ملاحظات
مركبات الكبريت غير العضوية ١ – الكبريدات (سولفيد)	شديد السمية جداً	السمية تعتمد على PH مياه الصرف الناتج عن الأشكال غير المتشردة لمركبات الكبريتيد أي H_2S الحر الموجودة في مياه الصرف IC50= ٢٥٠ ملغ / ل من الكبريت الموجود في H2S الحر
٢ – الكبريتات	غير سامة	تكون الكبريتات سامة فقط في التراكيز العالية IC50 = ٣٣٠٠ ملغ / ل من الكبريت الموجود في شاردة SC_4^{-2}
٣ – شاردة الكبريتيت الثلاثية (السولفيت)	شديد السمية جداً	IC50 = ٥٠ ملغ /ل من انكبريت الموجود في شاردة SO_3^{-2}
الأمونيا	سامة جداً	السمية تعتمد على PH مياه الصرف الناتج عن الأشكال غير المتشردة لمركبات الأمونيا أي NH3 الحر IC50 = ٥٠ ملغ /ل من النتروجين الموجود في شاردة NH_3 الحر

معدلات عمل البكتريا المستخدمة للتمثيل		
تصنيف المركبات	الصفة السمية للبكتريا اللاهوائية	ملاحظات
أملاح المعادن الثقيلة	شديد السمية جداً	بعض أملاح المعادن الثقيلة شديدة السمية وخصوصاً عندما تكون بالشكل المنحل مثل أملاح النحاس المنحل والذي له قيمة IC50= ١٠ –٢٥ ملغ /ل ولكن غالباً ما تزال سمية أملاح المعادن الثقيلة في أنظمة المعالجة اللاهوائية وذلك بترسيبها على شكل كبريتات أو كربونات المعادن الثقيلة
الأملاح (مثل Na+, K+, Ca +)	سام	فقط في التراكيز العالية IC50= ٤٧٠٠ – ٧٦٠٠ ملغ / ل
المركبات العطرية ١ – المركبات العطرية الهيدروكربونية ٢ – الفينول ٣ – حموض البنزن ٤ – أمدهيد البنزن ٥ – كلوريدات الفينول ٦ – كلور البنزن	 سام سام غير سامة سام شديد السمية جداً شديد السمية جداً	على سبيل المثال : البنزن IC50= ١٩٧٠ ملغ / ل إيثل البنزن IC50= ٣٤٠ ملغ / ل IC50= ١٣٠٠ ملغ / ل IC50 >> ٤٢٥٠ ملغ / ل بنا كلور الفينول IC50= ١ ملغ / ل

٧ – المركبات النترو عطرية	سام	على سبيل المثال :مركب نترو البنزن IC50=١٠ ملغ / ل
٨ – الأمينات العطرية	سامة جداً	على سبيل المثال :مركب الأنيلين IC50=٩٠٠ ملغ / ل
المركبات الأليفاتيه المركبات الهيدروكربونية الأليفاتيه المكلورة	شديدة السمية جداً	على سبيل المثال : مركب الكلوروفورم IC50= ٠,٥ ملغ / للخمأة غير المتكيفة IC50= ٤٥ ملغ / للخمأة المتكيفة
المركبات ذات الفعالية السطحية	سامة جداً	المنظفات موجبة أو سالبة الشحنة IC50=٢٠ – ٥٠ ملغ / ل
صبغة آزو	سامة / أو غير سامة	شديدة التغير
مركبات الفينو كيميائية ١ – بوليمر ليجنين ذي الوزن الجزئي الكبير	غير سامة	
٢ – مركبات بوليمر أحادي الميجن	سامة جداً	على سبيل المثال مركبات جيوكول IC50=٢٢٠٠ ملغ / ل
٣ – التربينات الطيارة	شديدة السمية جداً	سلاسل الكربونية بوجينول الفينول IC50=٢٦٤ ملغ / ل

معيقات عمل البكتريا المنتجة للمتان		
تصنيف المركبات	الصفة السمية للبكتريا اللاهوائية	ملاحظات
مركبات الفينو كيميائية ٤- راتنج الخشب	شديدة السمية جداً	على سبيل المثال باينين IC50=١٨٠ ملغ/ل على سبيل المثال الأبيتان IC50=١٤٠ ملغ/ل
٥- حمض التانيك	سامة جداً	على سبيل المثال حمض التانيك الدابغ IC50=٣٥٠ ملغ/ل مركبات حمض التانيك ذات الكتلة الجزئية الكبيرة غير سامة

IC50 : التركيز اللازم أو المؤدي لإعاقة ٥٠ % من البكتريا

محاسن ومساوئ معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي بالطرق اللاهوائية

أ- محاسن المعالجة اللاهوائية

1. الطاقة اللازمة لتشغيل المفاعلات اللاهوائية لمعالجة مياه الصرف صغيرة جداً مقارنة مع طرق المعالجة الهوائية أو الاختيارية لأنه في طرق المعالجة الهوائية نحتاج 0.5-0.7 كيلو واط ساعي لإزالة 1 كيلو غرام COD بينما في طرق المعالجة اللاهوائية يكون استهلاك الطاقة صغير جداً.
2. نتيجة التفاعلات اللاهوائية في المفاعلات اللاهوائية تنتج طاقة على شكل غاز حيوي (غاز الميتان) حيث أن إزالة ا كغ COD يمكن أن تعطي طاقة تعادل 1.16 كيلو واط ساعي.
3. تعطي كمية قليلة من الحمأة حيث أن كل ا كغ COD مزال في الطريقة اللاهوائية يتحول بنسبة أكثر من 90 % غاز ميتان والباقي والذي هو أقل من 10 % يتحول إلى حمأة بينما في طرق المعالجة الهوائية ا كغ COD مزال يتحول إلى 50% حمأة والباقي غازCO_2 و بخار الماء وبالتالي كمية الحمأة الناتجة عن المعالجة اللاهوائية تعادل 20% من كميتها في المعالجة الهوائية.
4. تحتاج عمليات المعالجة اللاهوائية إلى كمية من الغذاء (فوسفور ونتروجين) تعادل 20 % من الكمية المحتاج إليها في المعالجة الهوائية وذلك بسبب صغر معدل إنتاج الكتلة الحيوية.

5. يمكن تشغيل المفاعلات البيولوجية اللاهوائية على معدلات تحميل عضوية أكبر بـ 5 – 10 مرات من معدلات تشغيل المفاعلات الهوائية مما يصغر حجم المفاعلات عند استخدامها في معالجة مياه الصرف الناتجة عن الصناعات شديدة التلوث.

6. يمكن في المعالجة اللاهوائية تحويل العديد من المذيبات الخطرة كالكلوروفورم و ثلاثي كلوزين إلى أشكال سهلة التحلل.

7. مقاومة للمواد السامة والمواد المثبطة لنمو البكتريا بشكل أكبر بكثير من البكتريا الهوائية .

ب- مساوىء المعالجة اللاهوائية:

1) زمن إقلاع المفاعلات اللاهوائية كبير بالمقارنة مع المفاعلات الهوائية وذلك بسبب صغر معدل الاصطناع الحيوي (إنتاج الحماة) وبالتالي تحتاج المفاعلات اللاهوائية زمن كبير من أجل تحقيق الحالة الثابتة.

2) زمن استعادة الحالة الثابتة في المفاعلات اللاهوائية كبير بالمقارنة مع المفاعلات الهوائية فالمفاعلات اللاهوائية التي يحدث فيها أحياناً خروج للحمأة خارج المفاعل بشكل غير منتظم أو التي تتعرض لصدمات من مواد سامة تحتاج لوقت أطول من المفاعلات الهوائية لاستعادة حالتها الثابتة.

3) تحتاج المفاعلات اللاهوائية مواد مغذية خاصة ليتم عملها بشكل فعال فمثلاً البكتريا المنتجة للميتان تحتاج إلى بعض الشوارد المعدنية الخاصة كشوارد الحديد وشوارد الكوبالت لكي تعمل بشكل فعال.

