نصنع مستقبلنا بأيدينا
We make our future

التدريب في قطاع المياه - فلسطين
Water Training - Palestine

Palestinian National Authority
PALESTINIAN WATER AUTHORITY

السلطة الوطنية الفلسطينية
سلطة المياه الفلسطينية

# هندسة المياه العادمة في
# سؤال و جواب

لتأهيل المدربين والطلاب والموظفين المهنيين العاملين في مجال المياه العادمة

الطبعة الحادية عشرة
تم مواءمة هذا الاصدار ليتناسب مع الوضع في فلسطين والبلدان المجاورة بناءً على خبرات ألمانية


مواءمة وترجمة
**د. عمر زمو**

**المؤلفون**
Michael Aldick, Gerolf Lenz and Jörg Moosburger



**الناشر**
الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات (DWA) - ألمانيا
www.dwa.de


DWA

ISBN 978-3-940173-71-3
from 01.01.2007: ISBN 978-3-88721-193-6
**Publisher:**
German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA)
Germany, www.dwa.de
© F. Hirthammer Verlag GmbH, Raiffeisenallee 10,
D-82041 Oberhaching/München
Tel.: +49 (0) 89 323 33 60  Fax +49 (0) 89 324 17 28
www.hirthhammerverlag.de

جميع الحقوق محفوظة ومن غير المسموح تصوير الكتاب أو أجزاء منه بأي شكل من الأشكال من دون موافقة الناشر.

# تمهـــــيد

يأتي نشر هذا الإصدار المعرب من كتاب «هندسة المياه العادمة في سؤال وجواب» ضمن إطار دعم التعاون الفني الألماني لسلطة المياه الفلسطينية (PWA) في إدارة وتنسيق التدريب في قطاع المياه الفلسطيني، حيث تمت ترجمته ومواءمته للاحتياجات المحلية والإقليمية بالاستناد إلى الطبعة العاشرة المنشورة باللغة الالمانية من قبل الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات (DWA).

وتغطي الطبعة الحادية عشرة من كتاب "هندسة المياه العادمة في سؤال وجواب" المجالات الرئيسية لتصريف ومعالجة مياه الصرف الصحي ومعالجة الحمأة وكذلك كيفية أخذ العينات وتحليلها، وتتألف من جزأين: المهام والحلول، حيث استحوذ التنوع قي مواضيع هندسه المياه العادمة على تغطية واسعة. كما تهدف إلى توفير المعرفة والخبرة العملية لأساتذة وطلاب الجامعات والمدربين. كما يهدف الى تمكين الموظفين الفنيين والمهنيين للاضطلاع بمهامهم ومسؤولياتهم بشكل فعال ومستقل متضمناً ذلك المساهمة في تحسين مهاراتهم القيادية والإدارية.

لقد تم مواءمة ونقاش هذا الاصدار مع فريق العمل الخاص بتدريب الفنيين العاملين في قطاع مياه الصرف الصحي والتي تمثل مجموعة متنوعة من الخبراء والمعنيين بمجال المياه العادمة في فلسطين، والذين بدون دعمهم والتزامهم لم يكن بالإمكان تغطية أوسع نطاق من المجالات التشغيلية لخدمات الصرف الصحي في منطقتنا.

ونود هنا أيضا الإعراب عن تقديرنا لجهود جميع الذين ساهموا بشكل أو بآخر في انجاز وإنتاج هذا العمل الهام وعلى رأسهم سلطة المياه الفلسطينية (PWA)، والسيد Heidebrecht Rudiger من الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات (DWA) والذي بدون افكارة الملهمة لم يكن بالامكان أن يرى هذا الكتاب النور. كلمة شكر تقدم أيضا إلى فريق ومستشاري برنامج المياه المدعوم من التعاون الفني الألماني في فلسطين وذلك للدعم المالي والفني الذي قدموه لانجاز واثراء هذه الطبعة.

وأخيرا، نود تكريس هذا الكتاب لجميع الخبراء المعنيين في فلسطين والمنطقة المتعطشين لمواكبة التحديات العملية المتعلقة بالجوانب التشغيلية لخدمات المياه العادمة.

د. شداد العتيلي – رئيس سلطة المياه الفلسطينية

د. عمر زمو – جامعة بيرزيت

نديم ملحم - الوكالة الألمانية للتعاون التقني

# السيرة الذاتية / د. عمـــر زمـــو

ولد **عمـر رباح زمـو** في الحادي والعشرين من تشرين الثاني/نوفمبر عام 1958 في مدينة غزة - فلسطين. وتخرج في عام 1978 من مدرسة فلسطين الثانوية في غزة، وبعد ذلك التحق بجامعة المنصورة في مصر حيث حصل على درجة البكالوريوس في الهندسة المدنية مع مرتبة الشرف في عام 1982. وحصل في عام 1984 على منحة من قبل Amideast لدراسة الماجستير في الهندسة البيئية في جامعة Tufts في بوسطن بالولايات المتحدة الأمريكية. وكان عنوان أطروحته "اكتشاف تلوث المياه الجوفية باستخدام الأشعة الفوق بنفسجية الليزر". بعد التخرج و منذ عام 1986 وحتى اليوم، يعمل بالتدريس في دائرة الهندسة المدنية بجامعة بيرزيت.

وفي أيلول/سبتمبر 1997 حصل على منحة من الحكومة الهولندية لدراسة الدكتوراه في جامعة Wagningen ومعهد UNESCO-IHE بهولندا وكان عنوان أطروحته "التحولات واليات إزالة النيتروجين في أحواض معالجة المياه العادمة باستخدام الطحالب والنباتات المائية". وبالإضافة إلى عمله في الجامعة شارك د. زمو كمدرّب في العديد من الدورات التدريبية حضرها أكثر من 100 من المتخصصين في هندسة المياه والبيئة في فلسطين. وشارك في غالبية مشاريع الصرف الصحي في فلسطين وبلدان حوض البحر الأبيض المتوسط.

للاتصـــال :
جامعة بيرزيت، صندوق بريد 14
الضفة الغربية – فلسطين
تليفون: 2108 298 (02) 972+
فاكس: 2984 298 (02) 972 +
بريد الكتروني: ozammo@birzeit.edu

# المـــــؤلفون

ولد Michael Aldick عام 1944 في مدينة Westphalia ودرس الهندسة المدنية في Karlsruhe. منذ عام 1972 عمل السيد Aldick مع Ruhrverband (رابطة Ruhr) في Essen مساعدا لرئيس مجلس الإدارة. في عام 1978 أصبح محاضرا لمساقات ATV لتأهيل رؤساء الفنيين في دورات المياه العادمة في Essen. في التسعينيات تعاون في إنتاج مفهوم مساق تأهيل رؤساء الفنيين و إنتاج وثائق تعليمات للرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات لتأهيل رؤساء الفنيين الإناث. منذ عام 1993 أصبح السيد Aldick عضوا في لجنة المتخصصين «رؤساء فنيين المياه العادمة» ومنذ عام 1995 الناطق باسمها. خلال الفترة من 2003 إلى 2004 عمل متخصصا في عملية تعديل قانون تأهيل رؤساء المياه العادمة ولخدماته لتدريب العاملين في تشغيل المرافق ومحطات المياه العادمة حصل على شارة الشرف الذهبية (دبوس) للرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات.

وبالإضافة إلى ذلك، ومنذ عام 1985 كان مسئولا عن التدريب الناجح لأكثر من 120 من الفنيين البيئيين والمختصين في هندسة مياه الصرف الصحي في Ruhrverband. إضافة إلى أن أنشطته في إلقاء المحاضرات لتدريب عمال التشغيل في BEW في أيسن، شارك منذ سنوات عديدة مع مكتب الدولة الاتحادية للبيئة NRW من خلال عمله في لجنة امتحانات الأخصائيين.
وقد قام السيد Aldick مع السيد Gerolf Lenz باعداد مهام الجزء الخاص بهندسة المياه العادمة - الفصول من 1 - 6 من الطبعة العاشرة .

ولد Gerolf Lenz فى عام 1945 في مدينة Altenberg/Erzgebirge. وبعد نجاحه في التدريب الحرفي درس في الكلية التقنية في Wuppertal ولاحقا درس الهندسة المدنية في RWTH الجامعة التقنية في أخن. منذ العام 1974 وحتى تقاعده في عام 2006 وبصفته رئيسا للشعبة في Wupperverband (رابطه Wupper) عمل مسئولا عن تشغيل محطات المياه العادمة وفي السنوات الأخيرة عمل رئيسا للموظفين في مجلس الإدارة.

في عام 1985 تولى منصب الناطق باسم اللجنة المتخصصة للرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات وهو مدير الدورات الخارجية للرابطة في Nordrhein-Westfalen لإعداد الامتحانات في الهندسة البيئية «متخصصون في هندسة المياه العادمة». وكونه مديرا ومحاضرا في هذه الدورات الخارجية قام بإعداد ومساعدة أكثر من 1800 متدربا للاستعداد للامتحانات المطلوبة. وعلاوة على ذلك وفي الفترة من 1998 إلى 2002 عمل متخصصا في عملية التعديل لمهن الهندسة البيئية للدولة الاتحادية الألمانية في Nordrhein-Westfalen. وكما ذكر فقد قام السيد Lenz مع السيد Michael Aldick باعداد الفصول من 1 - 6 من الطبعة العاشرة.

ولد Jörg Moosburger في عام 1958 في مدينة Gelsenkirchen وعمل حتى عام 1984 فني كهربائي في مجال مناجم الفحم. عند انتقاله الى Lippeverband (رابطة Lippe) عمل أولا في مجال تجفيف الحمأة بالطرق الميكانيكية ولاحقا في مختلف مجالات معالجة مياه الصرف الصحي. وكفني بيئي خارجي نجح السيد Moosburger في امتحان رئيس الفنيين في موضوع المياه العادمة في العام 1990 وفي عام 2001 تلقى تدريبا كاقتصادي في الأعمال الفنية. ومنذ عام 1994 عمل رئيسا للفنيين في محطة Scharnhorst لمعالجة المياه العادمة في مدينة Dortmund .

وفي عام 1997 عين عضوا في لجنة امتحانات رؤساء الفنيين في الصرف الصحي في مكتب الدولة الاتحادية للبيئة NRW. وبالإضافة إلى ذلك ومنذ عام 1999 عمل كمحاضر لتوجيه المتخصصين ورؤساء الفنيين في المهن البيئية في مجالات الكهرباء والقياس والتحكم وهندسة المياه العادمة ضمن إطار التدريب المهني متعدد التخصصات والتدريب المهني المتقدم.

وفي عام 2003 تولى الإدارة الفنية للرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات لإعداد امتحانات رؤساء الفنيين في مجال المياه العادمة في مدينة Essen. بالإضافة إلى ذلك عمل مسؤولا عن التدريب الإضافي للرابطة للأشخاص المؤهلين تقنيا في مجال الكهرباء. وقد أعد السيد Moosburger الفصل السابع من الطبعة العاشرة لهذا الاصدار .

# المحـــــتويات

**تمهيد**
**السيرة الذاتية / د. عمــر زمــو**
**المؤلفون**
**المقدمة**

**قسم المهـــام**

**1. أنواع وإنتاجية وخصائص المياه العادمة**

**2. تشغيل وصيانة أنظمة الصرف الصحي**

1.2 أنظمة الصرف الصحي
2.2 المجاري والمصارف
3.2 المضخات ومحطات الضخ
4.2 تشغيل أنظمة الصرف الصحي

**3. عمليات تشغيل وصيانة أنظمة معالجة المياه العادمة**

1.3 الرسم البياني للتدفق في أنظمة معالجة المياه العادمة
2.3 المصافي والمناخل
3.3 غرف الرمال ومصائد الدهون
4.3 أحواض الترسيب الأولية/الابتدائية
5.3 المعالجة الحيوية للمياه العادمة
6.3 عمليات الحمأة النشطة
1.6.3 أحواض التهوية بدون الأكسدة الحيوية للأمونيوم .
2.6.3 التهوية
3.6.3 أحواض الترويق الثانوية
7.3 إزالة النيتروجين
8.3 عمليات الأحواض الحيوية الثابتة

**4. معالجة الحمأة الناتجة من محطات تنقية المياه العادمة وكيفية التخلص منها**

1.4 مخطط بياني لوحدات تنقية الحمأة
2.4 أنواع الحمأة وتثبيتها
3.4 المعالجة اللاهوائية للحمأة (الهضم)
4.4 إنتاج الغاز ومعالجته وتخزينه والاستفادة منه
5.4 تكييف وتكثيف وتخزين وتجفيف الحمأة
6.4 الاستفادة والتخلص من الحمأة والمواد المتبقية

**5. أخذ العينات وإجراء القياسات وعمل التحاليل المخبرية لعينات المياه العادمة والحمأة**

1.5 أخذ العينات

2.5 القياسات والفحوصات المخبرية

## قسم الحـــــلول

1. أنواع و إنتاجيه وخصائص المياه العادمة
2. تشغيل وصيانة أنظمة الصرف الصحي
3. عمليات تشغيل وصيانة أنظمة معالجة المياه العادمة
4. معالجة الحمأة الناتجة من محطات تنقية المياه العادمة وكيفية التخلص منها
5. أخذ العينات وإجراء القياسات وعمل التحاليل المخبرية لعينات المياه العادمة والحمأة
6. قائمة المراجع
7. مختصرات المعادلات
8. قائمة المعادلات

# المـــــقدمة

تعاني البنية التحتية للمياه والصرف الصحي في فلسطين من نقص في مستوى مهارات التخطيط والتصميم والإدارة والتشغيل والصيانة اللازمة لضمان استمراريتها. علاوة على ذلك، لا يوجد هناك جهد منسق لتنمية الموارد البشرية بهدف بناء القدرات الإدارية والتقنية لمقدمي خدمات المياه و خدمات الصرف الصحي. وحتى الآن يفتقر هذا القطاع إلى بناء القدرات وفقاً للاحتياجات وإلى ترتيبات التدريب المنتظم.

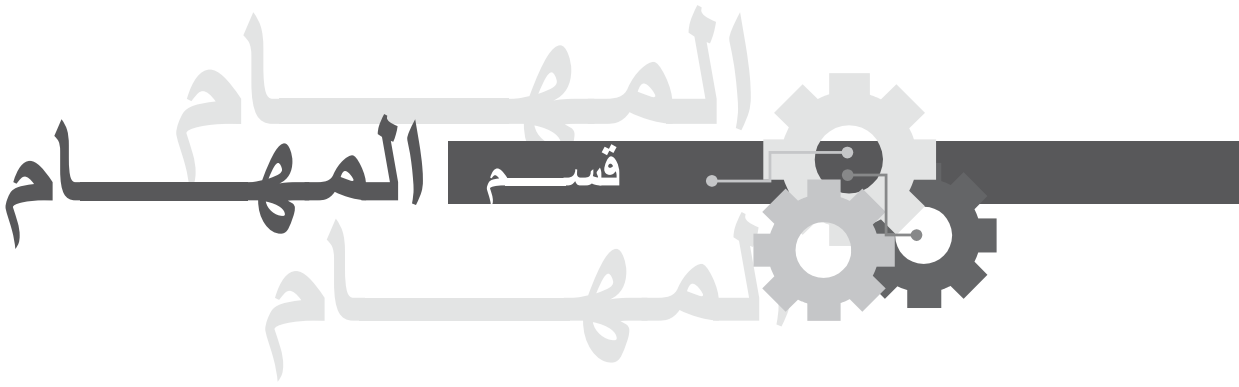
إن سلطة المياه الفلسطينية (PWA) هي الهيئة التنظيمية الرسمية داخل قطاع المياه الفلسطيني والمسئولة عن إدارة الموارد المائية وحمايتها، فضلا عن كونها المسئولة عن تنفيذ السياسات المائية، كما يحدد قانون المياه الفلسطينية والصادر في عام 2002. ويخول قانون المياه سلطة المياه الفلسطينية بالإشراف على تخطيط وتنسيق التدريب التقني والمهني للموظفين على جميع المستويات في قطاع المياه. وضمن هذا السياق فقد طلبت سلطة المياه الفلسطينية من الوكالة الألمانية للتعاون التقني (GTZ) الدعم في إدارة وتنسيق التدريب في قطاع المياه الفلسطيني. وقد بدأت الوكالة الألمانية للتعاون التقني تقدم الدعم التقني لسلطة المياه الفلسطينية منذ شباط/فبراير 2004 من خلال تنسيق المشاريع التدريبية التي أدمجت في الجزء رقم II لمشروع الموارد البشرية وتنمية القطاع من برنامج المياه في الأراضي الفلسطينية في كانون الثاني/ يناير 2006.

وقد وفرت الوكالة الألمانية للتعاون التقني الدعم لسلطة المياه الفلسطينية من خلال إنشاء وحدات التنسيق داخل سلطة المياه وتعيين منسقين تقنيين وحشد الدعم من الرابطة الألمانية للمياه والمياه العادمة والنفايات (DWA) والقيام ببعض التدريبات التجريبية وورشات عمل للتخطيط وتنظيم الجولات الدراسية.

وقد أنشئت أربعة فرق عمل يرأس كل منها خبير محلي يعمل في قطاع المياه في الضفة الغربية وقطاع غزة وتتألف كل فرقة من 8 إلى 10 أعضاء يمثلون مجموعة متنوعة من أصحاب المصالح في قطاع المياه الفلسطيني لوضع سياسات التدريب وتقييم التدريب وتحديد احتياجات التدريب والموارد. و قد أنشئت لجنة توجيهية لتوجيه نتائج عمل المجموعات.

الهدف الرئيسي من الجزء رقم II لمشروع الموارد البشرية وتنمية القطاع من برنامج المياه في فلسطين هو أن تقوم سلطة المياه الفلسطينية بالتنسيق بين الجهات المانحة ومقدمي الخدمات ومقدمي التدريب المهني والتعليم التقني والتدريب في قطاع المياه حتى يتم إجراء التدريب بطريقة منسقة و منهجية وفقاً للاحتياجات وباستخدام المصادر المحلية والإقليمية والدولية بطريقة فعالة وبأقل التكاليف. وسيسهم ذلك على المدى البعيد قي تحسين توصيل خدمات المياه والصرف الصحي للسكان الفلسطينيين.

إن إعداد كتاب "هندسة المياه العادمة في سؤال وجواب" يأتي كخطوه في اتجاه توفير نوعية مناسبة من المواد التدريبية للفئات المستهدفة من المدربين والطلاب والموظفين المهنيين العاملين في مجال المياه العادمة بهدف تعزيز أدائهم إما في إيصال أو تلقي نوعية جيدة من التدريب وقابلة للتطبيق في فلسطين والبلدان المجاورة.




**ملاحظة :**

فيما يتعلق بالمهمات المبرمجة هناك حل واحد فقط صحيح

# 1. أنواع وإنتاجية وخصائص المياه العادمة

**المياه العادمة هي المياه التي تتحول خصائصها من خلال الاستعمال المنزلي أو التجاري أو الزراعي أو الاستعمالات الأخرى والمتدفقة من الاستخدامات المختلفة في حالة التصرف الجاف وهي أيضاً المياه الناتجة من الاستخدامات السابقة ومياه الأمطارالمتدفقة والمتجمعة من المناطق المبنية والأسطح المرصوفة تميز. المياه العادمة حسب نوعها وكمية انتاجها و خصائصها.**

**القسم أ**

## مهمة 1

تنقسم المياه العادمة والمتدفقة الى محطات تنقية المياه العادمة إلى أربع أنواع طبقاً إلى مصادرها. أذكر هذه الأنواع وأعطي مثالاً عن كل منها.

## مهمة 2

أن إنتاجية المياه العادمة البلدية ينسجم بشكل أساسي مع استهلاك المياه المنزلي للماء العذب.

1. أعطي معدل استهلاك الماء باللترات في دول مثل فلسطين والأردن لكل شخص في اليوم.
2. ارسم شكل منحى نموذجي للتدفق اليومي المياه العادمة الى محطة تنقية والتي سعتها التصميمية هي 50,000 نسمه .
(المحور الصادي (y): يمثل التصرف Q بالمتر المكعب / الساعة و المحور السيني (x): يمثل الزمن T بالساعة)

## مهمة 3

أعطي أمثلة لمعايير الخصائص التالية للمياه العادمة البلدية:

1. معايير عامة.
2. معايير جماعية.
3. معايير مواد احادية.
4. معايير المواد المغذية.

## مهمة 4

المياه العادمة البلدية تتغير خصائصها على امتداد ممر تدفقها من مكان إنتاجها وحتى محطة تنقية المياه العادمة.
سمى العمليات التي تؤدي إلى تغير خصائص المياه العادمة على امتداد تدفقها.

## مهمة 5

البروتين كجزء من التغذية الإنسانية يحتوي على نيتروجين في صيغة أحماض أمينية وفيه ينتج الانسان بفعل العمليات الحيوية مركبات نيتروجينيه عضوية وغير عضوية.

ا. أي المركبات النيتروجينة العضوية التي توجد في البول الإنساني بكميات كبيرة ؟
ب. عند جريان المياه العادمة في أنظمة الصرف الصحي تتحلل مركبات النيتروجين العضوي بالإنزيمات الى مركبين غير عضويين.

أعطى معادلة التفاعل الكيمائي لهذا التحول.

ج. ماذا تسمي عملية التحول بالإنزيمات وما هو الأنزيم المخصص لذلك ؟

د. تتدفق مركبات النيتروجين الغير عضوية الى محطة تنقية المياه العادمة بشكل مركبات الأمونيوم وليس الأمونيا. اشرح بأية وسيلة يتحول التفاعل الكيمائي المتوازن التالي باتجاه الامونيوم.

$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

## مهمة 6

من خلال قياس الموصلية الكهربائية للمياه العادمة يمكن قياس:

ا. تركيز/محتوى الأكسجين

ب. التركيز الكلي للأيونات

ج. الحامضية

د. محتوى المعادن الثقيلة

ه. تركيز الأحماض العضوية

## مهمة 7

إذا كان تركيز الأكسجين الكيمائي الممتص (COD) في المياه العادمة المتدفقة إلى محطة تنقية هو 1000 مليجرام/اللتر وتركيز الأكسجين الحيوي الممتص ($BOD_5$) هو 500 مليجرام/اللتر فان هذه المعطيات تمثل:

ا. مياه عادمة منزلية وصناعية

ب. مياه منزلية عادمة بنسبة عالية من محتويات المواد الغير عضوية

ج. خصائص نموذجية لمياه البلدية العادمة

د. مياه تحتوي على كمية كبيرة من مياه الأمطار وكمية قليلة من المياه المنزلية العادمة

ه. مياه تحتوي على كمية كبيرة من المياه الجوفية ومياه الأمطار والمختلطة بـ 20 % من المياه العادمة المنزلية

## مهمة 8

يوجد النيتروجين في المياه العادمة في أشكال ومركبات مختلفة.

أي من المذكور أدناه هو مركب عضوي فقط

ا. كيلدال نيتروجين (TKN)

ب. حمض الأمونيا

ج. حمض اليورين ( $C_5 H_3 N_4 = O_3$)

د. النيتروجين الكلي (TN)

ه. النيتروجين ككل ($N_{tot}$)

## مهمة 9

يتم توصيف تدفق المياه المترشحه الى نظام الصرف الصحي بأنها:

ا. تسبب الضرر للمياه العادمة الصناعية والتجارة
ب. مشبوكة بطريقة غير قانونية
ج. المياه تتدفق من الأسقف و أسطح الفناء
د. مياه جوفية تدخل إلى شبكة الصرف الصحي من خلال الشقوق
ه. مياه رحض تستخدم لتنظيف شبكات الصرف الصحي

## مهمة10

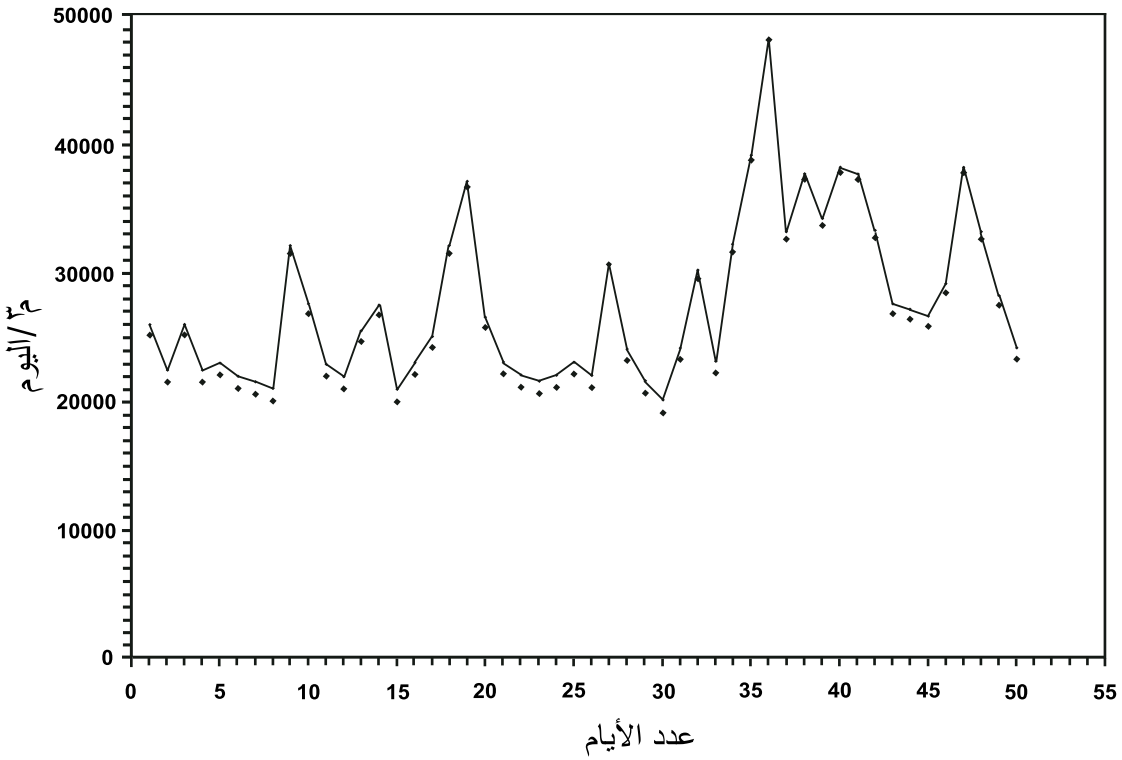
إذا كان التصرف اليومي الجاف هو 100 لتر ونسبة المياه الراشحة فيها هو 30 %.

ا. كم عدد المترات المكعبة من المياه الراشحة في اليوم؟
ب. ما تأثير رشح كمية اكبر من هذه المياه على عملية تشغيل محطة معالجة المياه العادمة ؟

## مهمة 11

إذا كان تدفق المياه العادمة من النظام المزدوج إلى محطة تنقية مياه عادمة تخدم 100,000 نسمة كما هو مبين في الشكل التالي:

ا. ما هو مقدار التصرف الجاف؟
ب. طبقاً للشكل ما هو مقدار كمية المياه القصوى التي تستوعبها المحطة؟
ج. ما هو اكبر عامل محدد للمياه العادمة لمحطة تنقية المياه العادمة؟
د. ما هو مقدار المياه العادمة المنتجة من الشخص في اليوم ؟
ه. لماذا تختلف هذه الكمية عن متوسط كمية المياه الكلية المنتجة (م$^3$/الشخص في اليوم)؟




**شكل 2/1: منحنى التصرف اليومي الداخلة إلى محطة التنقية**

**القسم ب**

## مهمة 1

إن التغير في كميات المياه المتدفقة في الساعة إلى محطات معالجة المياه العادمة الكبيرة مقارنه بتلك في المحطات المعالجة الأصغر عادة ما تكون:

ا. أكبر
ب. أصغر
ج. نفس الشيء
د. أكبر في الليل فقط
ه. أصغر خلال النهار فقط

## مهمة 2

أي نوع من المياه العادمة التالية يحتوي على مياه الأمطار؟

ا. المياه الراشحة
ب. المياه العادمة الصناعية والتجارية
ج. المياه العادمة في نظام الصرف المزدوج
د. المياه العادمة البلدية

## مهمة 3

أي من المعايير التالية تشمل كل المركبات الكربونية العضوية في المياه العادمة؟

ا. $BOD_5$-ATH
ب. $BOD_5$
ج COD
د. DOC
ه. TOC

## مهمة 4

أي من الخصائص التالية للمياه العادمة المنزلية هي خاصية نموذجية؟ أن تكون:

ا. ذات قلوية عالية
ب. ذات محتوى حامضي عالي
ج. ذات محتوى ملحي عالي
د. ذات محتوى غرواني
ه. تحتوي على مواد مقاومة للتحلل

## مهمة 5

إذا كان تركيز المواد الكربوهيداتية الموجودة في مياه عادمة بلدية هو 110 مليجرام/لتر وأن 75 % منها هي مواد غير ذائبة. ما هو مقدار غاز ثاني أكسيد الكربون المتكون في المرحلة الحيوية عند درجة حرارة 20°م وضغط 990 مليبار ونسبة تحول المواد الكربوهيدراتية الذائبة 85 % مستعيناً بالمعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

## 2. تشغيل وصيانة أنظمة الصرف الصحي

### 1.2 أنظمة الصرف الصحي

**توجد أنظمة متعددة لجمع وتصريف المياه العادمة منها نظام الصرف الصحي المنفصل والنظام المزودج وأيضا النظام المضغوط والنظام الخوائي. كما يمكن لمياه الأمطار والمياه الجوفية الجريان في تلك الأنظمة أيضا.**

**مهمة 1**

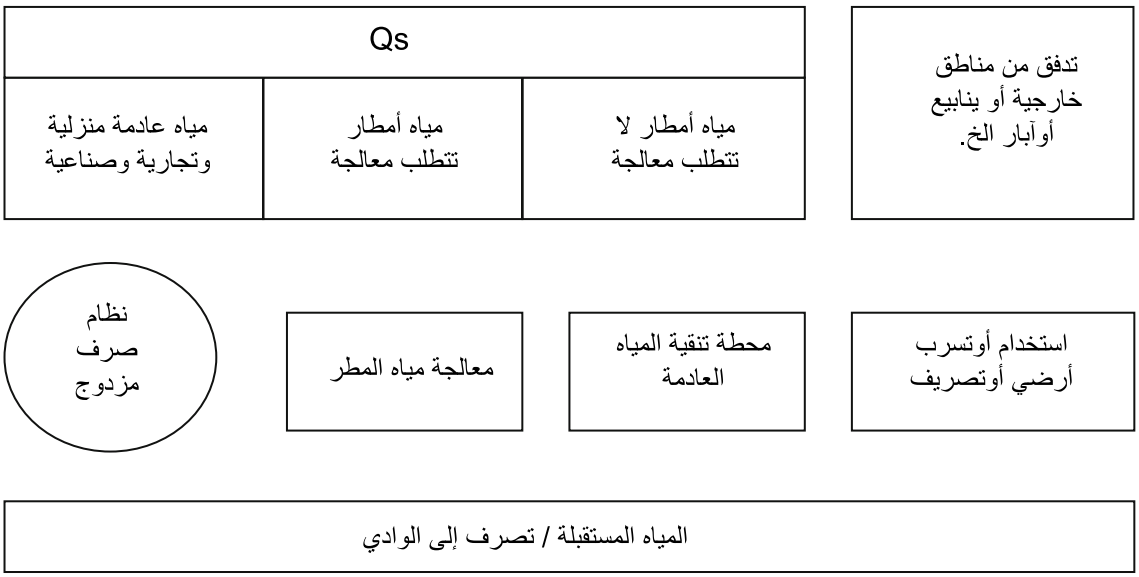
تتصرف المياه العادمة الناتجة من الأماكن التجارية والبلدية في أنظمة الصرف الصحي. ماذا يقصد بالعبارات التالية:

ا. نظام الصرف الصحي المزدوج
ب. اذكر مزايا تلك الأنظمة

**مهمة 2**

يوجد بالإضافة إلى أنظمة الصرف الصحي المزدوج والمنفصل أنظمة صرف صحي معدله.

ا. اشرح مبدأ أنظمة الصرف الصحي المعدل.
ب. أكمل مسار التدفق مع اتجاهات الأسهم في الشكل النمطي التالي للنظام المعدل.




**شكل 1/2: التمثيل النمطي للتصرف في النظام المعد**

**مهمة 3**

اشرح المصطلحات الآتية والمستخدمة في إطار الأعمال المنزلية بالصرف الصحي.

ا. مصرف المبنى أو المنزل
ب. الأنبوب الهابط
ج. الوصلة

## مهمة 4

لماذا توضع أنابيب نظام الصرف الصحي المنفصل وأنابيب نظام تصريف مياه الأمطار عند تقاطع الطرق على ارتفاعات مختلفة؟

## مهمة 5

بالإضافة إلى أنظمة الصرف الصحي المنفصلة والمزدوجة والمعدلة تستخدم أيضا أنظمة الصرف الصحي المضغوطة والخوائيه لتصريف المياه العادمة.

ا. اذكر أسباب استخدام هذه الأنظمة؟
ب. اذكر العناصر الأساسية لنظام الصرف المضغوط؟

## مهمة 6

بالاضافة إلى تصريف مياه الأمطار إلى شبكات الصرف يمكن أيضا حقنها في الأرض.

ا. أذكر عمليات الحقن؟
ب. أذكر مزايا طرق الحقن مقارنة بالتصريف إلى شبكات الصرف؟

## مهمة 7

إضافة إلى النظم التقليدية للصرف الصحي يوجد أيضا النظم المعدلة. يعني بذلك:

ا. مصارف مياه الأمطار يجب أن توضع على ارتفاع أعلى من مصارف المجاري
ب. استخدام مياه الأمطار لرحض المراحيض في المنازل
ج. تحديد كثافة التطور السكاني لكي تقلل المساحات المنفذة
د. تسريب مياه الأمطار الغير ضروري معالجتها أو تصريفها في المياه المستقبلة
ه. إنشاء مجمعات مياه الأمطار في الأراضي الخاصة

## مهمة 8

أي عبارة من العبارات التالية عن تصريف المياه العادمة خاطئة:

ا. تتحول المواد العضوية بمجرد تدفقها في أنظمة الصرف الصحي
ب. من قواعد أنظمة الصرف المزودج وجود أنظمة حجز
ج. في النظام المنفرد يتم فقط معالجة جزء من المياه العادمة بيولوجيا في محطة تنقية المياه العادمة
د. في النظام المعدل يتم تصريف مياه الأمطار الى المياه السطحية
ه. يتم تصريف مياه المطر والمياه العادمة في النظام المزدوج في خط أنبوب واحد

## 2.2 المجـــأري والمصـــــارف

**تستخدم أنظمة الصرف الصحي (المجاري والمصارف) في تجميع وتصريف المياه العادمة.**

**القسم أ**

**مهمة 1**

تصنع أنظمة الصرف الصحي من مواد متعددة.

ا. اذكر أسماء المواد المختلفة الى تصنع منها شبكات الصرف الصحي؟

ب. ما هي التأثيرات الفيزيائية والكيميائية التي تتعرض لها هذه المواد؟

**مهمة 2**

ما هي العوامل التي تؤثر على كمية المياه المتدفقة في أنظمة الصرف الصحي؟

**مهمة 3**

اذكر أهم المتطلبات التي يجب توفرها في وصلات خطوط المجاري؟

**مهمة 4**

ما هي وظيفة المنهل في نظام الصرف الصحي؟

**مهمة 5**

ماذا يعني مصطلح ( طول مقطع الانبوب )؟

ا. طول المياه الراجعة عند حدوث الغمر

ب. تغطية انبوب الصرف الصحي

ج. أقصى طول انبوب في النظام

د. عمر الانبوب

ه. الجزء من الانبوب الواقع بين منهلين

**مهمة 6**

إذا كان طول أنبوب صرف صحي هو 50 متر ويمثل على الرسم بخط طوله 10 سم. فما هو مقياس الرسم المستخدم؟

ا. 1 : 1000

ب. 1: 500

ج. 1 : 200

د. 1 : 100

ه. 1 : 50

## مهمة 7

احسب قيم المعلومات الناقصة (أ و ب و ج) في معطيات جدول البيانات التالي لمقطع طولي لأنبوب صرف صحي إذا كان:

ا. ارتفاع أسفل قاع الانبوب
ب. طول الوصلة
ج. الميل

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| منسوب سطح الأرض فوق مستوى سطح البحر | 45.22 | 45.23 45.25 | 45.17 | 44.89 | 44.80 |
| منسوب قاع الانبوب فوق مستوى سطح البحر | 40.90 | أ 40.55 | 40.35 40.25 | 40.14 | 40.14 |
| ميل الانبوب | 1:250 | 1:400 | 1:550 | ج | 1:250 |
| طول مقطع الانبوب | 47.0 م | 65.0 م | ب | 55.00 | 43.0 م |
| قطر الانبوب | 400 مم | 400 مم | 600 مم | 600 مم | 600 مم |

**شكل 1/2.2: جدول البيانات في مقطع طولي لأنبوب صرف صحي**

## مهمة 10

اذا كان طول أنبوب صرف صحي هو 45 م ومنسوب قاع الأنبوب عند بدايته هو 317.65 م فوق مستوى سطح البحر ومنسوب القاع عند نهايته هو 317.15 م فوق مستوى سطح البحر، إحسب ميل الأنبوب حسب الوحدات التالي:

ا. ‰
ب. X : 1

**القسم ب**

## مهمة 1

توضع أنابيب الصرف الصحي بميل وتحدد أبعادها طبقا لمعادلة التدفق المستمر.

ا. ما هي صيغة معادلة التدفق المستمر.

ب. يجب الاحتفاظ بالحد الأدنى للسرعة عند التدفق المتوسط و بالحد الأقصى عندما يكون انبوب المجاري ممتلئة. ماقيمة السرعة الدنيا والقصوى مع ذكر التبريرات على ذلك.

## مهمة 2

عند دخول عمال الصيانة إلى نظام الصرف الصحي فإنهم يكونوا عرضه للخطر نتيجة الغازات والأبخرة.

ا. اذكر أسماء الغازات والأبخرة الخطرة الموجودة في أنظمة الصرف الصحي.

ب. ماهي المواد التي تكون موجودة في مواسير الصرف الصحي والتي يجب فحصها قبل الدخول للنظام أو إجراء الفحص البصري له.

## مهمة 3

إضافةً إلى أنظمة الصرف الصحي التي تعمل بالجاذبية الأرضية فإن نظام الصرف المضغوط يستخدم أيضا في نقل المياه العادمة.

ا. اذكر المعايير التي تحدد مساحة مقطع الانبوب.

ب. ماذا يعني مصطلح (الضغط الاسمي لانبوب) وماذا تعني القيمة 10 لهذا القياس

## مهمة 4

إن توفير عوامل الأمان هو أمر مطلوب عند حفر الخندق الذي يتم تمديد مواسير الصرف الصحي فيه وعند إنشاء حُفر المناهل

ا. ما هي الطرق المتوفرة لضمان عوامل الأمان هذه؟

ب. ما هو عمق الخندق الذي يتوفر عنده عوامل الأمان المطلوبة؟

## مهمة 5

على أي ارتفاع يكون الغمر الخلفي في نظام الصرف الصحي مع مستوى الوصلات المنزلية:

ا. عند مستوى أسفل سطح الطريق

ب. عند مستوى أعلى من مستوى الطريق

ج. عند مستوى ارتفاع سطح القبو

د. عند مستوى ارتفاع سطح الشارع

هـ. العمق الذي لا يحدث عنده التجمد وهو عمق 80 سم من سطح الأرض

## مهمة 6

ما هي الأشياء التي لا تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار مساحة مقطع انبوب الصرف الصحي

ا. مقدار التصرف
ب. الميل
ج. نوع الأنبوب
د. اتجاه التدفق
هـ. شكل الطريق

## مهمة 7

ما هو ضغط الماء المستخدم لفحص عدم التسرب في انبوب الصرف الصحي بعد إنشائه

ا. على الأقل 0.1 بار والضغط الأقصى 0.5 بار
ب. على الأقل 1.0 بار والأقصى 5.0 بار
ج. على الأقل 10.0 بار والأقصى 25.0 بار
د. على الأقل 5.0 بار والأقصى 10.0 بار
هـ. طبقا لاحتياجات الزبائن

## مهمة 8

يحدث التسرب في أنظمة الصرف الصحي بشكل رئيسي عند:

ا. قمة الانبوب
ب. قاع الانبوب
ج. جدران الانبوب
د. وصلة الانبوب
هـ. التاج في حالة الأعماق الصغيرة

## مهمة 9

يتدفق الماء بسرعة 1.2 م/ث خلال انبوب صرف صحي ذو مساحة مقطع مقداره 0.8 $م^2$

ا. كم عدد الأمتار المكعبة من الماء المتدفق في الساعة خلال هذا الانبوب
ب. هل يجب زيادة او تقليل مساحة مقطع الانبوب إذا كان الحد الأقصى للتصرف هو 2,000 $م^3$/ساعة وسرعة التدفق تقع ضمن مجال القيمة المذكورة أعلاه؟

## مهمة 10

إذا كان القطر الخارجي لانبوب صرف صحي مصنوع من الاسمنت هو 1,000 مليمتر وسماكة الجدار هي 10 % من القطر الداخلي.