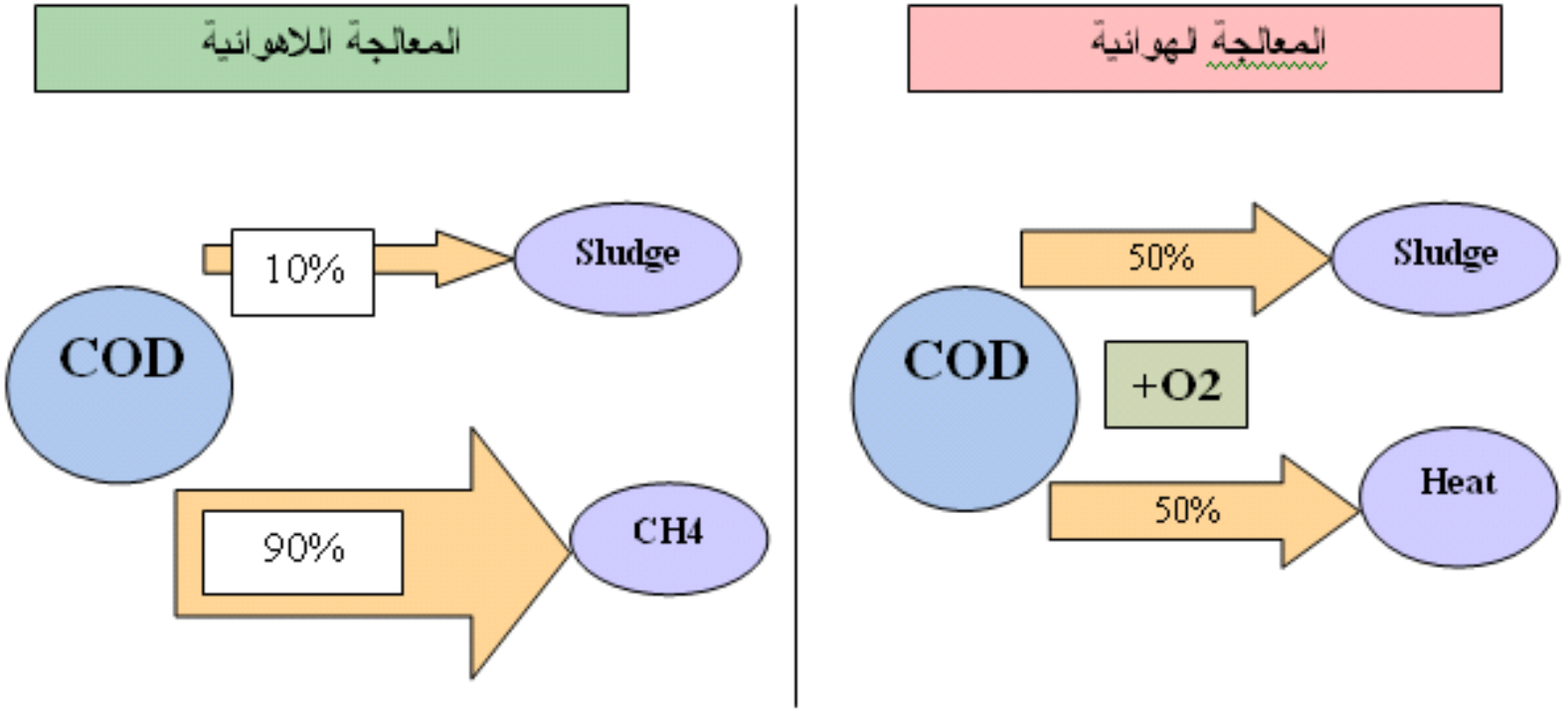
4) أكثر تأثراً بالشروط البيئية من البكتريا الهوائية وخصوصاً البكتريا المنتجة للميتان فهي أكثر تأثراً بتغير قيمة PH أو درجة الحرارة... من البكتريا الهوائية.

5) تتأثر فعالية البكتيريا المنتجة للميتان بوجود شوارد الكبريت والكبريتات في مياه الصرف الغنية بالكبريتات.

6. صفات مياه الصرف الناتجة عن المعالجة اللاهوائية أقل جودة من صفات مياه الصرف الناتجة عن المعالجة الهوائية وذلك لأن التركيز الأصغري للملوثات الواجب توفرها في مياه الصرف حتى تعمل البكتريا اللاهوائية بشكل فعال وتحافظ على بقائها أكبر منه للبكتريا الهوائية لذلك فإنه قد تبقى بعض المواد العضوية في مياه الصرف المعالجة بالطرق اللاهوائية غير متحللة الأمر الذي قد لا يحقق الشروط البيئية الخاصة بتصريف مياه الصرف المعالجة.

7. عند معالجة مياه الصرف الغنية بالبروتين أو النترجين بالطرق اللاهوائية إن النتروجين يبقى في مياه الصرف دون معالجة وذلك لأن تفكيك وتحلل البروتين يعطي أمينات والتي سرعان ما تتفكك لتعطي أخيراً النتروجين الذي يتطلب معالجة هوائية للتخلص من النتروجين الموجود في المياه المعالجة.

المقارنة بين الطريقتين الهوائية واللاهوائية



مقارنة كمية (COD) بين الطريقتين الهوائية واللاهوائية

مقارنة بين عمليات المعالجة الهوائية واللاهوائية

مجال المقارنة	المعالجة الهوائية	المعالجة اللاهوائية
معدل الحمل العضوي في واحدة الحجوم	منخفض في عمليات الحمأة المنشطة ويتراوح بين ٠,٥–١,٥ كغ COD /م٣.يوم	مرتفع في عمليات المعالجة اللاهوائية وذلك للمفاعلات UASB و AF ... و ويتراوح بين ١٠–٤٠ كغ COD /م٣.يوم
معدل إنتاج البيوماس(الكتلة الحيوية أو الحمأة)	مرتفع ويتراوح بين ٠,٣٧– ٠,٤٦ كغ VSS / كغ COD	منخفض ويتراوح بين ٠,٠٥– ٠,١٥ كغ VSS / كغ COD
زمن الإقلاع	قصير ويتراوح بين ١ – ٢ أسبوع	طويل وهو حوالي: ١ –٢ شهر في درجة حرارة ٣٥–٤٠ درجة مئوية ٢ –٣ شهر في درجة حرارة ٤٠–٥٠ درجة مئوية
زمن مكوث المواد الصلبة في المفاعل (SRT)	٤–١٠ يوم يكفي في عمليات الحماة المنشطة	كبير وذلك ضروري للحفاظ على النمو البطيء للبكتريا المنتجة للميتان ضمن المفاعل
ميكروبيولوجيا النظام	غالباً ما يسيطر نوع واحد من الأحياء الدقيقة ضمن المفاعل الهوائي	تتم عبر مراحل متعددة للأحياء الدقيقة و عبر مراحل متلاحقة
التأثر بالظروف البيئية	قليلة التأثر	شديدة التأثر

بعض طرق وأشكال المفاعلات المعالجة البيولوجية اللاهوائية

1- عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية ذات التماس
Anaerobic contact process (ACP)

2- المرشح البيولوجي اللاهوائي (Anaerobic filter)

3- المفاعل اللاهوائي ذو الجريان العلوي عبر طبقة الحمأة المعلقة Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB

4- المفاعل ذوالسرير المتمدد اللاهوائي :
Expanded bed reactor (EBR)

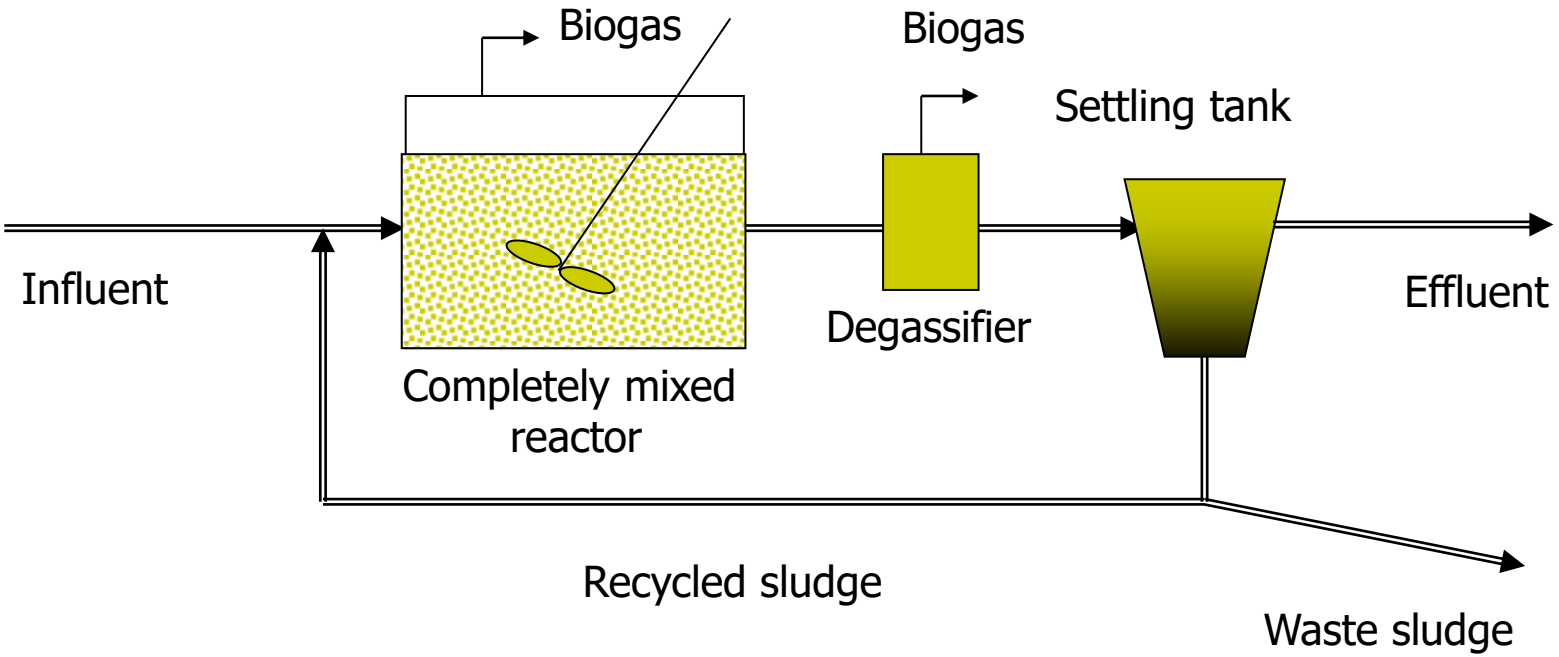
5- المفاعل اللاهوائي ذو السرير المميع :
Fluidized bed reactor (FBR)