ا. احسب القطر الخارجي وسماكة جدار الانبوب.
ب. احسب كتلة الانبوب بالطن إذا كان طوله = 2.0 م و كثافته = 2.5 كجرام/$م^3$.

## 3.2 المضخات ومحطات الضخ

**في هندسة الصرف الصحي يتم استخدام مضخات بأنواع مختلفة للدافعة ويعتمد ذلك الاختيار على كمية المياه المضخوخة ومقدار عمود الضخ ومسافة الضخ وتضاريس الأرض.**

**القسم أ**

### مهمة 1

في هندسة المياه العادمة تستخدم المضخات ومحطات الضخ في حالات عديدة
ا. أي أنواع المضخات عادةً ما تستخدم بشكل رئيسي
ب. أي الأجزاء من المضخة يهترء بشكل خاص وبسرعة

### مهمة 2

تصمم المضخة بناءاً على معدل التصرف أو/و مقطع مخرج الموتور.
ا. ما هي الصيغة المبسطة لمعادلة المضخة.
ب. ماذا يعني ارتفاع العمود المانومتري.

### مهمة 3

ما نوع المضخة التي يتم اختيارها لمجالات التطبيقات المذكورة أدناه:
1. نقل حماة مهضومة من حوض الحمأة إلى محطة تجفيف الحمأة مع وجود فرق ارتفاع كبير
2. مضخات تحليليه في جهاز قياس موضعي و مضخات تستخدم أيضاً في المختبرات عند حالات الضغط المنخفض وكميات المياه الصغيرة
3. نقل جرعة صغيرة من مادة الفوسفات
4. مضخة تغذية للمصنف في غرفة الرمال
5. تغذية الحمأة الأولية إلى الهاضم مع وجود فرق ارتفاع كبير

### مهمة 4

إذا تغير معدل الدوران (دورة في الدقيقة - rpm) لمضخة مركزية فان ذلك يؤدي إلى تغير خصائص المضخة.
ما هي تلك الخصائص التي لها علاقة بذلك؟

### مهمة 5

يكون الارتفاع الكلي لعمود السحب في المضخات محدداً.
1. كم هو الارتفاع النظري لعمود السحب الكلي عند الضغط العادي والذي يمكن تحقيقه؟
2. ما هو مقدار الارتفاع الحقيقي الكلي والذي يمكن تحقيقه لعمود السحب؟

## مهمة 6

تعمل مضختان متساويتان في الحجم ومتصلتان على التوازي بنظام الطرد المركزي. ماذا يحصل للتصرف المضخوخ في حاله عطل أحداهما؟

ا. يكون بالضبط نفس التصرف السابق
ب. ينخفض الى النصف
ج. ينخفض إلى اقل من النصف
د. يكون أكثر من 50 %
هـ. يكون مساوياً للصفر

## مهمة 7

ماذا توضح النقطة الواقعة على منحنى العلاقة بين التصرف والارتفاع (Q-H) لمضخة تعمل بالطرد المركزي عند قيمة تصرف معين؟

ا. الاستهلاك الحالي المناسب
ب. عمود الضغط المناسب
ج. مستوى الكفاءة الاقتصادية المناظرة
د. مقدار عمود السحب المناسب
هـ. مستوى الكفاءة المناظر

## مهمة 8

إذا لوحظ أثناء تفريغ حجرة الشفط في محطة ضخ ما عدم توقف المضخة عن العمل أوتوماتيكيا. في هذه الحالة يجب عمل الآتي:

أ. توقيف المضخة عن العمل وفحص نظام التحكم الذي يعتمد على مستوى سطح الماء
ب. اترك المضخة مستمرة في عملها
ج. إرخي قليلاً صندوق الحشو Stuffing box
د. أوقف التشغيل الأوتوماتيكي وحول إلى مفتاح التشغيل اليدوي
ه. أوقف وحدة الضخ كليا

## مهمة 9

يحتاج ملء خزان عالي بالماء سعته 750 لتر وعلى ارتفاع 21.5 م إلى زمن ضخ مقداره 18.5 دقيقة .
ما مقدار كفاءة المضخة إذا كانت الطاقة المزودة للمحرك هي 250 وات؟

## مهمة 10

يفرغ خزان بحجم 2400 م$^3$ باستعمال 3 مضخات متماثلة أ و ب و ج وسعة كل منها 100 م$^3$ / ساعة. إذا تم تشغيل كل المضخات في آن واحد عند الساعة 07:00 و إذا تعطلت المضخة أ عند الساعة 09:30 (أي بعد 2.5 ساعة من تشغيلها) و بعد إصلاحها تم إعادة تشغيلها عند الساعة 13:00.
فما هو الوقت الذي يتم عنده تفريغ الحوض بالكامل؟

**القسم ب**

## مهمة 1

تحدث حالات متعددة عند تشغيل مضخة تعمل بالطرد المركزي في محطة الضخ كما هو مبين في الجدول التالي:
ضع علامة X على الاجابة الصحيحة من الإجابات الثلاثة التالية

أ. المضخة لا تضخ ماء
ب. معدل التدفق في خط الطرد منخفض جدا
ج. تضخ المضخة كميات غير متساوية ويصدد عنها ضجيج عالٍ.

| | | الحل | | |
|---|---|---|---|---|
| | الحالة / الموقف | أ | ب | ج |
| 1. | المضخة لا تعمل | | | |
| 2. | لم تتم إزالة الفقاعات الهوائية بشكل كامل | | | |
| 3. | صمام أنبوب الضغط مغلق | | | |
| 4. | صمام أنبوب الشفط غير مفتوح بشكل كامل | | | |
| 5. | بيبلية المضخة غير صالحة | | | |
| 6. | بيلية الماتور غير صالحة | | | |
| 7. | أنبوب الضغط مغلق بالعوائق | | | |

## مهمة 2

بماذا يتسبب تركيب مضخة تعمل بالطرد المركزي ذات عمود تشغيل اكبر من المطلوب؟

## مهمة 3

مضخة غاطسه لم تعد تضخ كمية المياه المطلوبة ولم تعد تعطي الضغط المطلوب.
اذكر الأسباب الممكنة لذلك ؟

## مهمة 4

ما هو المقصود بنقطة أفضل مستوى كفاءة للمضخة ؟

## مهمة 5

تعطي مضخة تعمل بنظام الطرد المركزي أعلى ضغط:

ا. في حالة التفريغ الحر
ب. في حالة الضخ العادي
ج. في حالة أقل ارتفاع ضخ
د. في حالة فتح المحبس الرئيسي
ه. في حالة إغلاق صمام الضغط

## مهمة 6

ما الذي يؤثر على مستوى كفاءة المضخة ؟

ا. قطر الفراشة الطاردة المركزية
ب. الاحتكاك المفقود في خط الطرد
ج. التسرب وفاقد الاحتكاك في المضخة
د. الاستهلاك الفعال الحالي
ه. عدد ساعات التشغيل

## مهمة 7

ما هي مضخة الماموث؟

ا. مضخة خاصة حلزونية مختلفة المركز
ب. مضخة كبيرة تعمل بنظام الطرد المركزي
ج. مضخة رفع بالهواء
د. مضخة مروحية خاصة

## مهمة 8

ماذا تعمل حلقة العزل الطافية في المضخة ؟

ا. تعزل فراغ المضخة
ب. تثبيت عمود محور المضخة
ج. تحمي صندوق الحشوة
د. تعزل نهاية عمود المحور عن بيت المضخة
ه. تسهل صيانة المضخة

## مهمة 9

يراد تخفيض معدل التدفق في المصعد الحلزوني بواسطة تقليل بكره المحرك. إذا كان المحرك يدور بمعدل 1,200 دوره في الدقيقة وقطر بكره المحرك هي 100 مليمتر وقطر البكره على ناقل الحركة هو 120 مليمتر ونسبه ناقل الحركة هو 1:20 فما هي سرعة الدوران ( دوره في الدقيقة) للمصعد الحلزوني.

**مهمة 10**

يراد إنشاء مضخة غاطسة وخط طرد جديدان في بئر عميق . فإذا كانت سعة المضخة هي 26 لتر/الثانية ومقدار عمودها المانوميتري هو 84.5 م.
إحسب مقدار طاقة محرك المضخة والقطر الاسمي للخط الصاعد إذا كانت سرعة التدفق في خط الطرد لا تتجاوز قيمتها 0.4 م/ث علماً أن كفاءة المضخة هي 75 % وكفاءة المحرك هي 90 % وعجله الجاذبية الأرضية هي 9.81 م/ث$^2$.

## 4.2 تشغيل أنظمة الصرف الصحي

**تشتمل عمليات التشغيل في أنظمة الصرف الصحي والمنشآت الخاصة بها (مناهل وأحواض مياه الأمطار) على مهام الفحص والمراقبة و التنظيف وتصليح الأعطال والصيانة.**

**القسم أ**

**مهمة 1**

ينقسم نظام تشغيل أنظمة الصرف الصحي إلى ثلاث حقول من النشاطات. اذكر هذه الحقول واشرحها.

**مهمة 2**

إن عملية فحص أنظمة الصرف الصحي هي عملية هامة تتطلب مراعاة ترتيبات مسبقة ومهمة لمعرفة الوقت المناسب للعمل على إصلاح او تنظيف النظام.

ا. اذكر طرق الفحص العادية؟

ب. أي الأعطال التي يمكن اكتشافها نتيجة الفحص؟

**مهمة 3**

اذكر العيوبِ التي يمكن أن تحدث وتؤثر على السعة التصميمية لأنظمة الصرف الصحي ومن ثم محطات التنقية والمياه المستقبلة واذكر أيضاً التأثيرات المصاحبة لذلك.

**مهمة 4**

عادة ما يتكون غشاء بكتيري في أنظمة الصرف الصحي.

ا. اشرح مصطلح هذا الغشاء البكتيري.

ب. اذكر الخصائص المفيدة للغشاء البكتيري في أنظمة الصرف الصحي.

**مهمة 5**

أذكر الاعتبارات التي يجب أن تؤخذ في الحسبان عند تركيب خط مضغوط في نقطة عالية.

**مهمة 6**

صف خطوات فحص الدخان لاكتشاف وصلات صرف المطر الغير قانونية في نظام الصرف الصحي المنفصل.

## مهمة 7

اذكر المواد الملوثة أو مجموعات الملوثات التي يتعرض لها العاملين في أنظمة الصرف الصحي علماً أن خصائص هذه الملوثات او المجموعات الملوثة هي:

1. مواد سامه
2. مواد قابلة للاشتعال
3. مواد قابلة للانفجار
4. مواد مستهلكة للأكسجين

## مهمة 8

ما هي المعدات الوقائية التي يجب تزويد العاملين قي أنظمة الصرف الصحي بها كحد أدنى عند تشغيل منشآت الصرف الصحي؟ اذكر أيضاً مكونات هذه المعدات.

## مهمة 9

أي من المركبات التالية إن وجدت في المياه العادمة تتسبب في تآكل المواد الاسمنتية في أنظمة الصرف الصحي تحت ظروف معينة:

ا. الأمونيا
ب. الفوسفور المذاب
ج. كلوريد الصوديوم ($NaCl$)
د. كبريتد الهيدروجين والكبريتات
ه. النيتروجين ($N_2$)

## مهمة 10

أي من العبارات التالية عن عمليات التآكل التي تسببها المياه العادمة المحتوية على كبريت خاطئة:

ا. تتسبب المياه الساكنة في أنابيب المياه العادمة في مقدار تآكل أكبر من المياه الجارية
ب. يحدث التآكل في المواسير الخراسانية بشكل كبير في المناطق الواقعة تحت مستوى سطح الماء
ج. يؤدي انخفاض محتوى الأكسجين في الماء إلى تآكل في المواسير المصنوعة من الاسمنت
د. ينتج التآكل في المادة الاسمنتية فقط من وجود نوع بكتيري معين بشكل مكثف
ه. تعمل المياه العادمة المحتوية على الكبريت على تعزيز التآكل في مادة الاسمنت

## مهمة 11

إن الرقابة المستمرة لعمل أنظمة الصرف الصحي ضرورية لكي:

ا. نستطيع فحص الأجزاء الفرعية من أنظمة الصرف الصحي
ب. نستطيع تحديد الأعطال بشكل مبكر
ج. نستوفي قوانين ومتطلبات التصرف
د. نستطيع توظيف العمالة المشغلة
ه. نستطيع تعيين مواعيد الفحص الشهري

**مهمة 12**

أي من الأمور التالية ليس من إجراءات التفتيش لأنظمة الصرف الصحي:

ا. الفحص النظري المفصل
ب. الفحص النظري البسيط
ج. مراقبة وتقييم الوضع السائد
د. التنظيف والرحض
ه. فحص عدم التسرب

**القسم ب**

**مهمة 1**

اذكر العمليات العادية التي يجب تطبيقها عند تنظيف أنظمة الصرف الصحي.

**مهمة 2**

صف باختصار مرحلتي عملية الضغط العالي المتبعة في تنظيف أنظمة الصرف الصحي.

**مهمة 3**

صف مبدأ التخلص من المواد الناتجة من رحض المنهل بالاستعانة بسيارة الشفط.

**مهمة 4**

أشرح باختصار عملية تنظيف مصيدة الدهون.

**مهمة 5**

أي من الإجراءات والمعايير الصحية التالية التي يجب مراقبتها بعد عملية تنظيف نظام الصرف الصحي:

ا. استخدام مساحيق الغسيل
ب. تنشيف الأيدي
ج. فصل ملابس العمل عن الملابس العادية
د. الأكل والشرب والتدخين خلال فترة العمل

**مهمة 6**

من أهم المشاكل التي تواجه عملية تشغيل نظام الصرف الصحي هي القضاء على الفئران (الجرذان).

ا. أين توجد الفئران بشكل رئيسي؟
ب. كيف تتم عملية القضاءعلى الفئران؟

**مهمة 7**

متى يجب تنظيف شبكة الصرف الصحي؟

ا. في حاله تكرار سقوط الأمطار
ب. إذا لوحظ تدفق المياه الجوفية من قاع الانبوب.
ج. إذا أكد تقرير محطة التنقية بان حوض مياه الأمطار ممتلئ بكميات كبيرة من الرواسب.
د. على الأقل أربع مرات في السنة.

## مهمة 8

ما هي طريقة التنظيف الاقتصادية التي يستخدمها عامل الصيانة في الأماكن التي يصعب الوصول إليها في أنظمة الصرف الصحي؟

ا. استخدام برابيش المياه
ب. استخدام معدات الغسيل النفاثة
ج. استخدام معدات الضغط العالي
د. استخدام الونش اليدوي

## مهمة 9

أي من معدات التنظيف التالية يستخدم لإزالة العوائق الكبيرة والمواد المترسبة و جذور الأشجار من المواسير.

ا. أدوات التنظيف المحمولة بالونش
ب. البولي كات
ج. معدات تنظيف ذات ضغط عالي
د. الدائرة التلفزيونية المغلقة
ه. الكرات المطاطية

## مهمة 10

البولي كات هي :

ا. حاجب الجرف
ب. معدات خاصة ذات ضغط عالي
ج. عازل غير منفذ
د. معدات لمراقبة الجرذان
ه. معدات تنظيف تدفع إلى الأمام باستخدام عمود مائي

**القسم ج**

**مهمة 1**

ما هي الأخطاء الإنشائية والتشغيلية التي يتم تحديدها عند اجراء فحص نظام الصرف الصحي؟

**مهمة 2**

يتم الإعداد للأعمال الإنشائية لإعادة تأهيل شبكة الصرف الصحي بناءاً على طلب من المواطنين. اذكر الإجراءات الضرورية لاتمام هذه الأعمال.

**مهمة 3**

ما هي المعلومات النموذجية الأساسية الواجب تسجيلها وحفظها لنظام الصرف الصحي باستخدام ADP؟
اذكر المعايير المناسبة لذلك؟

**مهمة 4**

عند تطوير قاعدة المعلومات لنظام الصرف الصحي فانه يمكن التمييز بين:

ا. المعلومات التعريفية
ب. المعلومات الأساسية

أعطي أمثلة لكل من أ و ب أعلاه

**مهمة 5**

تنبعث غازات فعاله وسامه وخطيرة على الحياة عند إزالة المواد المترسبة في نظام الصرف الصحي.