6- المفاعل اللاهوائي الموجه
Anaerobic baffled reactor

1- عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية ذات التماس

Anaerobic contact process (ACP)

إن عملية المعالجة (ACP) هي طريقة معالجة بالحمأة المنشطة اللاهوائية وتتألف من حوض لا هوائي ذي مزج كامل ومن هاضم لا هوائي وأخيراً حوض ترسيب نهائي ويتم إعادة الحمأة اللاهوائية المنشطة من حوض الترسيب النهائي إلى بداية حوض المزج الكامل ويتم إنتاج غاز المتان في الأقسام اللاهوائية من هذه المحطة كما موضح هو في الشكل الآتي :



إن الهدف الرئيسي من وجود الهاضم بعد حوض المزج الكامل السماح لجزيئات غاز CO_2 وغاز CH_4 بالإنفصال عن حبيبات الحمأة الملتصقة بها ,حيث تصعد فقاعات الغاز إلى الأعلى ليتم سحبها.

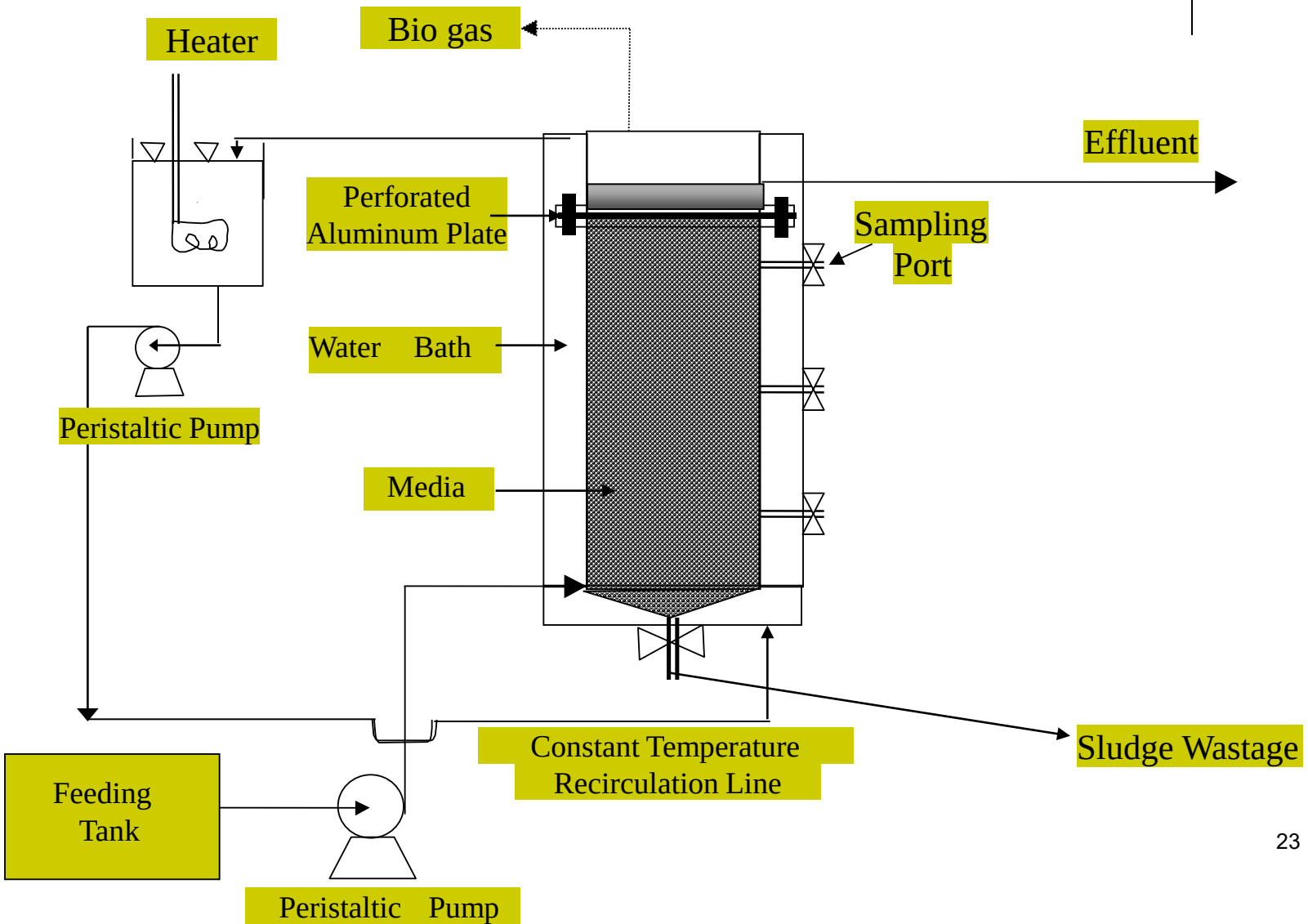
تستخدم هذه الطريقة من المعالجة لمعالجة مياه الصرف التي تحوي على مواد معلقة بتركيز عال وذلك من أجل تسهيل عملية تشكل الندف البيولوجية القابلة للترسيب.

إن تركيز البيوماس في حوض المزج الكامل يتراوح بين (4000-6000)ملغ/ل ويمكن أن يصل حتى (25000-30000)ملغ/ل وهذا يتعلق بالطبيعة الترسيبة للحمأة المعادة.

يبلغ معدل التحميل العضوي الحجمي في حوض المزج الكامل اللاهوائي بين (0.5-10) كغ COD/م3.يوم

- إن زمن مكوث المواد الصلبة اللازم SRT: يمكن تحقيقه وذلك بالتحكم بكمية الحمأة المنشطة اللاهوائية المعادة وفقا لأسس المعالجة البيولوجية المتبعة في طريقة المحمأة المنشطة

2- المرشح البيولوجي اللاهوائي (Anaerobic filter)



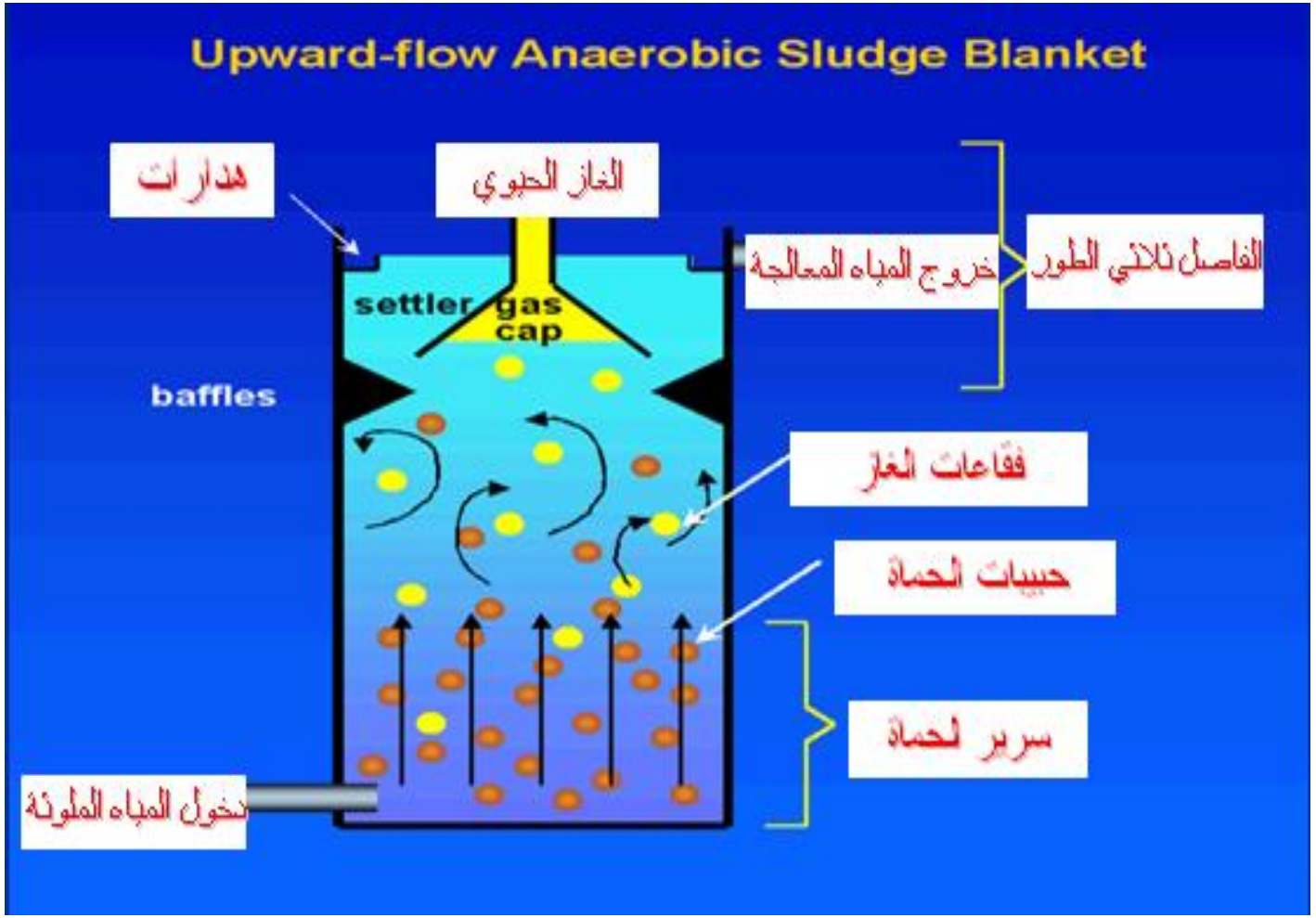
الجريان في المرشح البيولوجي اللاهوائي من الأسفل إلى الأعلى.