ا. سمي هذه الغازات السامة؟
ب. اذكر أسباب عدم استكشاف هذه الغازات بحاسة الشم؟

**مهمة 6**

يعني التشغيل والصيانة في نظام الصرف الصحي:

ا. تحديد مكونات محطة تنقية جديدة
ب. إزالة الأذى و الإزعاج بإجراء أعمال الصيانة
ج. إصلاح الأعطال الكبيرة في نظام الصرف الصحي
د. التنظيف والرحض
ه. تجهيز فحوصات منع التسرب

## مهمة 7

أي من الإجراءات المذكورة أدناه لا تقع ضمن مسؤوليات مشغل نظام الصرف الصحي العام:

ا. الإصلاحات الموضعية أو عملية تبديل المواسير
ب. عملية تشغيل المحطات المسبقة التي تُستخدم لمعالجة المياه العادمة الصناعية
ج. خدمة المعدات الميكانيكية
د. القضاء على الفئران
ه. إزالة المواد المترسبة

## مهمة 8

عند فحص شبكة الصرف الصحي والتي يصعب وصول العمال إليها باستخدام الدائرة التلفزيونية المغلقة فإن الدائرة التلفزيونية لا يمكنها :

ا. تحديد جميع الأعطال في الأنابيب
ب. تحديد أماكن الأعطال وملاحظتها من أكثر من زواية
ج. المسح الدقيق لمكان الأعطال
د. إجراء الفحوصات وجمع المعلومات بشكل كامل
ه. التوثيق الدائم مثل التصوير والفيديو

## مهمة 9

يتطلب انبوب صرف صحي قطره 600 ملم إلى فحص وتقييم كفاءته خلال فترة حياته.
أي من الاختبارات والتقييمات التالية ليس مناسباً لذلك:

ا. فحص العزل باستخدام الهواء
ب. فحص العزل باستخدام الماء
ج. مراقبة التصرف في نظام الصرف
د. مراقبة عينية بالتفتيش المباشر
ه. فحص تسرب مياه الأمطار

## مهمة 10

كيف يتم التعامل مع أغطية المناهل المتجمدة عند فتحتها؟

ا. استخدام سبائك لحام الحديد
ب. استخدام التسخين المباشر
ج. بنفخ الهواء بقوة
د. باستخدام السدادة
ه. باستخدام الملح

# 3. عمليات تشغيل وصيانة أنظمة معالجة المياه العادمة

## 1.3 الرسم البياني للتدفق في أنظمة معالجة المياه العادمة

**إن الرسم البياني لتدفق المياه في نظام معالجة المياه العادمة يبين ويوضح الإجراءات التشغيلية لهذا النظام ويدل على المنشآت الضرورية التي تكون المحطة**

### مهمة 1

يمثل الرسم البياني التالي مكونات محطة تنقية للمياه العادمة (أ) ذات سعة تصميم مقدارها 147,385 مكافئ نسمة والمتضمنه للأكسدة الحيوية للامونيوم وإزالة الفوسفور والتي تتدفق اليها بشكل رئيسي مياه عادمة بلديه .إذا كان الحمل العضوي هو 40 جرام $BOD_5$ للشخصي في اليوم وإن القيم الدنيا التالية يجب تحقيقها في المياه المعالجة:

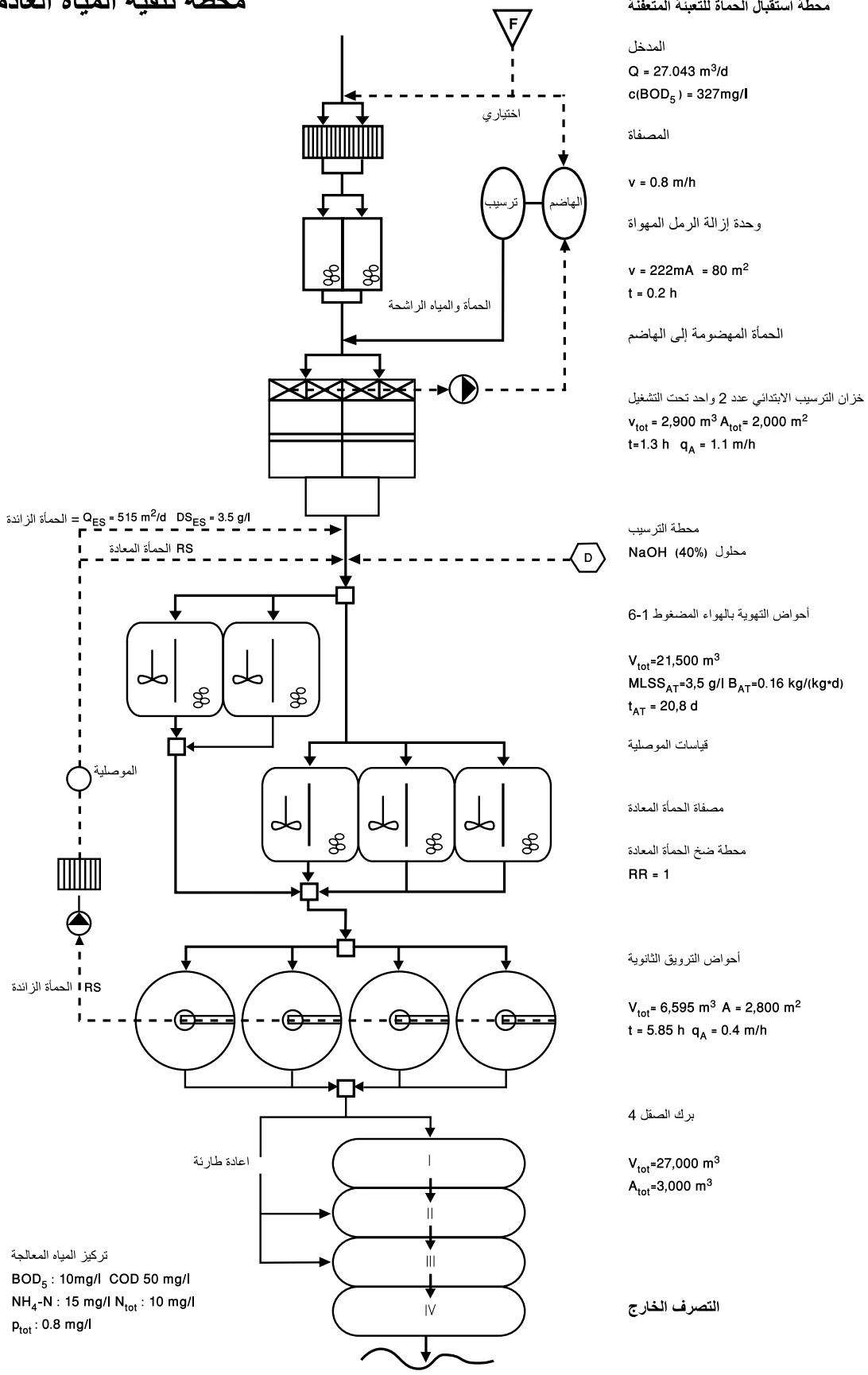
$NH_4$-N : 10 مليجرام/اللتر COD : 75 مليجرام/اللتر.

$N_{inorg}$ : 13 مليجرام/اللتر $BOD_5$ : 15 مليجرام/اللتر.

$P_{tot}$ : 1 مليجرام/اللتر

فاذا كان الشكل التالي يحتوي على 10 أخطاء هامة، اشرح باختصار ما هي هذه الأخطاء وكيف يتم التعامل معها.

## محطة تنقية المياه العادمة (أ)

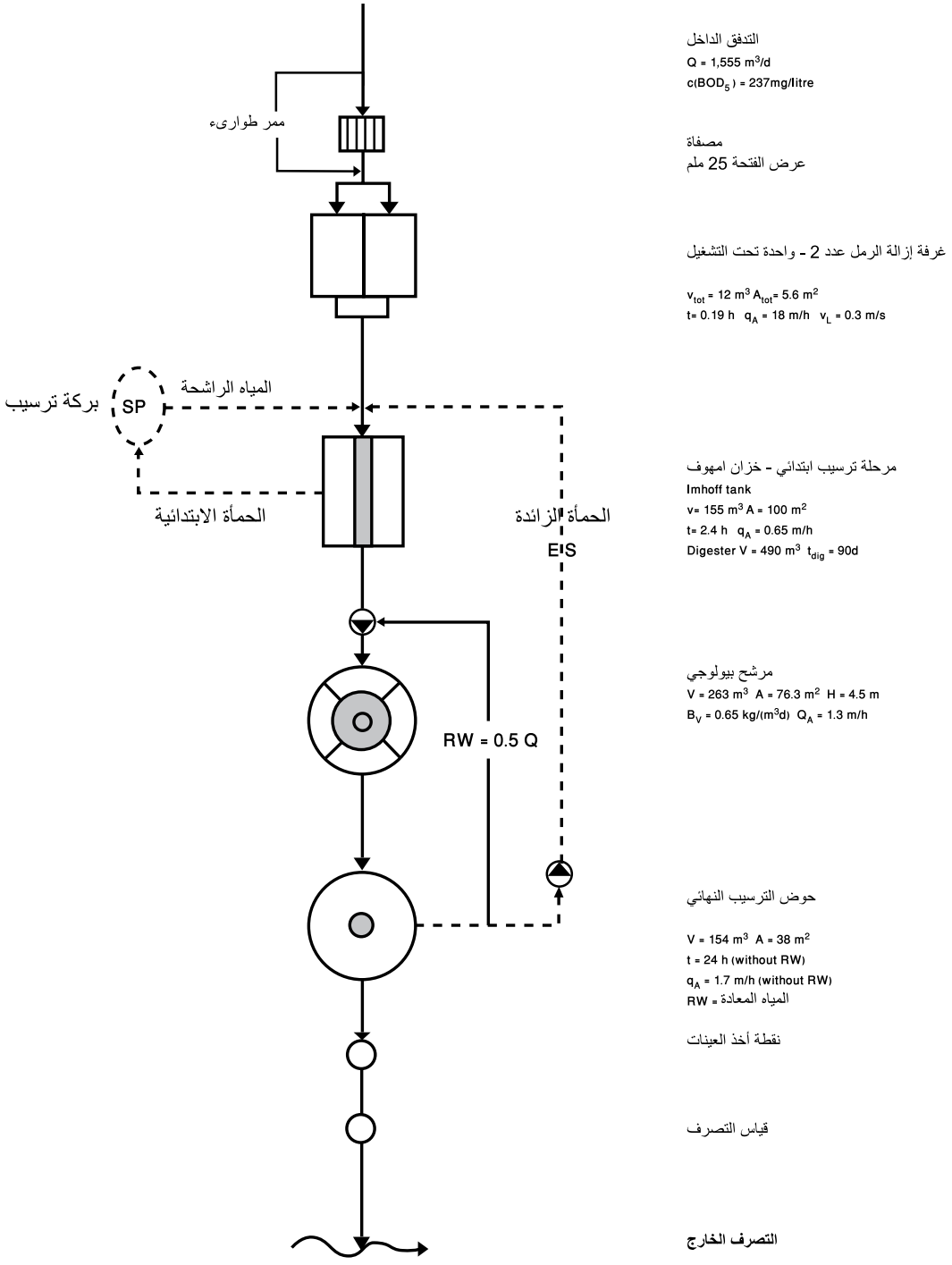



**شكل 1/1.3: الرسم البياني لمكونات محطة تنقية المياه العادمة أ**

## مهمة 2

يمثل الرسم البياني التالي مكونات محطة تنقية للمياه العادمة (ب) ذات سعة مقدارها 6,142 مكافئ نسمه وتتكون المحطة من مرشح حيوي وخزان إمهوف ويتدفق اليها بشكل رئيسي مياه عادمة بلدية وأن الحمل العضوي هو 40 جرام/الشخص في يوم ومعدل إنتاج الحمأه الخام هو 1.5 لتر/الشخص في اليوم. يحتوي الشكل التالي على 5 أخطاء هامة اشرح باختصار ما هي هذه الأخطاء المرتبطه بالمحطة.

### محطة تنقية المياه العادمة (ب)




**شكل 2/1.3: الرسم البياني لمكونات محطة تنقية المياه العادمة (ب)**

## 2.3 المصافي والمناخل

**تنتمي المصافي والمناخل إلى مرحلة المعالجة الميكانيكية لمحطات تنقية المياه العادمة ووظيفتهما هي حماية المعدات الميكانيكية وذلك بحجز المواد كبيرة الحجم وتوضع المصافي والمناخل أيضا عند مخارج الطوارئ ومخارج أنظمة تجميع مياه الأمطار.**

**القسم أ**

### مهمة 1

تحتوي مرحلة المعالجة الميكانيكية في محطات تنقية المياه العادمة بالإضافة إلى غرفة الرمال وأحواض الترسيب الأولية/الابتدائية على مصافي ومناخل:

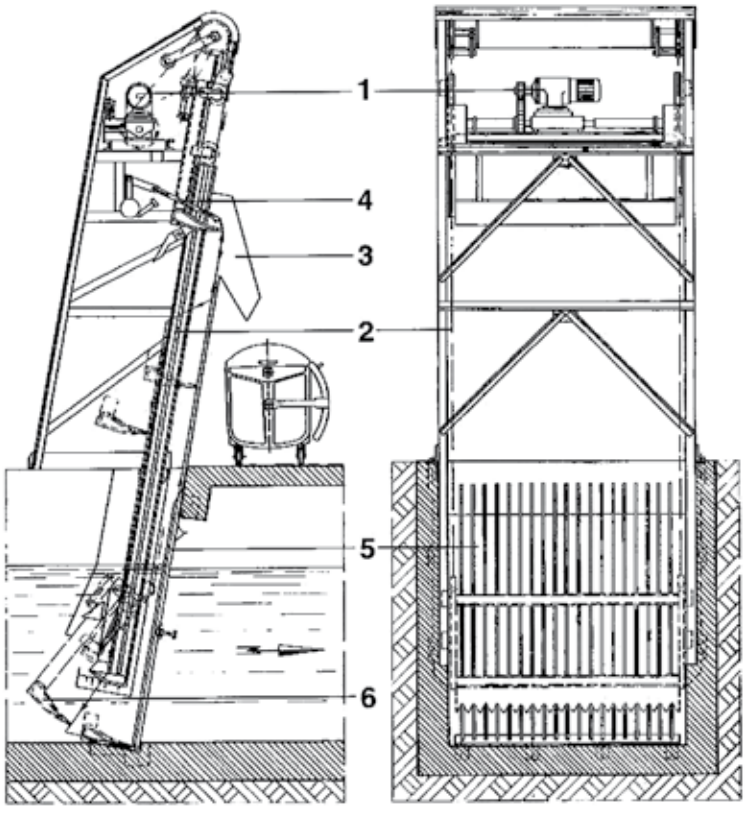
ا. اذكر الأنواع المختلفة من المصافي؟

ب. اذكر الأنواع المختلفة من المناخل؟

ج. ما مقدار التدفق (م/ ث) الذي يجب عدم تجاوزه في غرفة المصفاة وبين قضبان المصفاة؟ علل إجابتك؟

### مهمة 2

سمي الأجزاء من 1 إلى 6 في المقطع الطولي والعرضي للمصفاة الصاعدة التالية:




**شكل 1/2.3: مقطع طولي وعرضي لمصفاة صاعدة**

**مهمة 3**

يتم التحكم في المصافي من خلال التحكم في مستويات الماء المختلفة:

ا. صف طريقة التشغيل لنظام التحكم هذا؟

ب. ما هي ميزة نظام التحكم هذا مقارنه بنظام التوقيت؟

**مهمة 4**

يتم وضع المصافي والمناخل حديثاً داخل المباني. أذكر الأسباب لأهمية ذلك.

**مهمة 5**

عند إجراء تفتيش لمصفاة في محطة تنقية تبين أن كميات متزايدة من الرمال قد ترسبت في منطقة المصفاه. اذكر الأسباب الممكنة لهذا الترسيب.

**مهمة 6**

اذكر مميزات غسل المواد المصفاه على كل من تشغيل محطة تنقية المياه العادمة وعلى التخلص من هذه المواد.

**مهمة 7**

ما عدد مرات المراقبة للمصفاة الميكانيكية التي يجب أن يقوم بها عامل التشغيل؟

ا. مرة او مرتين أسبوعياً

ب. عند نهاية الأسبوع فقط

ج. مرة في الشهر

د. مرة او مرتين يومياً

ه. غالباً لا تراقب حيث تعمل اوتوماتيكا

**مهمة 8**

ما هو القياس الذي لا يؤثر على ارتفاع مستوى الماء قبل المصفاه كنتيجة لتراكم المواد المصفاة؟

ا. معدل التدفق

ب. ارتفاع المواد المصفاة

ج. سرعة التدفق

د. أشكال قضبان المصفاة

ه. المسافة بين قضبان المصفاة

## مهمة 9

ما هو الإجراء الخاص الذي يجب مراعاته عند إنشاء نظام تسخين في المصافي؟

ا. ضمان تجديد الهواء بشكل كافي
ب. توفير الاحتياطات اللازمة لضمان مراعاة قانون الانبعاثات
ج. أن تكون المنشآت محمية من الانفجار
د. توفير الاحتياطات اللازمة لضمان مراعاة قانون الابنية
ه. نقطة الإنشاء في البناية

## مهمة 10

ينتج مقدار 432 م$^2$ من المواد المصفاة سنوياً في محطة تنقية المياه العادمة التي تخدم 48,000 نسمة.

ا. كم عدد لترات المواد المصفاه المنتجة لكل شخص في السنة؟
ب. هل ناتج المواد المصفاه عندما تكون المسافة بين قضبان المصفاة 20 مليمتر هي قيمة عادية او أنها عادة ما تكون أقل أو أكثر من ذلك؟

**القسم ب**

**مهمة 1**

إذا تم تغيير مصفاه قائمة والتي كانت المسافة بين قضبانها هي 20 مليمتر إلى منخل المسافة بين فتحاته هو1 مليمتر. ما هو تأثير ذلك على مراحل التنقية التالية:

ا. غرفة الرمال
ب. حوض الترسيب الابتدائي
ج. حوض التهوية الحيوي
د. الهاضم

**مهمة 2**

عند وجود عيوب في المصافي والمناخل ما هي الترتيبات الإنشائية التي من خلالها يمكن تجنب الغمر الخلفي لأنابيب الصرف الصحي؟

**مهمة 3**

يتم تجميع كمية من المياه عند إنشاء المصفاة أو المنخل. اذكر العوامل التي تؤثر على كمية المياه المتجمعة؟

**مهمة 4**

اذكر الإجراءات التي من خلالها يمكن التقليل من المضايقات الناتجة من الروائح المنبعثة من المواد المصفاة؟

**مهمة 5**

اذكر مهام الصيانة التي يجب إجراؤها بانتظام لوحدة التصفية؟

**مهمة 6**

أي الإجابات التالية عن المصافي صحيحاً:

ا. لا تأثير للمسافة بين قضبان المصفاة على سرعة التدفق
ب. إزالة المواد الكبيرة بشكل غير كافي يؤدي الى تكوين مواد طافية في غرفة الرمال
ج. تزداد كمية المواد المصفاة عند غسلها
د. تصدر رائحة عفن شديدة من المواد المصفاة نتيجة لاحتوائها على مواد معدنية
ه. في مصافي التيار المعاكس يكون تنظيف المواد المصفاة في اتجاه عكس اتجاه التدفق

## مهمة 7

أي الأخطار الخاصة التي قد تحدث في مبنى وحدة التصفية؟

ا. قد تتجمد المصفاه في الشتاء
ب. حدوث فيضان في وحدة التصفيه عند حدوث عطل فيها
ج. قد تنتشر الغازات السامة والمنفجرة في حالة عدم تهويه وحده التصفية بشكل كافٍ
د. يؤدي تقلب وتغيير حالات الطقس الى تكثيف عالي في وحده التصفية
ه. يترسب الرمل في وحده التصفيه عند انخفاض معدل التدفق

## مهمة 8

أي من الأخطار الآتية ينتج عن مصفاه ممتلئة ولم يتم تنظيفها:

أ. تصبح وحدة الرمال التالية مغمورة
ب. تصبح محطة التنقية ذات حمل هيدروليكي أعلى من طاقتها
ج. يتم تفعيل خط الفائض في الطرف الأعلى لمياه الأمطار قبل الأوان
د. تقل كمية المواد الكبيرة المحجوزة
ه. يزداد حمل الأكسجين الحيوي الممتص $BOD_5$ في محطة تنقية المياه العادمة

## مهمة 9

إذا كان مقدار المواد المصفاة في محطة تنقية كما هو مبين في الجدول التالي:

| | | | |
|---|---|---|---|
| يناير | 16.1 طن | يوليو | 12.3 |
| فبراير | 16.0 | المعطى | 9.9 |
| مارس | 18.0 | سبتمبر | 18.4 |
| ابريل | 16.5 | اكتوبر | 18.2 |
| مايو | 20.4 | نوفمبر | 16.2 |
| يونيو | 12.2 | ديسمبر | 17.8 |

احسب المعدل الشهري والحد الأعلى والأدنى للمواد المصفاة ؟

## مهمة 10

توجد وحدة تصفية في محطة تنقية مياه عادمة ذات سعة تصميمية مقدارها 800 نسمة. احسب المعدل السنوي للمواد المصفاه بالطن اذا كانت كثافة المواد المصفاة هي 0.7 كجرام/اللتر وكمية المواد المحجوزة هي 21.5 لتر لكل نسمه في السنة.

## 3.3 غرف الرمال ومصائد الدهون

**إن وجود الرمل والمواد الخفيفه مثل الزيوت والدهون والمواد البترولية يؤدي إلى تعطيل عمليات التشغيل في محطات تنقية المياه العادمة بطرق مختلفة. ويتم فصل تلك المواد من خلال عمليات الترسيب والتعويم في غرف الرمال ومصائد الدهون.**

**قسم أ**

**مهمة 1**

اذكر التصميمات المختلفة لغرف الرمال واذكر كيف يتم متابعتها؟

**مهمة 2**

يُفضل استخدام غرف الرمال المهواة في محطات تنقية المياه العادمة.

ا. ما هي مزايا غرف الرمال المهواة مقارنه بغرف الرمال العادية؟

ب. لماذا تستخدم غرف الرمال العادية على الرغم من ذلك؟

**مهمة 3**

ما هي الإجراءات التي يمكن اتخاذها لفحص السرعات الطولية والدورانية في غرف الرمال؟

**مهمة 4**

كيف يتم تحديد كفاءة غرف الرمال؟

**مهمة 5**

يتم حجر الرمل في غرف الرمال من خلال:

ا. تقليل قوة الجرف

ب. زيادة معدل التدفق

ج. كثافة المياه العادمة

د. تهوية المياه العادمة

ج. تأثير التعويم

## مهمة 6

يتطابق معدل التدفق السطحي مع:

ا. السرعة الأفقية في غرفة الرمال
ب. سرعة الترسيب الأدنى لحبيبات الرمل
ج. سرعة الترسيب الأعلى لحبيبات الرمل
د. نسبة التدفق الطولي الى التدفق العرضي
ه. نسبة التدفق الطولي الى التدفق المحوري لحبيبات الرمل

## مهمة 7

تؤدي عملية غسل الرمال إلى:

ا. تجنب انبعاث الروائح
ب. زيادة المركبات العضوية في المرحلة البيولوجيه للمعالجة
ج. زيادة الطلب على إعادة استعمال الرمال
د. تقليل الإهتراء في محطات الضخ والأنابيب
ه. فصل الحمأة عن الرمال

## مهمة 8

إذا كان معدل التصرف في محطة تنقية مياه عاديه هو 200 لتر/الثانية ومعدل التدفق السطحي في غرفة الرمال هو 0.4 سم/الثانية وزمن المكوث فيها هو 15 دقيقة .

ا. احسب عمق غرفة الرمال؟
ب. احسب المساحة السطحية للغرفة؟

## مهمة 9

بواسطة معدات غسل الرمال في محطة تنقية تم تخفيض المواد العضوية الصلبة من 32 % الى 4 %. وإذا كان خليط الرمل المنتج من المحطة هو 4 لتر/النسمة سنوياً ومحتواه من المواد الصلبة هو 40 % وكثافة تلك المواد هي 1.23 جرام/سم$^3$ فأوجده:

ا. كمية المواد العضوية المحجوزة سنوياً بالطن اذا كانت كثافة الرمل هي 1.8 جرام/سم$^3$.
ب. كثافة المواد العضوية الصلبة.

**القسم ب**

**مهمة 1**

اذكر الوظائف المهمة للمصنف الترددي؟

**مهمة 2**

يترتب عند تركيب جهاز تهوية ذو قدرة أكبر من الجهاز الحالي إنتاج كمية اقل من الرمل المجوز. اذكر سبب ذلك؟

**مهمة 3**

تتسبب المواد الخفيفة مثل الزيوت والدهون والمواد البترولية بتعطيل عملية التنقية ولذلك يجب حجزها في مناطق إنتاجها من خلال أجهزة فصل معينة.

اذكر :

ا. التجهيزات اللازمة في محطات تنقية المياه العادمة والتي تقوم بفصل تلك المواد الخفيفه اذا ما دخلت بطريقة غير قانونية الى نظام الصرف الصحي

ب. المشاكل الى تواجه تشغيل محطة التنقية والمتسببة من وجود المواد الخفيفة

ج. طرق التخلص من المواد الخفيفة الناتجة من محطات معالجة المياه العادمة

**مهمة 4**

إن كفاءة قنوات الرمال تعتمد بشكل جوهري على السرعات المحورية وسرعة ترسيب الحبيبات الأصغرحجماً من الرمل المترسب.

ا. ما هو حجم الرمال الصغيرة الذي يمكن ترسيبه؟

ب. ما هي السرعة المحورية (سم/ الثانية) التي تسمح بترسيب اصغر حبيبات الرمل وتبقى على المواد العضوية معلقة؟

**مهمة 5**

في أي مجال من المجالات التالية لا يكون هناك أي ميزه إضافية لغرفة الرمال المهواة عن غرفة الرمال العادية (بدون تهوية)؟

ا. في تخفيض نسبه المواد الصلبة العضوية في الرمال

ب. في تحسين تعويم المواد الدهنية

ج. في تهوية وتجديد الماء

د. في تحسين عملية الفصل عند تغيير مقدار التدفق

ه. في تحليل المركبات النيتروجينية

## مهمة 6

ما تم حجزه في غرفة الرمال لا يعاد استخدامه او التخلص منه في:

ا. صناعة مواد البناء
ب. عماره المشهد
ج. محرقة المخلفات
د. المكبات
ه. إعادة الاستعمال في الزراعة

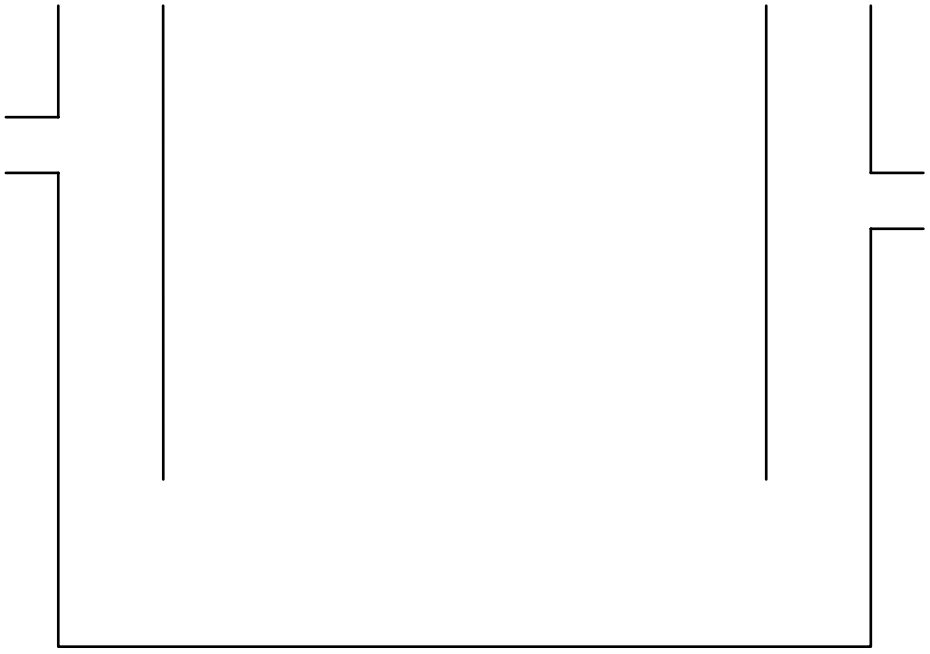
## مهمة 7

عندما تترسب كميات كبيرة من الحمأة في غرفة ترسيب الرمال فإنه يجب:

ا. تخفيض كمية الهواء المضخوخه الى الحد الذي عنده لا تترسب كميات اضافيه من الحمأة
ب. التخلص من الحمأة بشكل منتظم بواسطة سيارة الشفط
ج. زيادة كمية الهواء المضخوخه الى الحد الذي عنده لا تترسب الحمأة
د. توقيف التهوية بشكل كامل
ه. زيادة كمية الحمأة المعادة

## مهمة 8

أكمل مخطط نظام فصل المواد قليلة الكثافة على ان يشتمل على كل التوضيحات اللازمة واشرح الاحتياطات الواجب مراعاتها عند تفريغه لضمان السعة التصميمية لنظام الفصل.

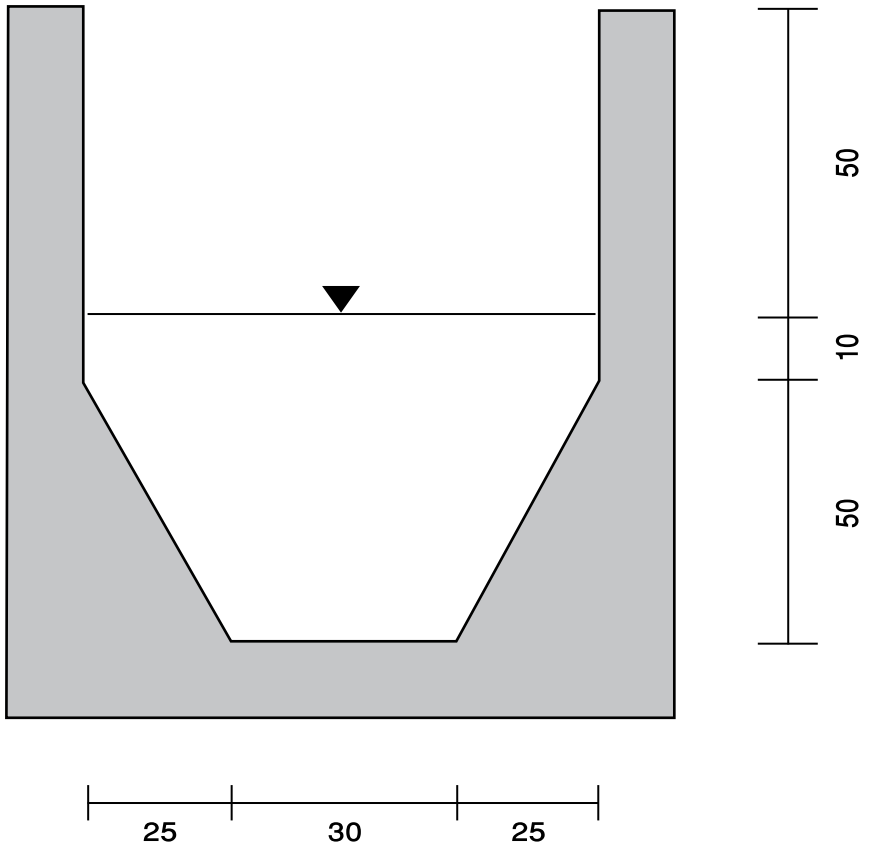


**شكل 1/3.3: مخطط نظام فصل المواد قليلة الكثافة**

## مهمة 9

إذا كان طول قناة الرمال ذات المقطع المبين أدناه هو 25 متر ومقدار التدفق هو 180 لتر/الثانية.
احسب :

ا. زمن المكوث بالدقيقة
ب. معدل التدفق السطحي
ج. السرعة الطولية (م/ الثانية)
د. اذكر الإجراءات الضرورية لضمان ترسيب الرمال علماً أن حبيبات الرمال اكبر من 0.2 مليمتر




**شكل 2/3.3: مقطع عرضي لقناة ترسيب الرمال**

## 4.3 أحواض الترسيب الأولية / الابتدائية

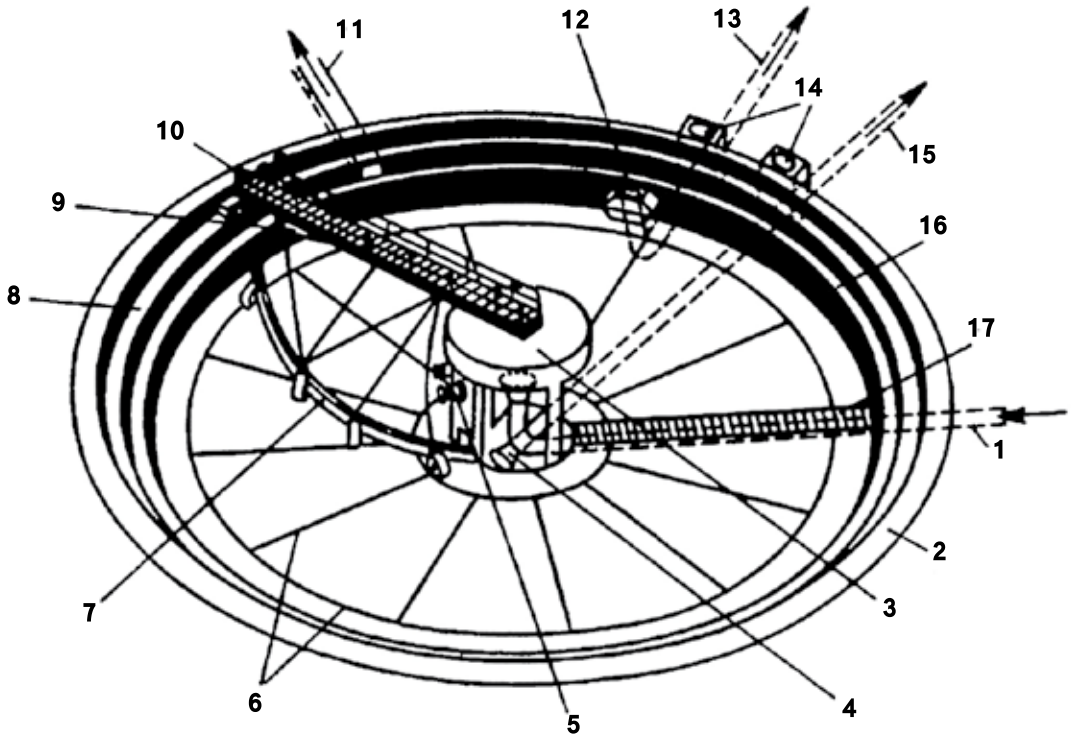
**تترسب المواد القابلة للترسيب والموجودة قي المياه العادمة في أحواض الترسيب الابتدائية وتعتمد عملية الترسيب على زمن المكوث وسرعة الترسيب للمواد الموجودة.**

**القسم أ**

**مهمة 1**

وزع الأجزاء من أ الى ه والمذكورة أدناه على الأرقام المناسبة في رسم المسقط الأفقي لحوض الترسيب الأولى المبين أدناه:

ا. مدخل حوض الترسيب
ب. قشاطة تنظيف القاع
ج. المقشدة
د. قادوس الحمأة
ه. مخرج حوض الترسيب




**شكل 1/4.3: مقطع أفقي لحوض ترسيب ابتدائي**

*From: Hosang: Bischof: Abwassertechnik, 9th Edition 1989 © Teibner, Stuttgart*

## مهمة 2

أحواض الترسيب الأولية في محطات التنقية قد تكون أحواض مستطيله او دائرية الشكل.

ا. ما هي مميزات وعيوب الحوض المستطيل عند مقارنته بالحوض الدائري؟

ب. ما نوع القشاطات المستخدمة في الأحواض المستطيلة والدائرية؟

## مهمة 3

إن وظيفة القشاطات في أحواض الترسيب الأولية هي إزالة الحمأة المترسبة والطافية.

ما هي مهام الصيانة المنتظمة والتي يجب إجراؤها لضمان عملية تشغيل خالية من العيون؟

## مهمة 4

اذكر الأسباب المؤدية لتقليل كفاءة الترسيب في أحواض الترسيب؟

## مهمة 5

أي من العبارات التالية عن مرحلة الترسيب الابتدائي او حوض الترسيب الابتدائي صحيحة:

ا. يتم تخفيض الأكسجين الحيوي الممتص $BOD_5$ بمقدار 50 % في مرحلة الترسيب الابتدائي

ب. يتم ترسيب المواد العالقة فقط في حوض الترسيب الابتدائي

ج. يتم تخفيض حمل النيتروجين بمقدار 20 % في مرحلة الترسب الابتدائي

د. يتم ترسيب كل المواد القابلة للترسيب خلال زمن مكوث قيمته ساعتان

ه. يتم اختيار أبعاد اكبر لحوض الترسيب الابتدائي مقارنة بحوض الترويق / الترسيب الثانوي

## مهمة 6

إن ترسيب الحمأة في مرحلة الترسيب الابتدائي لا يعتمد على:

ا. سرعة الجريان

ب. معدل الترسيب

ج. معدل التصرف السطحي

د. زمن المكوث

ه. تركيز الأكسجين الحيوي الممتص $BOD_5$ في المياه العادمة

## مهمة 7

تتدفق كمية مياه عادمة مقدارها 750 $م^3$/الساعة إلى حوض ترسيب ابتدائي طوله 50 م وعمقه 3 م. فإذا كان زمن المكوث في الحوض هو 1.0 ساعة احسب:

ا. المساحة السطحية للحوض ($م^2$).

ب. مقدار سرعة الجريان (سم/الثانية).

**مهمة 8**

يتدفق تصرف مقداره 200 لتر/الثانية من المياه العادمة على حوض ترسيب ابتدائي حجمه 1080 م$^3$ (طوله 53 م وعرضه 10م وعمقه 2.0 م)

ا. احسب زمن المكوث بالساعات؟

ب. احسب معدل التدفق على وحده المساحة ( م$^3$/م$^2$.ساعة)؟

ج. احسب معدل التدفق (لتر/ الثانية) إذا كانت السرعة الأفقية في الحوض هي 2.5 سم/الثانية؟

**القسم ب**

**مهمة 1**

اذكر التأثير على الحمأة المتكونة في مرحلة الترسيب الابتدائي عند زيادة زمن المكوث بشكل خاص وتأثيرذلك على مراحل التنقية التالية؟

**مهمة 2**

اذكر أسباب تعويم الحمأة في مرحلة الترسيب الابتدائي؟

**مهمة 3**

اذكر مهام مناطق المدخل في حوض الترسيب مثل قناة مدخل ستنجل جيقر وشتتجرت؟

**مهمة 4**

تتسبب عملية تشغيل مرحلة ترسيب ابتدائي مكونه من حوضين ترسيب في انبعاث روائح مزعجة وغير موجوده أصلاً في المياه العادمة الداخلة الى المحطة. وقد صمم قادوس الحمأة على أن يتم تفريغه مرة واحدة في اليوم .إذا كانت سرعة التفريغ هي 1.5 سم/الثانية وسرعه نبضة التفريغ هي 5 سم/الثانية فما هي إجراءات التشغيل التي يجب مراعاتها لضمان تشغيل هادئ لمرحلة الترسيب الابتدائي.

**مهمة 5**

ما هي التأثيرات على تشغيل المرشحات الحيوية نتيجة لترسيب قليل في أحواض الترسيب الابتدائي؟

ا. يصبح التصرف على وحده المساحة أفضل
ب. تزداد قيمة التدفق
ج. انسداد في فراغات المرشح
د. يتحرك المرذاز ببطء اكبر
ه. يتحسن أداء التحلل الحيوي

**مهمة 6**

ما هي الإجراءات الواجب اتخاذها عند زيادة نسبة الرمال في الحمأه الابتدائية؟

ا. إعادة الحمأة المحتوية على الرمال الى غرفة الرمال
ب. تقليل سرعة التصرف في غرفة الرمال
ج. زيادة سرعة التصرف في غرفة الرمال
د. تقليل سرعة التصرف في حوض الترسيب الابتدائي
ه. ازالة الحمأة بكميات اكبر

## مهمة 7

إن معدل التصرف على وحده المساحة السطحية (م/ الثانية) في حوض الترسيب الابتدائي يكون:

ا. أصغر من مثيله في حوض الترويق/الترسيب الثانوي
ب. نفس القيمة في حوض الترويق/الترسيب الثانوي
ج. أكبر من مثيله في حوض الترويق/الترسيب الثانوي
د. أصغر من مثيله في المرشحات الحيوية
ه. يعتمد على مكونات المياه العادمة

## مهمة 8

مقدار التدفق في محطة تنقية معينه هو 200 م$^3$/ الساعة وتتكون مرحلة الترسيب الابتدائي لهذه المحطة من حوضين طوليين موضوعين جنباً إلى جنب بطول 5.40 م وعرض 50 م لكل حوض حيث تدخل المياه العادمة إلى الحوضين من خلال كامل العرض.

ا. افحص ما إذا كان قيمه التحميل التي يجب عدم تجاوزها وهي 35 م$^3$/م في الساعة يمكن الحفاظ عليها عند توقف أحد الأحواض عن العمل؟
ب. ما تأثير نتائج هذا الإجراء على مراحل المعالجة اللاحقة؟

## 5.3 المعالجة الحيوية للمياه العادمة

**تماثل المعالجة الحيوية للمياه العادمة عمليات التنظيف الذاتي المقلص والمكثف والذي يحدث عادة في المجاري المائية. حيث يتم تحليل وإزالة المواد العالقة والذائبة الموجودة في المياه العادمة من مواد عضوية ونيتروجينية وفوسفورية بواسطة الكائنات الحيه الدقيقة من البكتيريا والبرزويات بشكل رئيسي في وجود الأكسجين (معالجة هوائية). وتحدث أيضا العمليات الحيوية في وجود أكسجين مربوط (معالجة انوكسك) أو بغياب الأكسجين (معالجة لاهوائية) كما تتم هذه المعالجة في أحواض التهوية (أحواض الحمأة المنشطة) والمرشحات الحيوية.**

**القسم أ**

**مهمة 1**

تعتمد قدرة التنظيف الذاتي للمجرى المائي على العمليات الحيوية ومحتوى المغذيات.
اذكر العوامل التي تحدد سعه التنظيف الذاتي؟

**مهمة 2**

ماذا يعني مصطلح «تلوث ثانوي لمجمع مائي»؟

**مهمة 3**

إن عملية الأيض في الكائنات الدقيقة وبشكل خاص البكتيريا هي ملائمة وذات علاقة للتنظيف الذاتي الذي يحدث في التجمعات المائية.
إشرح كيف ولماذا يحدث تغيير في كميات البكتريا والبرزويات ومحتوى الأكسجين عند مواقع تصريف المياه العادمة في التجمعات المائية؟

**القسم ب**

**مهمة 1**

يوجد هناك نظامان رئيسيتان في معالجة المياه العادمة بيولوجيا وهما نظام الحمأة المنشطة (Activated sludge system) ونظام السرير الثابت (Fixed bed system).
اشرح الفرق بينهما بالنسبة إلى الخصائص المهمة للبكتيريا؟

**مهمة 2**

تتحلل محتويات المياه العادمة المذابة أو يتم إزالتها من خلال معالجتها بيولوجيا. اذكر العمليات البيولوجية المناسبة لأهم ثلاث مواد أو مجموعات المواد التالية :

- مركبات الكربون العضوية
- مركبات النيتروجين
- مركبات الفوسفور

**مهمة 3**

إن التحكم في تحلل المواد العضوية المذابة في المياه العادمة يحدث عن طريق الإنزيمات التي تعمل كمحفزات.