- ينتج عن المعالجة اللاهوائية في هذا المفاعل غاز المتان CH4 الذي يمكن استرجاعه والإستفادة منه في عمليات توليد الكهرباء.
- تنتج عن عملية المعالجة في هذا المفاعل كمية قليلة من الحمأة.
- معدل الحمولة العضوية الحجمية في هذا المفاعل يتراوح بين (5-15) كغ COD/م3.يوم ويتميز هذا المفاعل كغيره من طرق المعالجة البيولوجية اللاهوائية بزمن مكوث كبير للمواد الصلبة SRT أمّا زمن المكوث الهيدرليكي HRT في هذا المفاعل فيتراوح بين (0.5-4) يوم.
- يفضل ان يكون تركيز المواد المعلقة TSS في مياه الصرف الداخلة إلى المرشحات البيولوجية اللاهوائية صغيراً وذلك لمنع انصطام المفاعل ,لذلك يفضل أن يسبق هذا المفاعل حوض ترسيب أولي أو حوض تطويف.

- يملأ عادة بوسط حامل للبكتريا النسبة المئوية لهذا الوسط في المفاعل بحدود (40-50) من حجم المفاعل.
- يمكن استخدام عدّة مواد كوسط حامل (الميديا) للبكتريا كالبحبيبات البلاستيكية وغيرها ويوجد في حالياً مواد بلاستيكية ذات سطح نوعي كبير يصل حتى 100م2/م3 وإن أشكال الميديا مبينة في الشكل الآتي :

3- المفاعل اللاهوائي ذو الجريان العلوي عبر طبقة الحمأة المعلقة
Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

الشكل العام للمفاعل UASB موضح في الشكل الآتي :



مبدأ المعالجة في المفاعل UASB

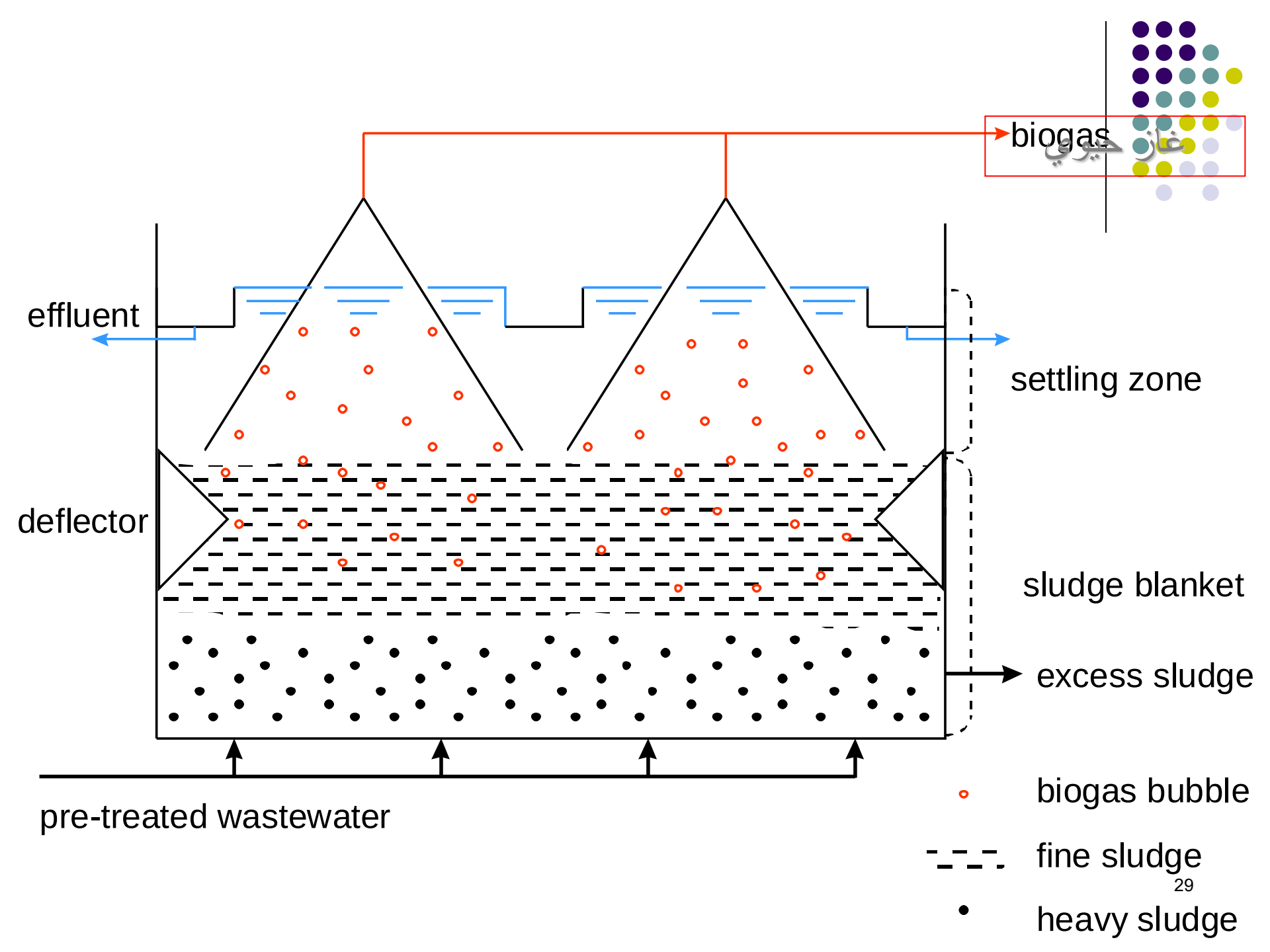
في مفاعل UASB يدخل الماء المطلوب معالجته من قاع المفاعل و يجري باتجاه الأعلى عبر طبقة الحمأة المؤلفة من حبيبات أو جزيئات متشكلة بيولوجياً.

حيث يمكن أن يوصف المفاعل UASB كنظام تمر فيه مياه الصرف أولاً عبر سرير حمأة متمدد يحتوي على تركيز كبير من الكتلة الحيوية ,ويمكن أن توجد هذه الحمأة في المفاعل بشكل حبيبات وإن القسم الأعظم من المعالجة يحدث في سرير الحمأة هذا. وإن القسم المتبقي من الملوثات في الماء يمر بعدها عبر ما يدعى بطبقة الحمأة المعلقة والتي هي أقل كثافة من ما هو واقع أسفل منها من حمأة وإن تأمين حجم كاف لطبقة الحماة المعلقة فوق سرير الحمأة هو أمر ضروري لتأمين معالجة لاحقة لملوثات مياه الصرف والتي مرت عبر سرير الحمأة بدون معالجة بسبب تشكل أقنية عشوائية في سرير الحمأة في بعض المواقع.