ا. ارسم تخطيطياً لطاقة التفاعل البيوكيميائي؟
ب. اذكر الخصائص الأساسية للأنزيمات؟
ج. اذكر مجموعة المواد الكيميائية التي تنتمي إليها الإنزيمات؟

**مهمة 4**

دورة الكربون تتكون من عمليات هيتروتروفيك (Hetrotrophic) واوتوتروفيك (Autotrophic). أُذكر أهم الخصائص لهاتين العمليتين وصفهما بالمعادلات؟

**مهمة 5**

أي الجمل الآتية عن البكتيريا صحيحة:

ا. لها أيض أكبر من أيض المادة
ب. طولها في المتوسط 100 متر
ج. تحتاج عنصر الفسفور لعمليات الأيض
د. تحتوي على نواة (nucleus)
ه. تتنفس الأكسجين المذاب فقط

## مهمة 6

أي من الجمل الآتية عن البرزويات صحيحة:

ا. مخلوقات ممرضة
ب. متعددة الخلايا
ج. هي نوع معين من البكتيريا
د. لها نواة ميتوكوندريا واندوبلازم
ه. تتكاثر بشكل أسرع من البكتيريا

## مهمة 7

أي من المواد التالية التي يتم إزالتها بشكل رئيسي من المياه العادمة في المعالجة البيولوجية؟

ا. الأملاح المتعادلة
ب. مركبات النيروجين العضوية الذائبة
ج. المواد ذات الرائحة
د. المواد العضوية الذائبة
ه. مركبات الهالوجين العضوية

## مهمة 8

عند معالجة المياه العادمة بيولوجيا لا تتحول جميع المركبات العضوية الذائبة بشكل كلي إلى ثاني أكسيد الكربون وماء .
ينطبق هذا الشيء على أي من المركبات أو مجموعات المواد التالية؟

ا. جلوكوز
ب. كحول الاثيل
ج. الأحماض الأمينية
د. جلسيرين

## مهمة 9

أي من عمليات التنقية التالية تحدث في غياب الأكسجين؟

ا. تحلل مركبات الكربون العضوية المذابة
ب. أكسدة الامونيوم (النترتة)
ج. اختزال النيتروجين
د. تحرر الفوسفات لإنتاج الطاقة
ه. تخزين الفوسفات كطاقة احتياطية

## مهمة 10

أي من الجمل التالية هي وصف للجراثيم الممرضة.

ا. البكتيريا التي لا يتم تدميرها من خلال تحلل الحمأة
ب. الجراثيم التي تنتشر بالهواء
ج. يتم امتصاصها من خلال البذور
د. هي كائنات تسبب العدوى
ه. هي بكتيريا ميتة في الحمأة المنشطة

## مهمة 11

يبنى التحلل السريع وشبه الكامل للمركبات الكربونية العضوية المذابة في عمليه تنقيه المياه العادمة بيولوجيا على النشاط السريع لعملية الأيض للبكتيريا.

ا. اذكر العناصر الهامة لخلايا البكتيريا واذكر وظيفة الريبوسومز؟

ب. حدد عدد الانقسامات لخلية بكتيريا واحدة حتى يصل عددها إلى أكثر مليون خلية علماً أن الوقت اللازم لتضاعف عدد البكتيريا هو 20 دقيقة؟

ج. كم يأكل إنسان وزنه 70 كجم من الطعام يومياً إذا استهلك 10,000 مره قدر وزنه من الطعام كما تفعل البكتيريا؟

## مهمة 12

إذا كان تركيز المواد الكربوهيتدراتية في مياه عادمة هو 100 ملجم/اللتر وان 75 % منها هي مواد غير ذائبة . احسب عدد اللترات من غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتكون بالتحليل البيولوجي للمواد الكربوهيدراتية المذابة عند درجة حرارة 17°م وضغط جوي 990 مليبار؟

افرض أن نسبة التحول هي 90 % وتحدث طبقا للمعادلة الاتية:

$$C_6 H_{12} O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$$

## 6.3 عمليات الحمأة المنشطة

### 1.6.3 أحواض التهوية بدون الأكسدة الحيوية للأمونيوم

**إن تحليل المركبات الكربونية العضوية المذابة يحدث بشكل رئيسي بواسطة البكتيريا المتلبدة التي تستخدم الأكسجين المذاب. ويحدث هذا في حوض التهوية الحيوي ومرحلة الترويق الثانوية والتي تسمى وحدة العملية الهندسية ولكي تحافظ على عملية المعالجة للمياه فان الحمأة المنشطة المترسبة في حوض الترويق الثانوي يجب أن يعاد جزء منها الى حوض التهوية وإن الزيادة في المادة الحيوية يجب إزالتها من النظام.**

**مهمة 1**

لكي تضمن عملية آمنة لتشغيل جيد في محطة تعمل بنظام الحمأة المنشطة حيوياً فانه يجب قياس قيم متعددة للخصائص بشكل منتظم.
اذكر أهم قيم الخصائص الأساسية واذكر معلومات العمليات الهندسية المتعلقة بذلك؟

**مهمة 2**

تعطي الصورة الميكروسكوبية لعينات مياه من محطة تعمل بالحمأة المنشطة وصفاً دقيقاً عن مقدار التحميل العضوي للمحطة والأعطال أو المشاكل في عملية تشغيلها.
اذكر خصائص بناء اللبادة (Floc) و نوع و عدد البرزويات في الحمأة المنشطة في الحالات الآتية :

أ. تحميل عالي: $B_{DS} > 1$
ب . تحميل عادي: $B_{DS} = 0.3$
ج. تحميل قليل: $B_{DS} < 0.15$

**مهمة 3**

إن التغيير في الأحمال وحدوث الأعطال أثناء عملية المعالجة لها تأثيرات على تشغيل أحواض التهوية وكفاءتها. اشرح باختصار تأثير هذه التغيرات المذكرة أدناه على تشغيل وحدات المحطة (أحواض التهوية ومرحلة الترويق الثانوية) ونوعية المياه المعالجة.

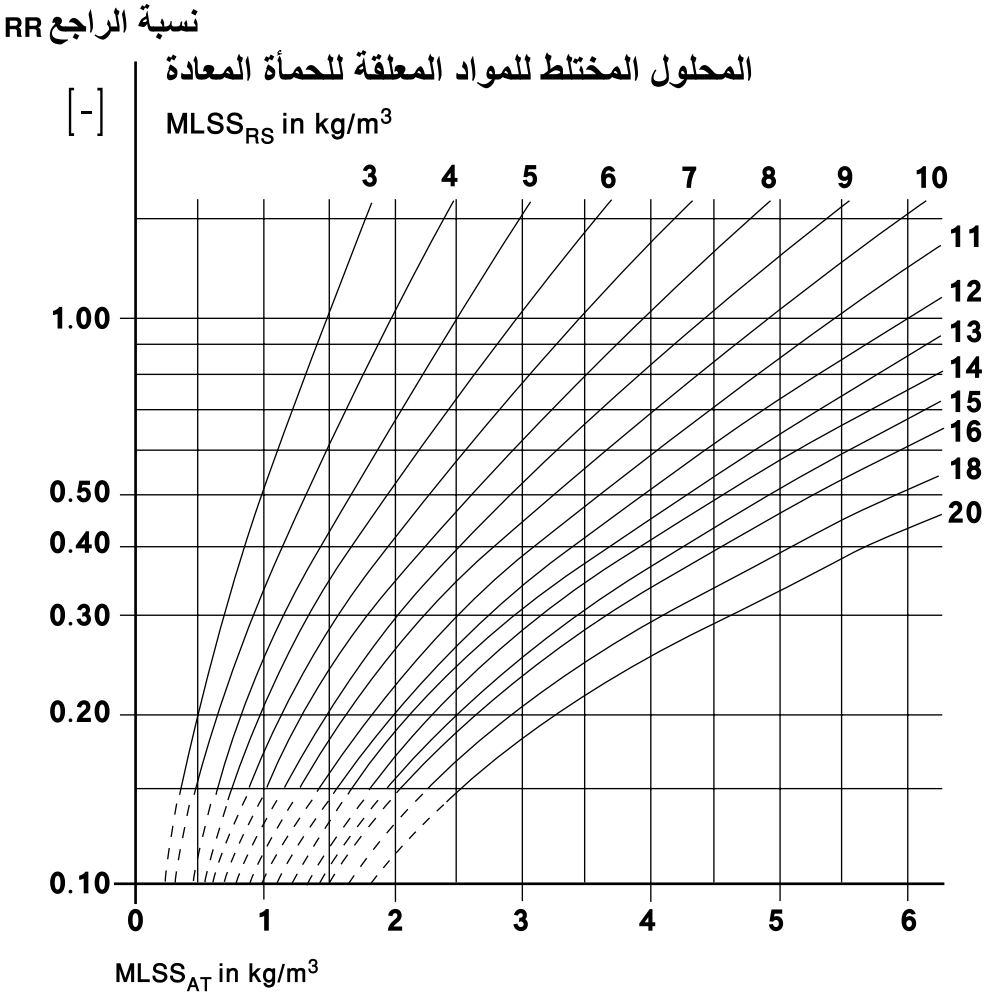
ا. إزالة كميات قليلة من الحمأه الزائدة على مدى فترات طويلة من التشغيل.
ب. زيادة الحمل الهيدروليكي للمحطة من ضعفي التدفق الجاف الى ثلاثة أمثال التدفق الجاف في فصل الشتاء نتيجة خلل في تدفق مياه الأمطار الى محطة التنقية.
ج. حدوث خلل في جهاز القياس الأوتوماتيكي لقياس الأكسجين في حوض التهوية الحيوي حيث أعطى قراءة أعلى وهي 1.5 مليجرام / اللتر بدلاً من 0.5 مليجرام / اللتر.
د. زيادة أحمال الحمأة من 0.3 الى 0.4 كجرام $BOD_5$ لكل كجرام من المواد الصلبة الجافة في اليوم نتيجة زيادة الحمل العضوي الداخل إلى المحطة.
ه. انخفاض نسبة الراجع من 1 الى 0.5 بعد تعطل إحدى مضخات الحمأه المعادة.

## مهمة 4

إذا كان مقدار تدفق المياه العادمة إلى حوض التهوية في محطة معالجة هو 125 لتر / الثانية وإن كمية الحمأة المعادة هي 100 لتر/ الثانية ومحتوى المواد الصلبة فيها هو 0.8 %.

ا. مستعيناً بالشكل التالي احسب مقدار المحلول المختلط للمواد المعلقة (كجرام MLSS/م$^3$)؟

ب. كيف يمكن تغيير قيمة المحلول المختلط للمواد المعلقة إلى 3.3 كجم /م$^3$ بدون تخفيض كمية الحمأة في حوض التهوية؟




**شكل 1.6.3 / 1: نسبة الراجع (RR)**

## مهمة 5

إذا كان لون الحمأة المنشطة بني مائل إلى الحمرة فهذا يدل على:

ا. وجود ظروف لاهوائية في الحمأة المتلبدة

ب. أن الحمأة المتلبدة في حالة جيدة وأن عنصر الحديد المتأكسد موجود في الحمأة

ج. احتياج الحمأة الى كمية أكبر من الأكسجين

د. احتواء الحمأة على كميات كبيرة من البكتيريا المؤكسدة للامونيوم

ه. احتواء الحمأة على كميات كبيرة من البكتيريا المختزلة للنيتروجين

## مهمة 6

أي من العبارات التالية عن خصائص لبادات الحمأة المنشطة غير صحيحة:

ا. تتكون بشكل غير منتظم ولها قطر يتراوح بين 50-500 ميكروميتر وكثافتها أكبر من 1.0 كجرام/م$^3$

ب. تتكون من كتل حيوية بالإضافة الى تجمعات عضوية وغير عضويه وترسبات

ج. تشارك بشكل فعال في عملية التنقية وتحتل حجم أقل من 10 % من سعة المحطة

د. تتضمن مواد حيوية نشطة وميتة

ه. في محطات ذات التحميل العضوي القليل تعتبر لبادات الحمأة المنشطة نواة تتكون أساسا من المواد الغير عضويه والغير فعالة

## مهمة 7

بماذا تختلف الحمأة الزائدة عن الحمأة المعادة؟

ا. حبيباتها خشنة ولونها افتح

ب. لونها أغمق ولها رائحة كريهة

ج. تحتوي على كمية أكبر من المواد الصلبة العضوية ولها خاصية تكثيف أقل

د. لها نفس محتوى المواد الصلبة ولا يتم نقلها بشكل دائم

ه. لها معدل استهلاك أعلى للأكسجين وحجمها أكبر

## مهمة 8

أي من الجمل التالية عن أحواض التهوية خاطئة:

ا. تمر المياه العادمة في حوض التهوية خلال مناطق ذات محتوى أكسجين قليل وعالي

ب. في أحواض التهوية المخلوطة جيداً يكون تركيز المياه العادمة في الأجزاء المختلفة من الحوض متقاربة جداً

ج. في أحواض التهوية المستطيلة تقل قيمة الـ $BOD_5$ بمرور المياه من المدخل إلى المخرج

د. تتسبب الزيادة في تركيز الأكسجين المذاب عن 3 مليجرام/اللتر إلى تحسين كفاءة المعالجة

ه . يؤثر فصل التهوية في محطات الحمأة المنشطة ذات التحميل الهيدروليكي المتغير خلال اليوم (نهار/ليل) إلى التوفير في استهلاك الطاقة

## مهمة 9

يتم تعيين معدل تحميل الحمأه في محطة تنقية تعمل بنظام الحمأة المنشطة على المعايير التالية:

ا. مقدار التدفق لمرحلة الحمأة المنشطة وتركيز $BOD_5$ الخارج من المحطة وحجم حوض التهوية والمواد الصلبة الجافة في مرحلة الحمأة المنشطة

ب. تركيز $BOD_5$ الداخل إلى المحطة وحجم حوض التهوية ومحتوى المواد الصلبة الجافة للحمأة المعادة ومقدار التصرف الداخل للمحطة وكمية الحمأة المعادة

ج. تركيز $BOD_5$ الداخل للمحطة ومقدار التدفق وحجم حوض التهوية ومحتوى المواد الصلبة الجافة لمرحلة الحمأة المنشطة ومحتوى المواد الصلبة الجافة للحمأة المعادة

د. تركيز $BOD_5$ للداخل على مرحلة الحمأه المنشطة وحجم حوض التهوية وكمية الحمأة المعادة وكمية التصرف الى مرحلة الحمأة المنشطة ومحتوى المواد الصلبة في الحمأة المعادة

ه. تركيز $BOD_5$ الداخل إلى المحطة ومحتوى المواد الصلبة في مرحلة الحمأة المنشطة وحجم حوض التهوية ومقدار التصرف الداخل على المحطة

## مهمة 10

إذا كان حجم حوض التهوية في محطة تنقية تعمل بنظام الحمأة المنشطة هو 1350م$^3$ وكان لحوض التهوية معايير التشغيل التالية:
مقدار التدفق = 75 لتر/الثانية
تركيز $BOD_5$ الداخل هو 200 مليجرام/اللتر
المحلول المختلط للمواد العالقة في حوض التهوية $MLSS_{AT}$ هو 3.3 جرام/اللتر
كميه الإنتاج للحمأة الزائدة هو 0.8 كجرام مواد صلبة جافة لكل كجرام $BOD_5$ ونسبه الراجع هي 1
أوجد:

ا. مقدار تحميل الحمأة
ب. المعدل اليومي لكمية الحمأة الزائدة (م$^3$/اليوم)
ج. عدد الأشخاص المخدومين لكل وحده حجم من حوض التهوية علماً أن معدل الحمل من الشخص الواحد هو 40 جرام $BOD_5$/اليوم

## مهمة 11

إذا كان تركيز $BOD_5$ في سيل التدفق الخارج من محطة تنقية هو 35 مليجرام / اللتر وكانت كفاءة المحطة هي 90 %.
احسب تركيز $BOD_5$ في السيل الخارج عند تحقيق كفاءة مقدارها 93 %؟

## مهمة 12

لملائمة الزيادة في الحمل العضوي لمحطة حمأة منشطة ذات حجم حوض تهوية مقدارها 2,000 م$^3$ تم زيادة تركيز المحلول المختلط للمواد العالقة من 3.3 إلى 3.5 جرام/اللتر.
إذا كان حجم الحمأة الزائدة التي يجب إزالتها من المحطة يوميا هو 250 م$^3$ وتركيز المادة الصلبة الحيوية فيها هو 6.6 جرام/اللتر
احسب الفترة الزمنية الواجب تخفيضها من فترة سحب الحمأة الزائدة لتحقيق نسبه المواد الصلبة الجافة المرغوب تحقيقها؟

## 2.6.3 التهــوية

**يحدث تزويد البكتيريا الهوائية بالأكسجين المطلوب لعملية الأيض في نظام الحمأة المنشطة بواسطة التهوية الاصطناعية بالإضافة إلى ذلك فان التهوية تؤدي إلى خلط المياه العادمة مع الحمأة.**

**القسم أ**

**مهمة 1**

إن تزويد كمية كافية من الأكسجين للبكتيريا هي المهمة الأساسية في أحواض التهوية.

ا. ما هي العوامل التي تؤثر على تغيير متطلب الأكسجين في أحواض التهوية؟ برر إجابتك؟

ب. في حالة تغيير متطلب الأكسجين هل يجب عمل تعديل في تركيز الأكسجين في حوض التهوية الحيوي وذلك بالتحكم في كمية الأكسجين المضخوخة؟

**مهمة 2**

عادةً ما تكون المواد المغذية والتنفس الأساسي مرتبطان بأنواع معينه من الأيض للبكتيريا. ماذا يعني مصطلح:

ا. تنفس المادة.

ب. التنفس الداخلي.