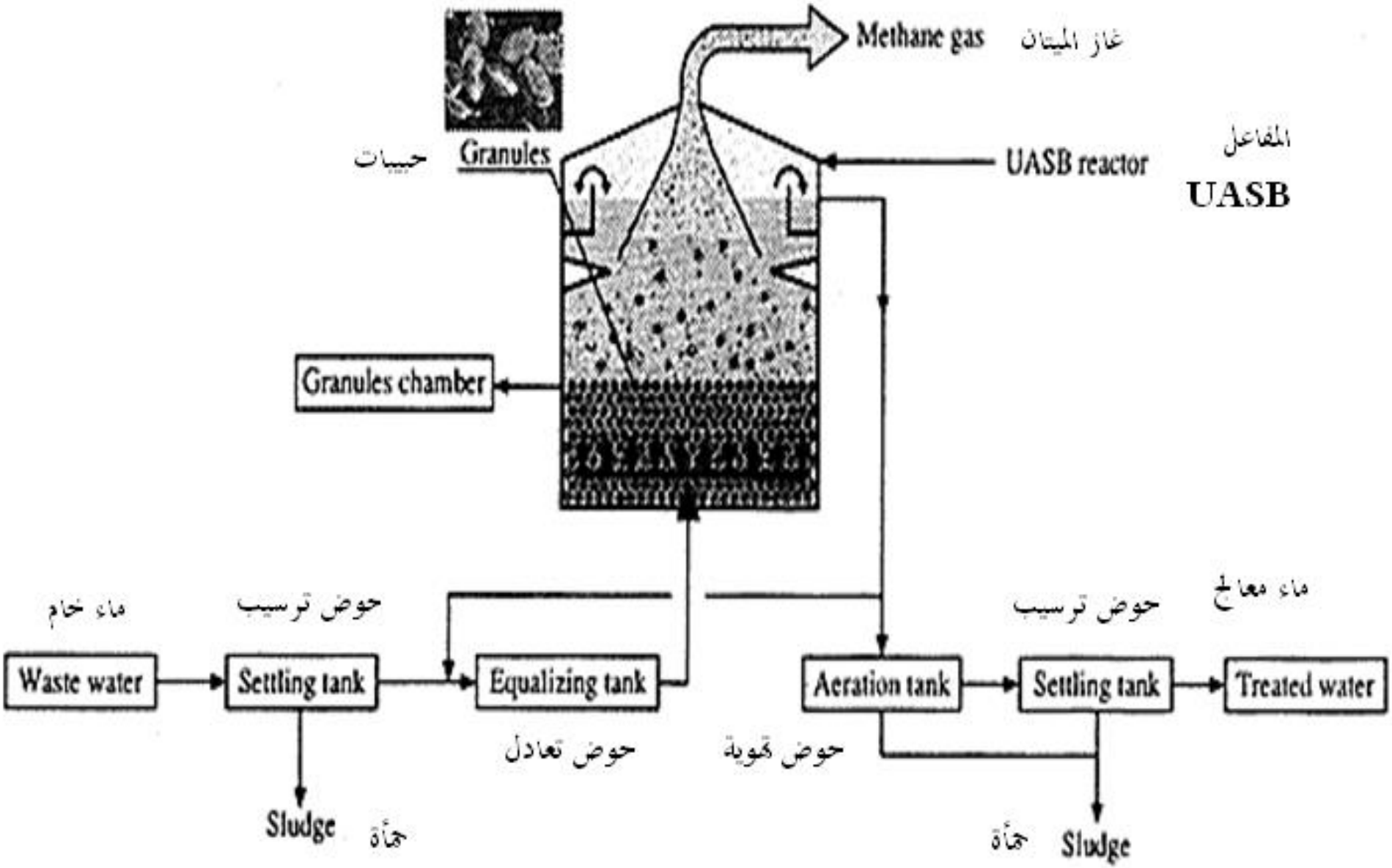
وطبقة الحمأة المعلقة هذه ستحافظ على نوعية مستقرة للتدفق الخارج من المفاعل و إن الغازات الناتجة عن العملية (والتي هي بشكل رئيس غاز الميتان و غاز ثاني أكسيد الكربون) تسبب حركة دوران داخلية تساعد في تشكيل الحبيبات البيولوجية و الحفاظ عليها.

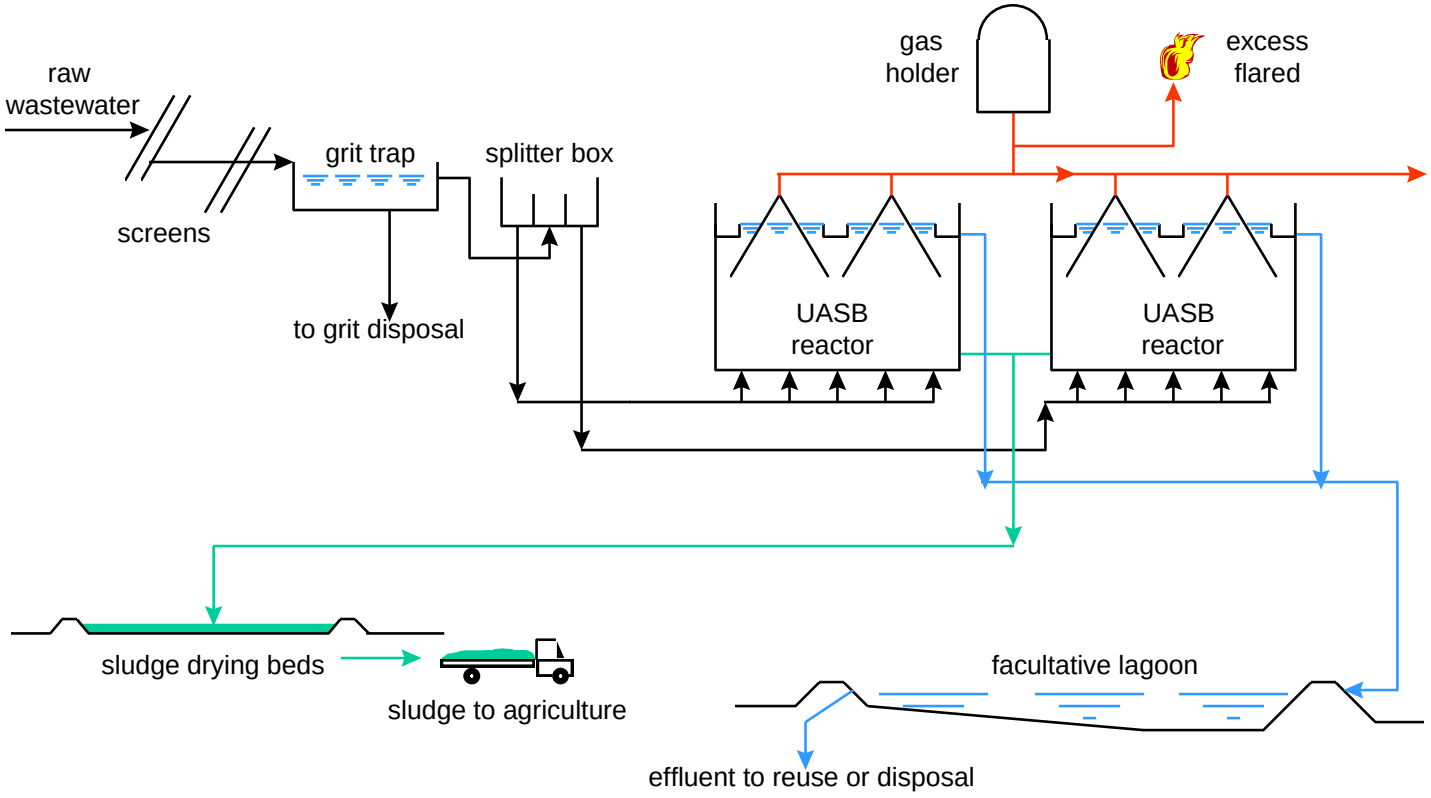
إن بعض فقاعات الغاز المتشكل ضمن طبقة الحمأة تبقى ملتصقة على الحبيبات البيولوجية. إن الغاز الحر و الجزيئات التي التصقت بها فقاعات الغاز ترتفع إلى أعلى المفاعل و من ثم فإن الجزيئات التي ارتفعت إلى السطح تصطدم بقاع الصفائح المخصصة لإزالة الغاز مما يسبب تحرر فقاعات الغاز، بعد ذلك تهبط الجزيئات التي تخلصت من فقاعات الغاز إلى سطح طبقة الحمأة أما الغاز والسائل فيغادران المفاعل.