**مهمة 3**

يعتمد انتقال الأكسجين إلى المياه العادمة على المبدأ الفيزيائي للانتشار. اذكر العوامل المختلفة التي يعتمد عليها الانتشار؟

**مهمة 4**

كيف تغير فقاعة هواء تدخل في قاع الحوض المهوى معدل تصاعدها وهي في طريقها الى سطح الماء؟ فسر هذه العملية؟

**مهمة 5**

في عملية الحمأة المنشطة أي جملة من الجمل التالية عن التهوية خاطئة؟

ا. تؤدي التهوية إلى تزويد البكتيريا بالأكسجين ودوران واختلاط المياه العادمة مع الحمأة

ب. تحدث التهوية باستعمال الهواء المضغوط و التهوية السطحية والتهوية الخاصة

ج. التهوية يجب أن لا تتوقف

د. التهوية أكبر مستهلك للطاقة في عملية معالجة المياه العادمة

ه. التهوية لها كفاءة منخفضة

## مهمة 6

إن انتقال الأكسجين (كجرام $O_2$ في الساعة) إلى حوض التهوية يكون:

ا. غير معتمد على حجم الفقاعات وعمق الحوض
ب. أقل في حالة الفقاعات الصغيرة الحجم مقارنة مع الفقاعات الكبيرة الحجم
ج. أصغر عند تركيز للأكسجين في حوض التهوية مقداره 4 مليجرام/اللتر مقارنة بتركيز مقداره 2 مليجرام/اللتر
د. غير معتمد على نوعية المياه العادمة
ه. أكبر عند استخدام الأكسجين النقي مقارنة مع الأكسجين الموجود في الهواء الجوي

## مهمة 7

يسبب مضاعفة تركيز الأكسجين من 2 مليجرام/اللتر إلى 4 مليجرام/اللتر في حوض التهوية إلى:

ا. ازدياد النشاط الأيضي للبكتريا بنفس النسبة
ب. زيادة تحلل المركبات الكربونية
ج. زيادة تكوين الحمأة المتلبدة الكبيرة الحجم
د. ازدياد في الطاقة المستهلكة
ه. زيادة عدد مرات التبديل في جهاز ضخ الهواء

## مهمة 8

عند حدوث عطل في معدات التهوية ينخفض مقدار تركيز الأكسجين في حوض التهوية بسبب:

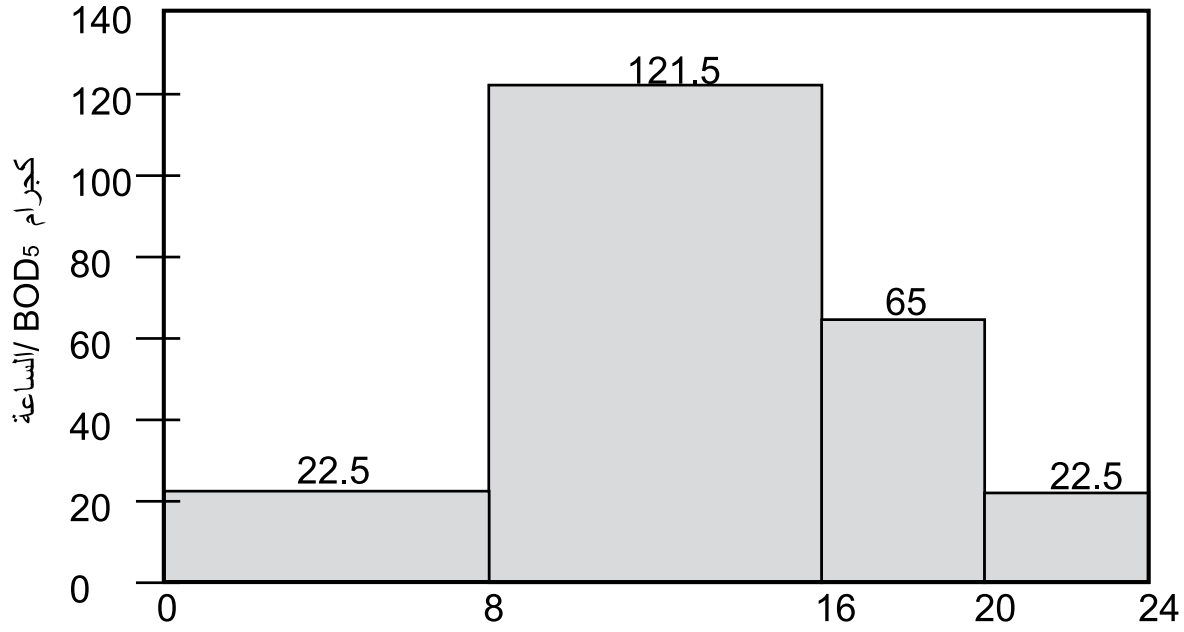
ا. احتواء الهواء المحيط على نسبه أكسجين منخفضة جداً
ب. خروج الأكسجين الموجود مباشرة من المياه العادمة
ج. توقف البكتيريا عن عملية الأيض
د. استهلاك البكتيريا لكمية أكسجين أكبر خلال تنفسها
ه. صغر العجز في تشبع الأكسجين

## مهمة 9

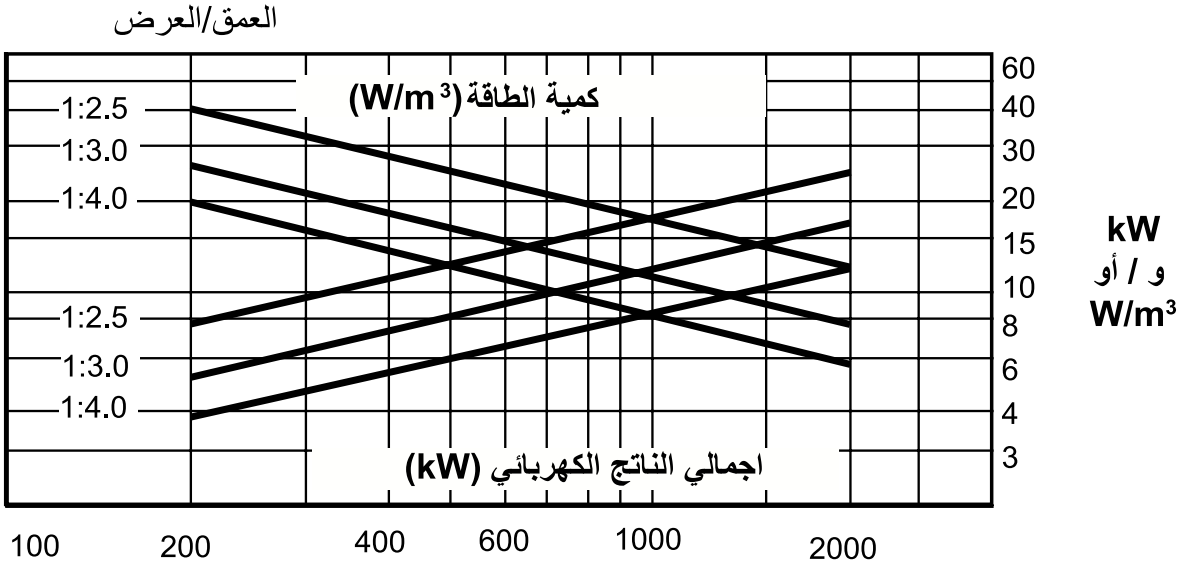
ما هي النسبة المئوية لانتقال الأكسجين في حوض التهوية وكذلك كمية استهلاك الطاقة إذا انخفض تركيز الأكسجين من 3 مليجرام/ اللتر إلى 2 مليجرام/اللتر؟ افرض قيمة تركيز التشبع للأكسجين هي 10 مليجرام/اللتر.

## مهمة 10

حوض تهوية حجمه 1500 م$^3$ (طوله = 37.5 م وعرضه = 10.0 م وعمقه = 4.0 م) ومعدل حمل الأكسجين على مدار اليوم هو 1.08 كجرام أكسجين لكل كيلو $BOD_5$ .هل الطاقة اللازمة لتزويد الأكسجين المطلوب حسب الحمل العضوي الحالي كافية لضمان التهوية اللازمة في قاع الحوض إذا كانت محطة التهوية تعمل بمعدل تحويل مقداره 1.6 كيلو جرام أكسجين لكل كيلووات ساعة؟ استخدام الأشكال التالية في حل هذه المسألة.




**شكل 1/2.6.3: قيم الحمل العضوي وتغيره مع الزمن**




**شكل 2/2.6.3: الرسم البياني لأداء الخلط في أحوض التهوية**

*From: Hosang; Bischof: Abwassertechnik, 9th Edition 1989 © Teubner, Stuttgart*

**القسم ب**

## مهمة 1

يتم تزويد الأكسجين للماء بواسطة أنوع مختلفة من المحطات مثل الهواء المضغوط والتهوية السطحية والتهوية الخاصة.

ا. اذكر معدات التهوية المختلفة والتي بها يتم تزويد الأكسجين باستخدام الهواء المضغوط؟

ب. كيف يتم الاستدلال على المراوح السطحية:

1. ذات الأمواج الرأسية
2. ذات الأمواج الأفقية

ج. ما هي أنواع الهوايات الخاصة وما هي الأسس التي تعمل بها؟

## مهمة 2

اذكر أسباب الزيادة المستمرة في كمية الهواء المضخوخة في مراوح الهواء المضغوط بدون غشاء بلاستيكي بعد استعمالها لفترة طويلة من الزمن؟

## مهمة 3

يتم التحكم بالأكسجين المنقول بواسطة المراوح السطحية من خلال طرق مختلفة.

اذكر أنظمة التحكم الممكنة لـ:

ا. المراوح ذات الأمواج العمودية.

ب. المراوح ذات الأمواج الأفقية.

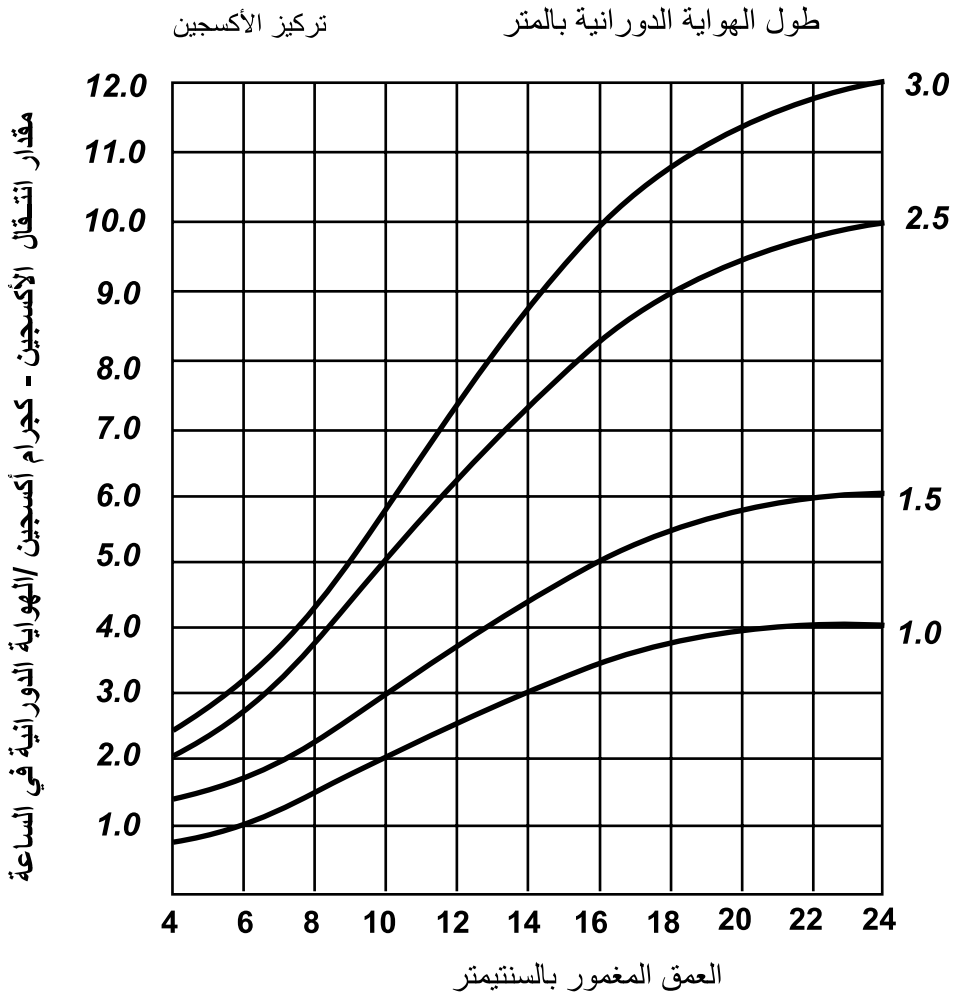
## مهمة 4

يتم نقل الأكسجين في حوض تهوية بواسطة أربع مراوح دورانية ذات قطر=0.7 م وطول=2.5 م.

ا. بمساعدة الشكل أدناه احسب كم كجرام أكسجين يمكن نقلها بواسطة الأربع مرواح الدورانية عندما يكون عمق الغمر هو 15 سم.

ب. احسب أقصى قيمة لنقل الأكسجين من ثلاث مراوح بعد توقف المروحة الرابعة لإجراء صيانة لها؟

ج. عند زيادة عمق الغمر ما سبب زيادة نقل الأكسجين الى قيمة الحد الأعلى ومن ثم تعاود الانخفاض مره ثانية عند أي زيادة إضافية لعمق الغمر؟ (استعين بالشكل التالي)




**شكل 3/2.6.3: الرسم البياني لانتقال الأكسجين بالمراوح الدورانية**

## مهمة 5

أي من معدات التهوية التالية لا يعمل بالضغط:

ا. هواية الغشاء
ب. هواية الأقراص
ج. هواية الانتشار
د. هواية النقطة
ه. هواية البكرة

## مهمة 6

أي من المعايير التالية لا يتحقق في نظام التهوية الغشائية:

ا. لا تنسد عند توقف التهوية
ب. هش بسبب تشكل قشرة بيولوجية على أسطح مساماتها
ج. تتطلب ضغط هواء أعلى من الذي تحتاجه مراوح السيراميك بمقدار 1 ضغط جوي على الأقل
د. تستخدم في الأحواض مع نظام تهوية بديل
ه. توجد أيضا على شكل أقراص أو ألواح

## مهمة 7

يتم توليد الهواء في أحواض التهوية باستخدام النفاثات. أي من العبارات التالية عن عملية نقل الهواء خاطئة:

ا. تنتج المراوح النفاثة (التيربو) كميات أكبر من الهواء الذي تنتجه نفاثات المكبس الدوار
ب. الضغط الناتج من المراوح المستخدمة في هندسة المياه العادمة تتراوح عادة بين 500 و 1,000 مليبار
ج. نفاثات المكبس الدوار هي أجهزة إزاحة موجبة
د. نفاثات الجذور هي مولدات هواء ديناميكي
ه. يحدث ضغط الهواء في المراوح النفاثة من خلال إبطاء تدفق الهواء

## مهمة 8

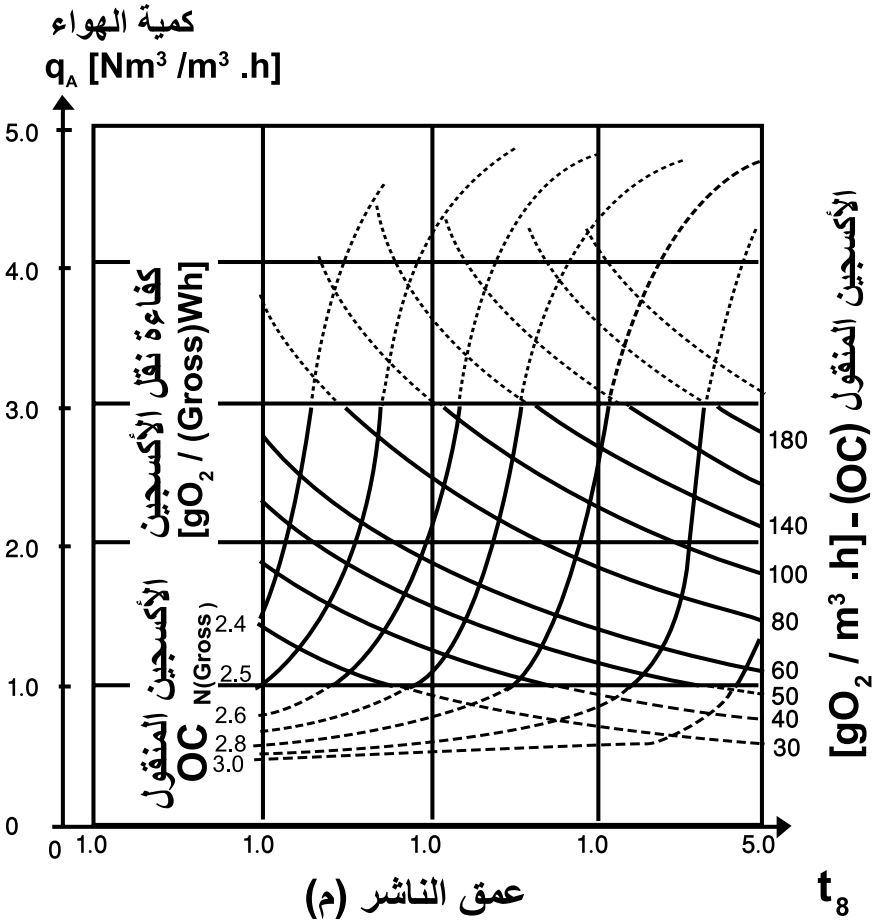
تخدم محطة تنقية مياه عادمة 50,000 نسمة وتعمل بمعدل حمل عضوي يساوي 40 جرام/النسمة في اليوم. فإذا كان معدل حمل الأكسجين اليومي هو 2 كجرام أكسجين لكل كجرام $BOD_5$.

1. احسب كمية الهواء اللازم إنتاجها في محطة التهوية اذا كانت قيمة التحويل هي 1.5 كيلوجرام أكسجين لكل كيلووات ساعة؟
2. إذا كان عمق حوض التهوية هو 5.0 م وكمية الأكسجين المزودة تساوي 8 جرام أكسجين لكل متر عمق لكل متر مكعب من حجم الحوض فما هو قطر خط الهواء الرئيسي اذا كانت السرعة فيه تساوي 10.0 م/الثانية؟

## مهمة 9

يزود يومياً حوض تهوية حجمه 4,000 م$^3$ وعمقه 4.0 م بـ 259,200 نانو متر مكعب من الهواء.

ا. كم نانو متر مكعب هي كمية الهواء المنقولة لكل م$^3$ من حجم الحوض في الساعة؟
ب. بمساعدة الشكل أدناه احسب كفاءة النقل وكمية الأكسجين المنقولة؟
ج. كم هي كمية الأكسجين المنقولة إلى حوض التهوية يوميا؟
د. كم هي كمية الطاقة المستخدمة لذلك يوميا؟
ه. ما هو مقدار عامل السعة للأكسجين اذا كان محتوى الأكسجين في وحده الحجم هو 280 جرام أكسجين لكل نانومتر مكعب من الهواء؟




**شكل 4/2.6.3 : الرسم البياني لتحديد كمية الأكسجين المنقول و كفاءة انتقاله**

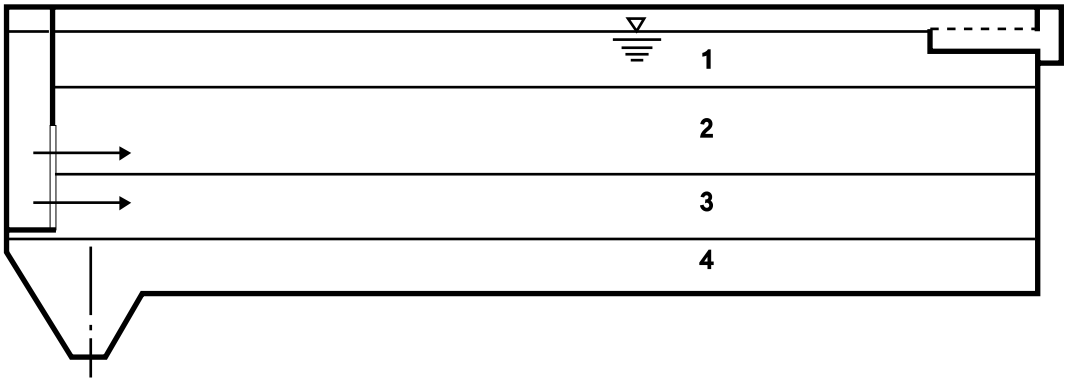
## 3.6.3 أحواض الترويق الثانوية

**يشكل كل من حوض الترويق وخزان التهوية في نظام الحمأة المنشطة وحدة عملية هندسة متكاملة**

**القسم أ**

**مهمة 1**

ا. ما هي الوظائف المهمة التي يجب أن تتحقق في أحوض الترويق؟
ب. حدد الوظائف للمناطق من 1 الى 4 المبينة في الرسم التالي؟

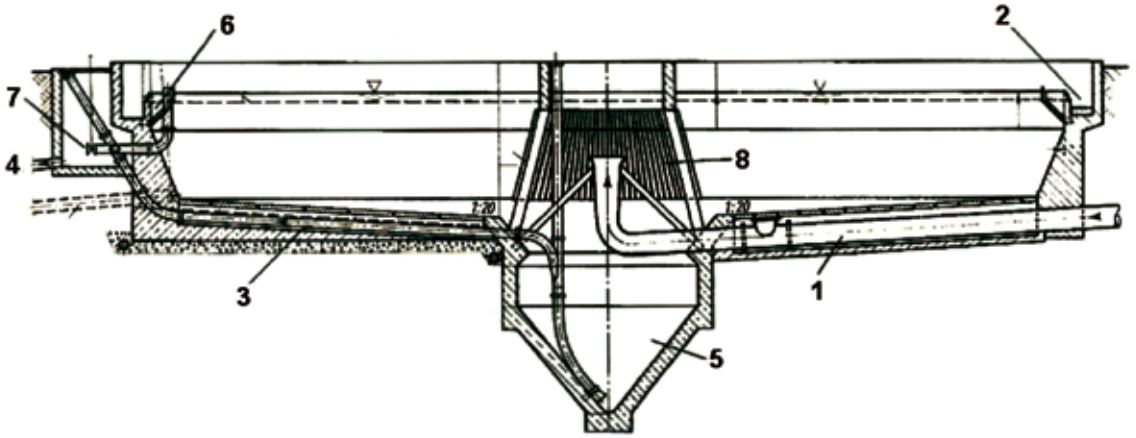



**شكل 1/3.6.3: المناطق الوظيفية لحوض الترويق**

**مهمة 2**

عين أرقام الأجزاء والمعدات التابعة لحوض خزان الترويق المذكورة في الجدول التالي بما يتناسب معها من الارقام من 1 الى 8 و المبينة على المقطع أدناه:

| الأجزاء أو المعدات | الرقم |
|---|---|
| قناة التصريف الخارج | |
| مصفاة الترويق | |
| أنبوب إزالة الحمأة | |
| أنبوب نقل الحمأة الى المكثف أو/ والهاضم | |
| حجرة الحمأة | |
| قادوس الحمأة | |
| مزيل المواد الطافية | |
| أنبوب المدخل | |




**شكل 2/3.6.3: مقطع طولي في حوض ترويق دائري**

*From: Hosang; Bischof: Abwassertechnik, 9th Edition 1989 © Teubner, Stuttgart*

## مهمة 3

إن الترسيب الجيد والمستمر للحمأة المنشطة في حوض الترويق وسرعة تدويرها الى حوض التهوية هو أمر مهم جداً لعملية تنقية المياه العادمة ويحدث ذلك معتمداً على تصميم الحوض باستخدام أنواع مختلفة من القشاطات.