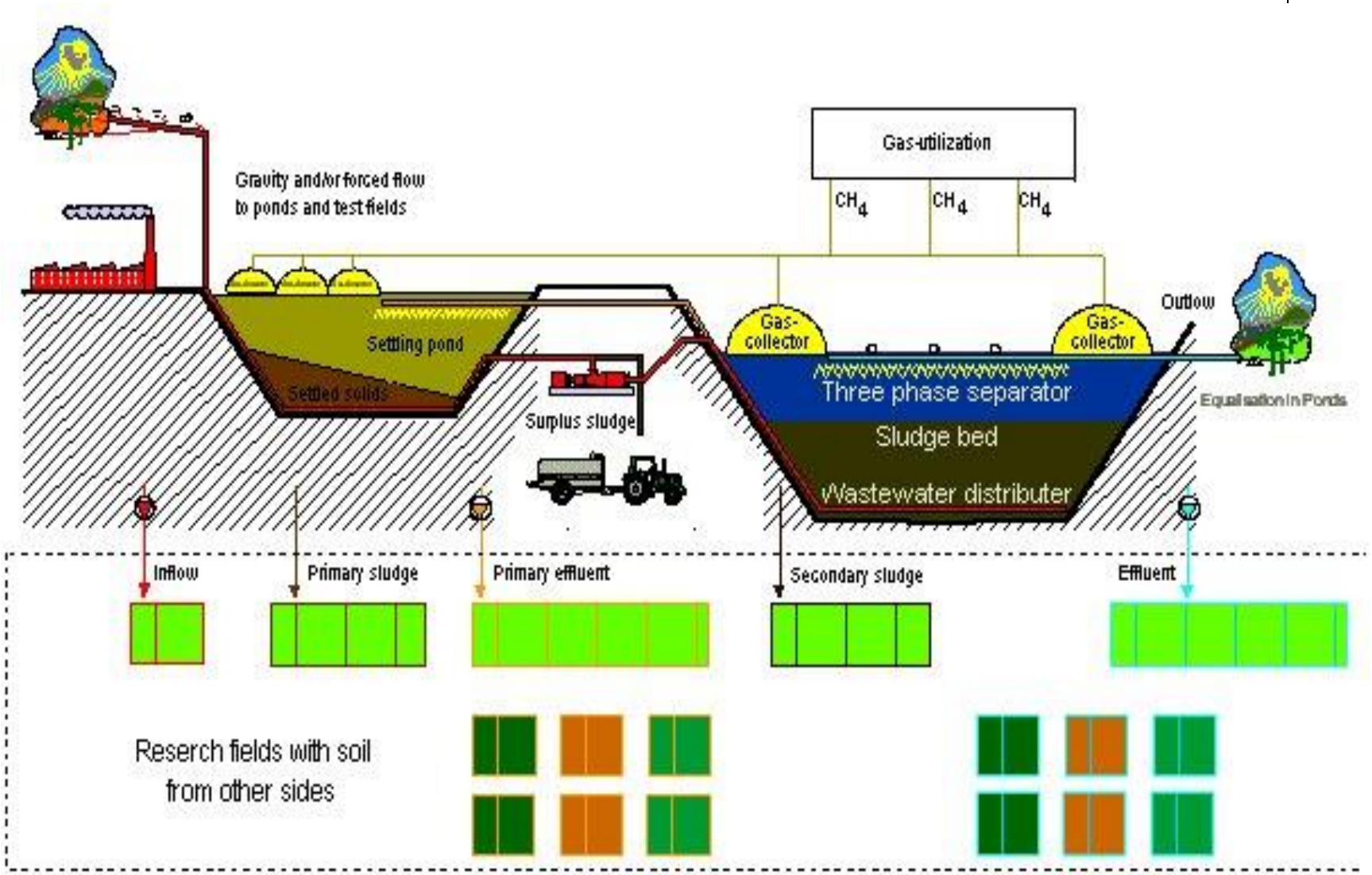
إن الغاز الحر و الغاز المتحرر من الجزيئات يحجز في قبة جمع الغاز الموجودة في أعلى المفاعل.


biogas
غاز حيوي
effluent
settling zone
deflector
sludge blanket
excess sludge
pre-treated wastewater
biogas bubble
fine sludge
heavy sludge

مخطط محطة معالجة متكاملة بطريقة UASB



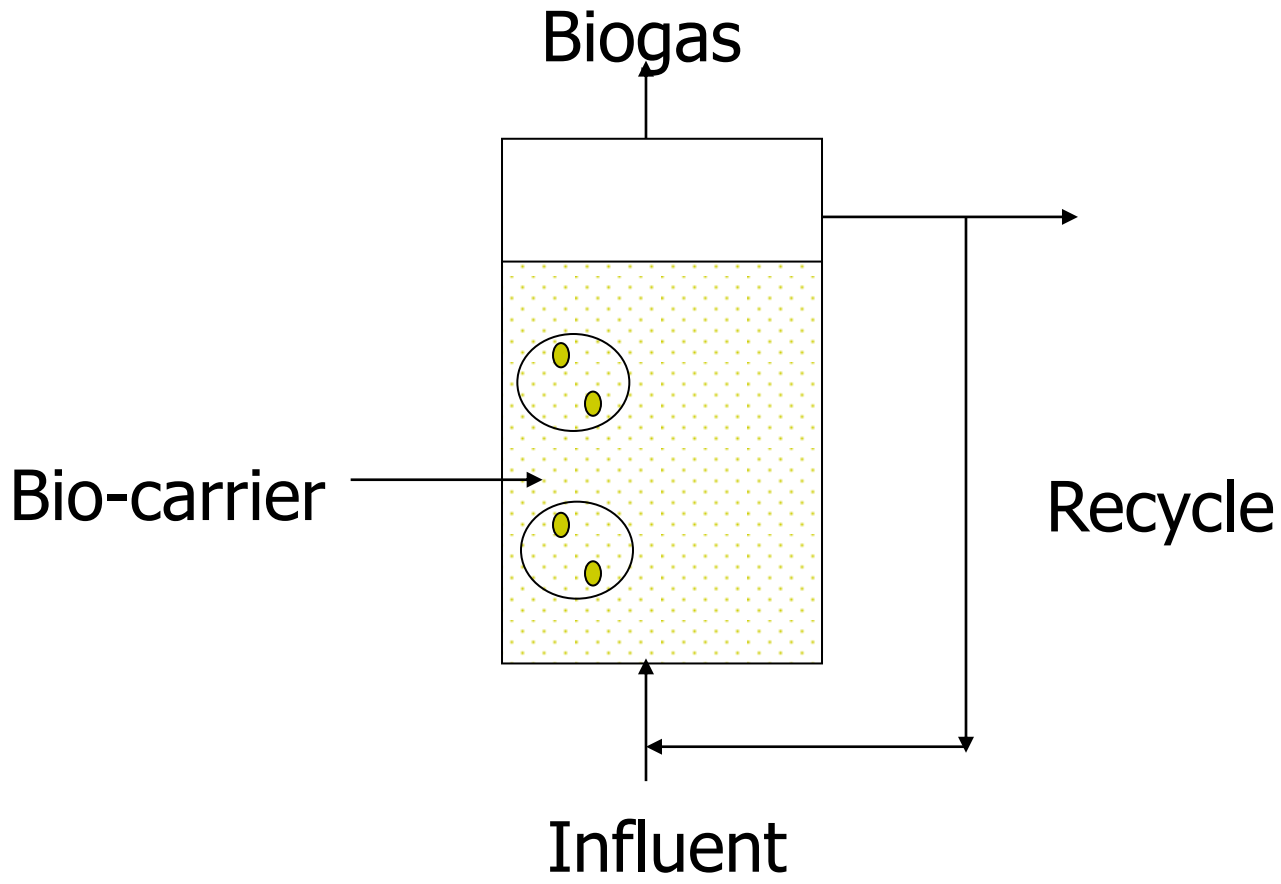

raw
wastewater
screens
grit trap
to grit disposal
splitter box
gas
holder
excess
flared
UASB
reactor
UASB
reactor
sludge drying beds
sludge to agriculture
facultative lagoon
effluent to reuse or disposal


Gravity and/or forced flow
to ponds and test fields
Gas-utilization
CH_4
CH_4
CH_4
Outlow
Gas-
collector
Gas-
collector
Settling pond
Settled solids
Surplus sludge
Three phase separator
Sludge bed
Wastewater distributer
Equalisation in Ponds
Inflow
Primary sludge
Primary effluent
Secondary sludge
Effluent
Reserch fields with soil
from other sides

جدول هام جداً لتصميم المفاعل UASB

تصنيف مياه الصرف	تركيز COD للمياه الخام ملغ /ل	الحمولة العضوية في واحدة الحجم Kg COD / m^3.day	زمن المكوث الهيدروليكي (ساعة)	السرعة الشاقولية للسائل م / ساعة	كفاءة الإزالة المتوقعة %
منخفضة التلوث	أقل أو يساوي 750	3-1	18-6	0.7-0.25	75-70
متوسطة التلوث	3000-750	5-2	24-6	0.7-0.25	90-80
شديدة التلوث	10000-3000	10-5	24-6	0.7-0.15	85-75
شديدة التلوث جداً	أكبر من 10000	15-5	أكبر من 24	----	80-75

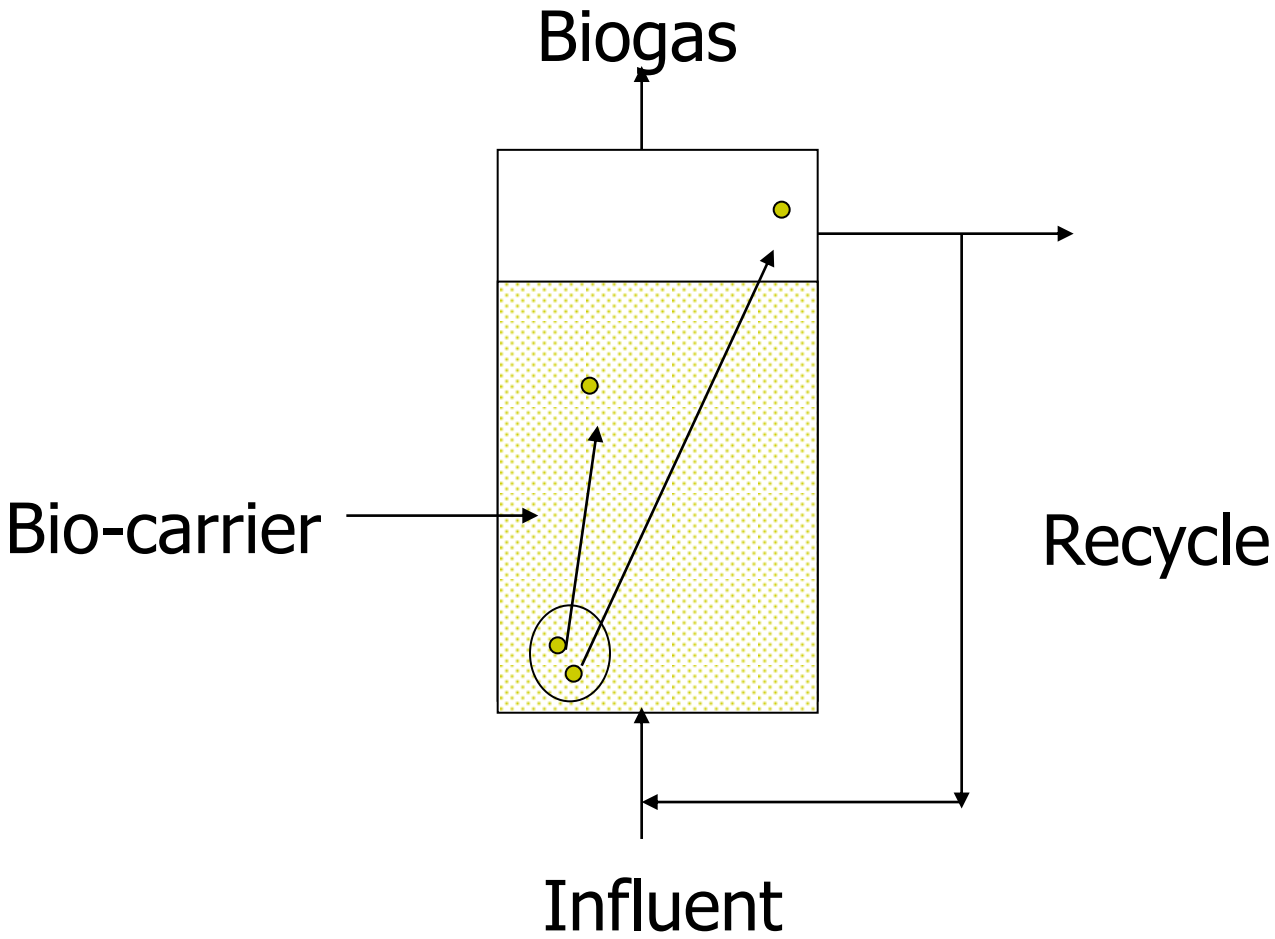
4- المفاعل ذوالسرير المتمدد اللاهوائي :
Expanded bed reactor (EBR)



- المفاعل ذوالسرير المتمدد اللاهوائي : هو إحدى طرق المعالجة البيولوجية اللاهوائية ذات النمو الملتصق إنّدخول المياه يكون من أسفل المفاعل وتخرج المياه من أعلاه.
- يمكن استعمال وسط حامل من الكربون المنشط أو من الحبيبات البلاستيكية
- يجب أن تؤمن السرعة الشاقولية تمديداً للطبقة الحاملة للبكتريا بمقدار (15-30)%, وبسبب هذا التمدد فإنّ مشكلة انصطام تقل بشكل كبير وكذلك يستفاد من هذا التمدد في توزيع وتشتيت المواد المغذية والملوثات في المفاعل.

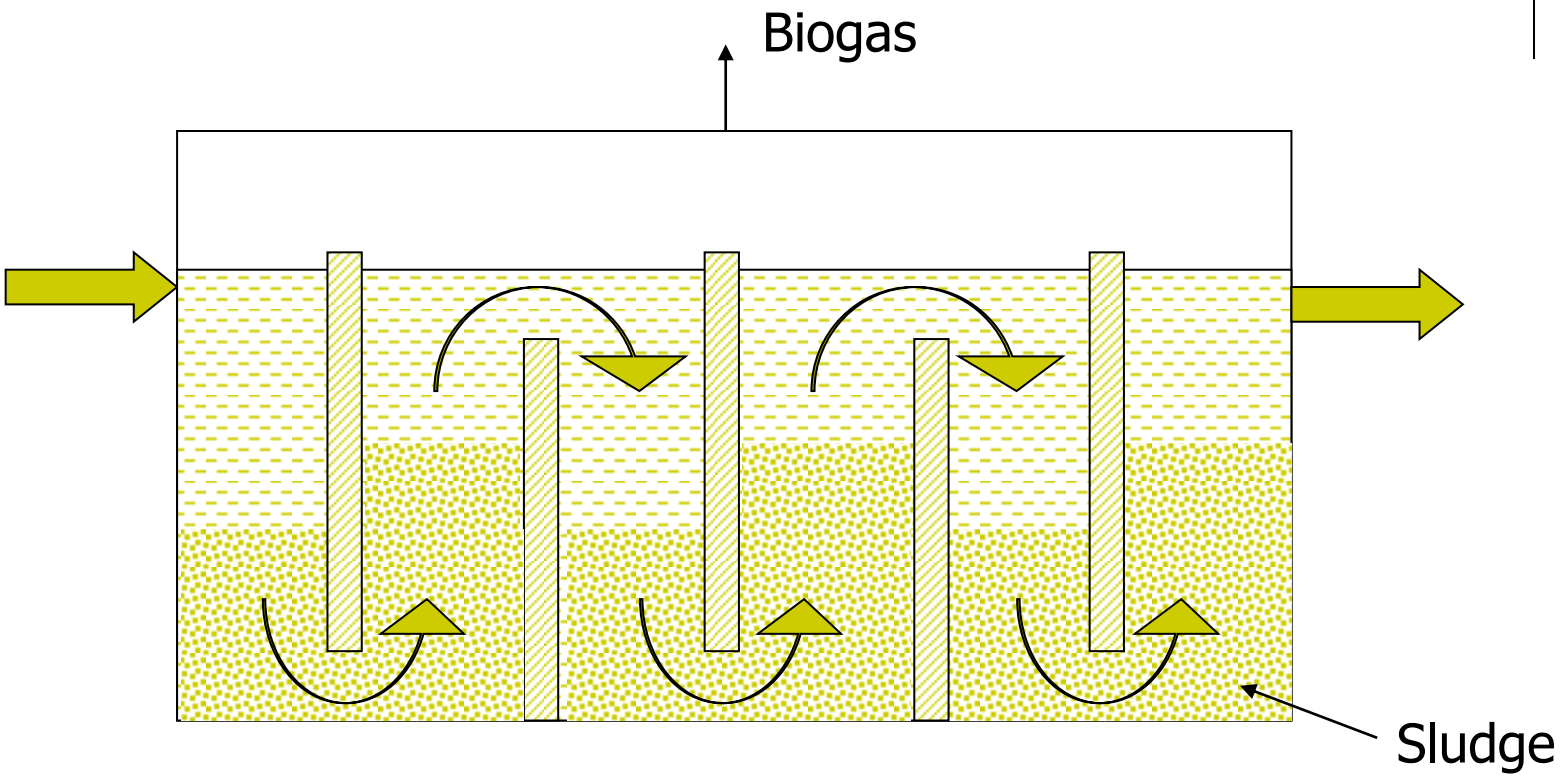
5- المفاعل اللاهوائي ذو السرير المميع :

Fluidized bed reactor (FBR)



- إنّ المفاعل اللاهوائي ذو السرير المميع يشابه المفاعل اللاهوائي ذو السرير المتمدد ولكن طبقة الفيلم البيولوجي في المفاعل اللاهوائي ذي السرير المميع تنجرف دوماً مع التدفق الخارج نتيجة السرعة العالية للجريان .
- إن السرير الحامل للبكتريا في المفاعل ذي السرير المميع يمكن أن يتمدد حتى 300 % بينما في المفاعل ذي السرير المتمدد لا يزيد التمدد في السرير عن 30%.
- سرعة الصعود الشاقولية تتراوح بين (25-100)م/ساعة
- إن المفاعل ذي المميع لا يتعرض لمشاكل الإنصطام ويتميز يزمن مكوث صغير

6- المفاعل اللاهوائي الموجه
Anaerobic baffled reactor



في المفاعل اللاهوائي الموجه تمر مياه الصرف من فوق ومن تحت موجهات للتدفق (جدران مفتوحة من الأعلى أو الأسفل) وبين هذه الموجهات تتجمع الكتلة الحيوية وتشكل حبيبات الحمأة

إنتاج الغاز الحيوي من عمليات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي

- ينتج عن عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية لمياه الصرف الصحي والصناعي الغاز الحيوي الذي يحوي غاز المتان بنسبة وسطية بحدود 65% بالإضافة إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وبعض الغازات الأخرى.

الحساب النظري لكمية غاز المتان الناتجة عن إزالة 1كغ COD في عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية

Step 1: Calculation of COD equivalent of CH_4

$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

16 g 64g

=> 16 g CH_4 ~ 64 g O_2 (COD)

=> 1 g CH_4 ~ 64/16 = 4 g COD ---------- (1)

وكما نعلم أنّ حجم المول الواحد من أي مركب غاز في الشرطين النظامين هو 22.4 لتر لذا يمكن كتابة

=> 1 Mole CH_4 ~ 22.4 L CH_4

=> 16 g CH_4 ~ 22.4 L CH_4

=> 1 g CH_4 ~ 22.4/16 = 1.4 L CH_4 ---------- (2)

من المعادلتين رقم (1) ورقم (2) نجد

=> 1 g CH_4 ~ 4 g COD ~ 1.4 L CH_4

=> 4 g COD ~ 1.4 L CH4

=> 1 g COD ~ 1.4/4 = 0.35 LCH_4

or 1 Kg COD ~ 0.35 m^3 CH_4 ---------- (3)

إذا كمية غاز المتان الناتجة عن إزالة 1 كغ COD هي 0.35م3 وذلك في الشرطين النظامين (درجة الحرارة 25 درجة مئوية والضغط 1 جو)

ملاحظة هامة جداً : هذه الأرقام صحيحة إن شاء الله في حال كان تركيز شاردة الكبيرات ضمن المياه الملوثة صغيراً ,ولكن عندما يكون تركيز شاردة الكبريتات في مياه الصرف مرتفعاً عند تقل نسبة وجود غاز المتان في الغاز الحيوي وترتفع نسبة غاز H_2S وفق المعادلة الآتية:

Organic matter + Nutrients + SO_4^{2-} → H2S + H2O + HCO3- + New biomass

الحساب العملي (الواقعي) لكمية غاز المتان الناتجة عن إزالة 1كغ COD في عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية

بحسب المراجع العلمية الصادرة عن الاتحاد الأوربي عام 2003 تبين أنّ كل 1 كيلو غرام COD مزال يعطي 0.35م3 من الغاز الحيوي .

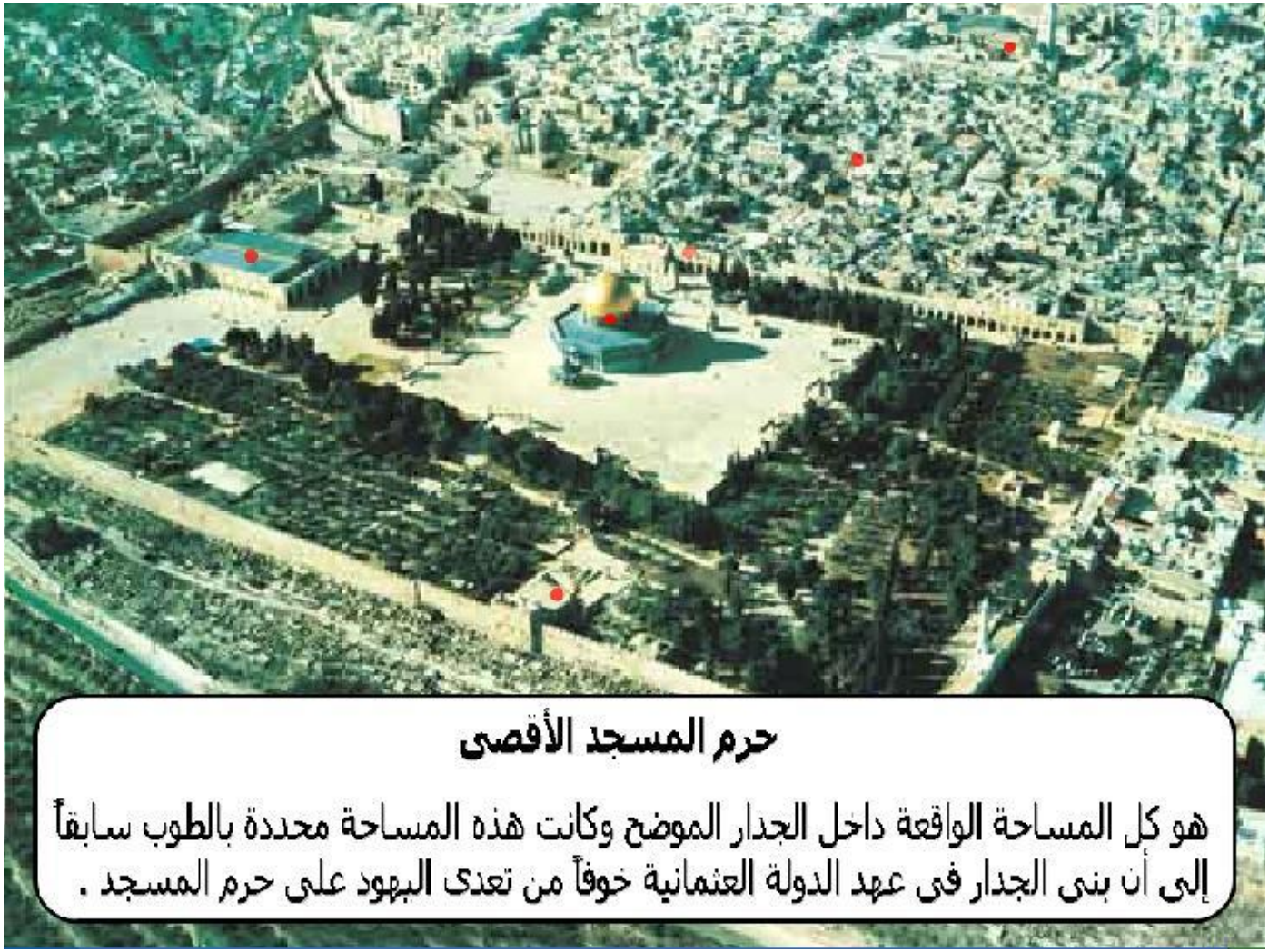
وعادة نسبة غاز المتان في الغاز الحيوي بحدود 65% فتكون كمية غاز المتان الناتجة عن إزالة 1 كغ COD هي :

$$0.35 \times 0.65 = 0.23 m3\ CH4/Kg\ CODr$$

إنّ كل 1م3 من غاز المتان يعادل 6.4 كيلو واط ساعي وعادة القيمة 6.4 كيلو واط تكون مقسومة بين (35% لتوليد الطاقة الكهربائية و 55% يمكن الاستفادة منها في التسخين) وفي ألمانيا يوجد مثل هذه الأنظمة مطبقة الاسترجاع الطاقة الناتجة من الغاز الحيوي.

ملاحظة : هذه الأرقام صحيحة إن شاء الله في حال كان تركيز شاردة الكبيرات ضمن المياه الملوثة صغيراً ,ولكن عندما يكون تركيز شاردة الكبريتات في مياه الصرف مرتفعاً عند تقل نسبة وجود غاز المتان في الغاز الحيوي وترتفع نسبة غاز H_2S

اللهم لا تمتني حتى تشفي صدري من الصهاينة المجرمين
(اللهم آمين)



أرحب بملاحظاتكم ومقترحاتكم واستفساراتكم على الإيميل

a.saghir@secdo.org

والحمد لله رب العالمين

بعض المراجع المستعملة

1- Khanal, S. K. and Huang, J.-C. 2001- "anaerobic treatment of industrial wastewater", Part-1 at www.public.iastate.edu

2-. Khanal, S. K. and Huang, J.-C2001- "Effect of high influent sulfate on anaerobic wastewater treatment". Water Environment Research (in-press).

3- Ghangrekar Makarand M .and Tom Keenan .2005- "Design of an UASB Reactor",Indian Institute of Technology Kharagpur,.at http:// www.waterandwastewater.com/AskTom! Column.htm.

4- Nguyen Tuan Anh and Tom Keenan, 2004 "Methods for UASB Reactor Design",National Environmental Services Agency (NESA). at http:// .www.uasb.org/discover/agsb.htm

5- SUNG, Sh, 2001- "Anaerobic Waste Treatment" at www.public.iastate .edu .

6- Integrated Pollution Prevention and Control ,2003-Best Available Techniques in the Slaughterhouses andAnimal By-products Industries, European Commission ,Directorate-General JRC,Joint Research Centre.

7- German TWG Members, (2001). Best available techniques reference document on the"Slaughterhouses and animal by-products industry"".

8- Germany, 2002. "Comments on first draft of the "Slaughterhouses and animal byproductsBREF"".

9- Belgian TWG member ,2003. "Comments on second draft of the "Slaughterhouses and animal by-products BREF".