أ. أي من أنواع القشاطات الثلاث التالية التي تستخدم لتنظيف الحمأة في الأشكال المختلفة لخزانات الترويق؟

أ . قشاطات الحمأة
ب. حفرة الشفط
ج. القشاطات الطائرة

أدخل أرقام الأحرف أ و ب و ج في الجدول التالي بناءاً على جميع إمكانيات استخدامها؟

| نوع الحوض | نوع النشاط |
|---|---|
| خزان ترويق مستطيل | |
| خزان ترويق دائري | |
| خزان قادوسي القاع | |

ب. أذكر الأسباب التي تؤدي الى حدوث أعطال في عملية الترسيب؟

## مهمة 4

أي من الجمل التالية عن أحواض الترويق الثانوية خاطئة؟

ا. أحواض الترويق في نظام الحمأة المنشطة تكون أكبر من مثيلاتها في نظام المرشحات الحيوية
ب. حوض الترويق المستطيل يمكن أن تتصرف منه المياه أيضاً بشكل عرضي
ج. تتحسن كفاءة خزان الترويق بتركيب فواصل من صفائح رقيقة
د. لا تحدث ظاهرة التعويم في أحواض الترويق
ه. يتم تصميم أحواض الترويق بناءاً على القيمة القصوى للتصرف

## مهمة 5

يكون من المفضل استخدام خزانات الترويق الدائرية بسبب قلة تكلفتها عند مقارنة الخزانات الدائرية مع الخزانات المستطيلة ففي الخزانات الدائرية يكون:

ا. القطر الهيدروليكي أكبر
ب. تشغيل القشاطات بشكل متقطع
ج. تصرف هدار المياه الفائضة أكبر
د. الحيز المطلوب أقل لنفس المساحة السطحية
ه. المساحة السطحية أكبر لنفس الحمل الهيدروليكي

## مهمة 6

خزانات الترويق قادوسية القاع:

ا. تصمم كخزانات الإمهوف
ب. لا تتطلب إزالة ميكانيكية للحمأة
ج. لها فرشة حمأة متكاملة
د. لها غرفة شفط
ه. ميل القاع القادوسي هو 30 درجة

## مهمة 7

أي من الجمل التالية عن قشاطات خزانات الترويق خاطئة؟

ا. تشغل حفرة الشفط في خزان التريق الدائري بشكل متقطع
ب. ترفع قشاطات الحمأة في خزانات الترويق المستطيلة خلال إعادة دورة تشغيلها
ج. القشاطات التي تعمل بموتور احتكاك لها محرك غير موجب
د. تتراوح سرعات الترسيب بين 36 إلى 72 م/الساعة
ه. تنظف المواد الطافية في نهاية الحوض في الأحواض ذات القشاطات الطائرة

## مهمة 8

إذا كان محيط حوضين دائريين في محطة تنقية للمياه العادمة هما (حوض أ) = 100م و (حوض ب) = 120م. إذا كانت القشاطة في الحوض أ تتطلب 150 دقيقة لإتمام دورة كاملة والقشاطة في الحوض ب 180 دقيقة. احسب:

ا. بعد كم دقيقة تلتقي القشاطتين مرة ثانية عند نفس نقطة البداية؟
ب. ما المسافة المقطوعة بكلا القشاطتين في هذه الحالة؟

## مهمة 9

حوض ترويق ذو مساحة سطحية مقدارها 3,200م$^2$ ومعدل تدفق المياه فيه من نظام صرف مشترك (التصرف الجاف يساوي نصف التصرف الرطب) هو 1,000 لتر/الثانية. إذا كانت نسبة الراجع (RR) تساوي واحد ومحتوى المواد الصلبة في حوض التهوية هو 3 جرام/اللتر وحجم الحمأة (SV) يساوي 300 مليلتر/اللتر:
احسب معيار حجم الحمأة (SVI) آخذاً في الاعتبار أقصى قيمة للتصرف (تصرف الطقس الرطب + التصرف المعاد) وتصرف الحمأة على وحدة المساحة. قيم النتائج التي حصلت عليها؟

**القسم ب**

**مهمة 1**

إن وجود المواد العالقة وحبيبات الحمأة في المياه الخارجة من حوض الترويق هو شيء غير مرغوب به وظاهرة تحدث بشكل متكرر وفي أسوأ الأحوال قد تتسبب في عدم تحقيق قيم المعايير المطلوبة لمتطلبات التصرف.
أذكر أسباب حدوث هذه المشاكل؟

**مهمة 2**

كيف يؤثر تقليل أو زيادة كمية الحمأة التي يتم التخلص منها على أداء نظام الحمأة المنشطة؟

**مهمة 3**

أذكر الأسباب المختلفة لتكوين حمأة منتفخة في محطات الحمأة المنشطة؟

**مهمة 4**

لماذا تتكون في أحواض التهوية بالخلط حمأة منتفخة بشكل أكبر مقارنة بأحواض التهوية الطولية؟

**مهمة 5**

تحدث الحمأة المنتفخة من خلال ثلاث أشكال مزدوجة من الائتلاف بين الظواهر والحالات. أي من مجموعات الائتلاف التالية صحيحاً؟

ا. - حدوث كميات كبيرة من البكتيريا الشجرية
- مؤشر الحمأة عالي
- حمل الحمأة عالي

ب. - اضطراب عالي جداً في حوض التهوية
- تسميم الحمأة
- تكسير لبادات الحمأة

ج. - تكوين كميات كبيرة من البكتيريا العصوية وتكوين الفطر بدرجة أقل
- معيار حجم الحمأة عالي
- تواجد كميات من الحمأة في المجمع المائي

د. - بكتيريا معلقة حرة في مرحلة الترويق الثانوية
- نقص البرزويات في الحمأة
- حمل الحمأة عالي

ه. - تكوين كميات كبيرة من الطفيليات
- فقاعات هواء محبوسة في لبادات الحمأة
- تكوين بطانية الحمأة على سطح الماء

## مهمة 6

أي من الإجراءات التالية لا يؤدي إلى منع تكوين الحمأة المنتفخة:

ا. توقيف تشغيل حوض الترسيب الابتدائي
ب. ترسيب الفوسفور في نفس الوقت
ج. كلورة الحمأة المنشطة
د. عمل توازن لنسب المغذيات من خلال إضافة أسمدة تجارية
ه. إضافة حوض قليل التحميل قبل حوض التهوية

## 7.3 إزالة النيتروجين

**يسبب وجود مركبات النيتروجين في المجمعات المائية إلى حدوث ظاهرة الاثراء الغذائي (Eutrophication). يتم إزالة النيتروجين من المياه العادمة في محطات تنقية المياه باستخدام عمليات تكنولوجية مكثفة.**

**القسم أ**

### مهمة 1

تحدث عملية إزالة النيتروجين في محطات تنقية المياه العادمة من خلال العمليات البيوكيميائية وهي الأكسدة الحيوية للأمونيوم (النترتة) واختزال النيتروجين. صف كلا العمليتين باختصار؟

### مهمة 2

على عكس تحلل مركبات الكربون العضوية الذائبة فإن عملية إزالة مركبات النيتروجين تعتمد على محددات عديدة.

ا. أذكر واشرح المتطلبات المناسبة للأكسدة الحيوية للامونيوم (النترنة)؟
ب. أذكر واشرح المتطلبات المناسبة لاختزال النيتروجين؟

### مهمة 3

يعتبر عُمر الحمأة من القياسات المهمة للنترتة. أي الجمل التالية خاطئة؟

ا. يكون عُمر الحمأة أكبر أو على الأقل مساوٍ لزمن تكوين الكائنات الحية الدقيقة
ب. هو نسبة الحمأة المزالة يومياً الى الكمية الكلية للحمأة في حوض التهوية الحيوي
ج. ينسجم مع متوسط زمن المكوث للحمأة في المرحلة الحيوية
د. يكون أكبر في محطات ذات تحميل حمأة قليل مقارنة بالمحطات ذات التحميل العالي
ه. هو خاصية مهمة مرتبطة بأكسدة المركبات النيتروجينية في حوض التهوية الحيوي

### مهمة 4

ما هو الناتج النهائي لعملية الأكسدة الحيوية للأمونيوم؟

ا. نتريت وماء
ب. حمض النتريك وماء
ج. نيترات وأيون الهيدروكسيد
د. أمونيا وماء
ه. نيترات ونيتروجين

### مهمة 5

في أي من الاسطر التالية تكون كل التغيرات للمعايير المذكورة صحيحة لعمليات أكسدة أو إختزال النيتروجين لمحطة تنقية تتضمن وحدة إختزال مسبقة للنيتروجين؟

| | $H^+$ | $NH_4^+$ | $NO_3^-$ | $OH^-$ |
|---|---|---|---|---|
| أ. أكسدة الامونيوم | يقل | يقل | يزداد | يقل |
| ب. إختزال النيتروجين | يقل | يبقى كما هو | يقل | يزداد |
| ج. أكسدة الامونيوم | يزداد | يقل | يزداد | يزداد |
| د. إختزال النيتروجين | يقل | يقل | يقل | يزداد |
| ه. أكسدة الامونيوم | يزداد | يزداد | يزداد | يقل |

## مهمة 6

في أي من الاسطر التالية يكون تحول النيتروجين المذكور صحيحاً؟

| | المركب الأولي | التحول | الناتج النهائي |
|---|---|---|---|
| أ. | $NO_2^-$ | أكسدة الامونيوم | $NO_3^-$ |
| ب. | $NO_2^-$ | أكسدة الامونيوم | $NO_3^-$ |
| ج. | $NH_4^+$ | إختزال النيتروجين | $N_2$ |
| د. | $NH_2\text{-}CO\text{-}H_2N$ | تكوين الامونيوم | $NH_3$ |
| ه. | $NO_3^-$ | إزالة الامونيوم | $N_2$ |

## مهمة 7

محطة تنقية تعمل بالحمأة المنشطة ذات وحدة اختزال نيتروجين مسبقة تخدم 30,000 نسمة ومحملة في الجزء البيولوجي بـ $BOD_5$ مقداره 50 جرام/النسمة في اليوم وحمل $NH_4$-N مقداره 10 جرام/النسمة في اليوم. إذا كان مقدار التدفق لحوض التهوية والذي حجمه 4,500 م$^3$ هو 100 لتر/الثانية، ونسبة الراجع تساوي 1 ومقدار الحمأة الزائدة يساوي 108 م$^3$ ونسبة المواد الصلبة هو 6.6 جرام/اللتر، إحسب:

1. مقدار حمل الحمأة
2. عُمر الحمأة
3. حجم حوض اختزال النيتروجين لتحقيق متطلب النيتروجين الكلي والمساوي لـ 18 مليجرام/اللتر. إحسب حجم الخزان المطلوب مستعيناً بالجدول التالي:

| اختزال النيتروجين | مسبق | متزامن |
|---|---|---|
| حجم حوض الاختزال/حجم حوض التهوية $V_\Delta/V_{AT}$ | سعة اختزال النيتروجين بالكجرام نترات/كجرام $BOD_5$ درجة الحرارة = 10 درجات مئوية | |
| 0.20 | 0.07 | 0.05 |
| 0.30 | 0.10 | 0.08 |
| 0.40 | 0.12 | 0.11 |
| 0.50 | 0.14 | 0.14 |

**شكل 2/7.3 : جدول 4 E 131 - A- DWA**

**القسم ب**

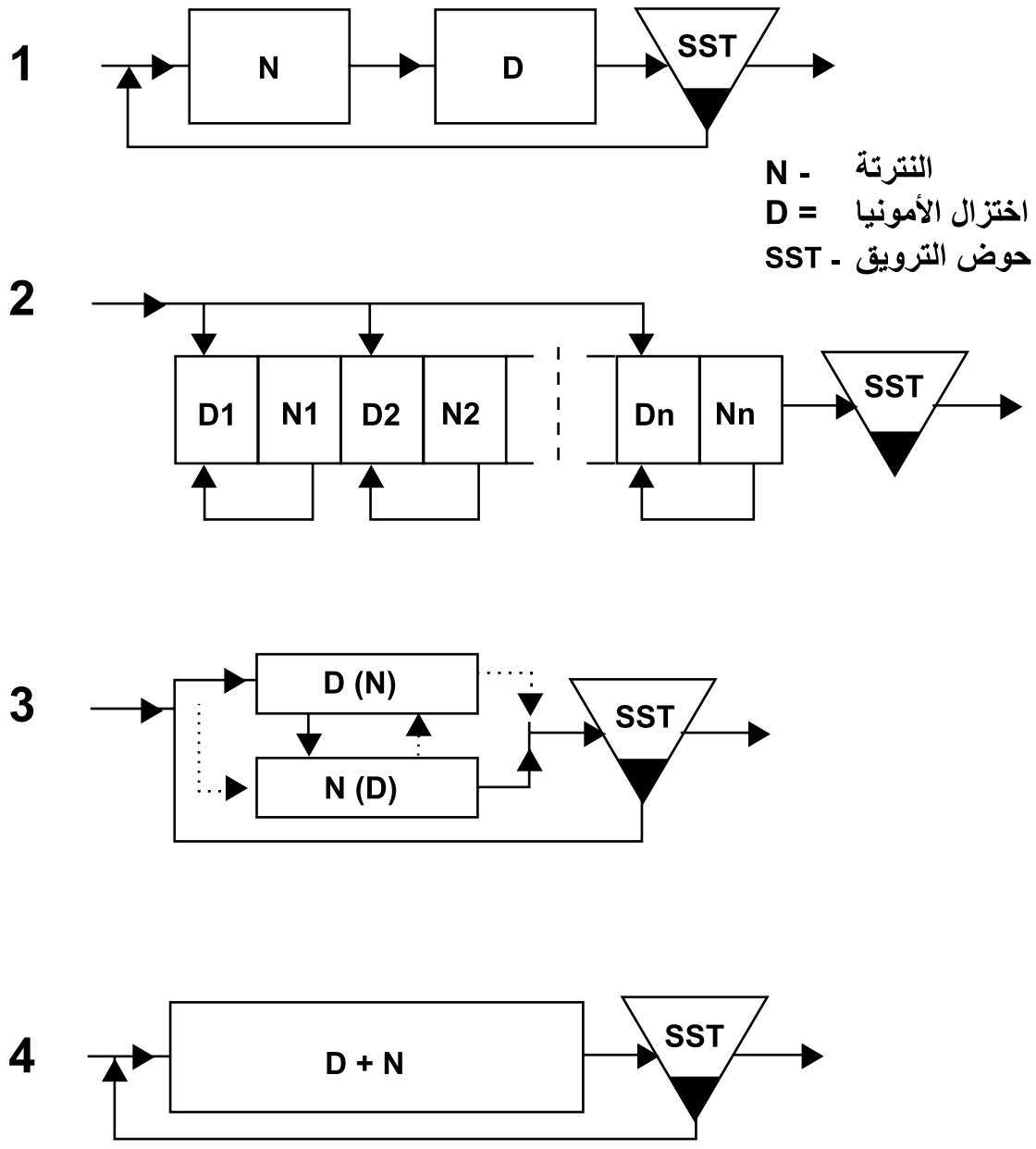
**مهمة 1**

هناك عمليات عديدة مختلفة لازالة النيتروجين.

ا. اذكر العلامات المميزة لاختزال النيتروجين في الأربع طرق المبينة في الأشكال أدناه؟

ب. اذكر مميزات طريقة اختزال النيتروجين بالعملية المبينة في الشكل 2 مقارنة بالطرق المبينة في الإشكال الأخرى؟

ج. اذكر الاختلاف بين طريقة اختزال النيتروجين بالعملية المبينة في الشكل 4 وعملية اختزال النيتروجين بطريقة التتابع؟




**شكل 3/7.3: الرسم البياني لعملية اختزال النيتروجين**

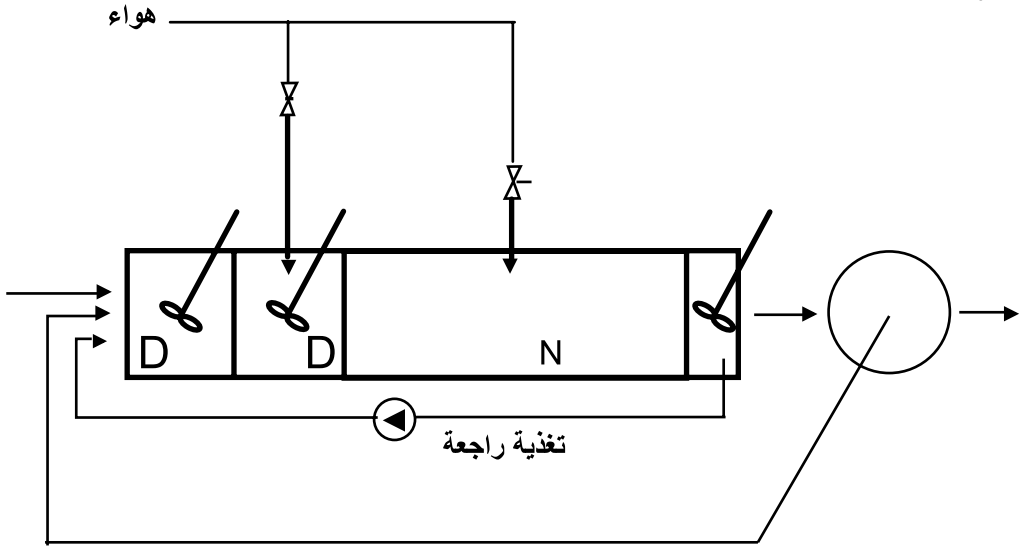
## مهمة 2

في حالة عملية الاختزال المسبق للنيتروجين فهناك طرق تحكم متعددة يتم من خلالها التحكم بعملية الاختزال.

أ. أكمل الرسم البياني للتصرف في الشكل 4/7.3 مع توضيح مفهوم التحكم لانتقال الأكسجين مع الأخذ في الاعتبار القيمة التصميمية للأكسجين لعملية التهوية المحتملة في مرحلة الاختزال في الخزان رقم 2؟ مثل التحكم المطلوب باستخدام الرمز R في دائرة.

ب. أكمل الرسم البياني للتصرف في الشكل 4/7.3 مع توضيح مفهوم التحكم لانتقال النترات مع الأخذ بعين الاعتبار القيمة التصحيحية للنترات في أحواض الاختزال الأول والثاني؟

ج. اذكر معايير القياس والتحكم ضمن مفهوم التحكم في البند ب للعمليات التالية:
1. متغير الأداء
2. عنصر التحكم.
3. المتغير المقاس / المتحكم به
4. القيمة التصحيحية
5. المتغير المعدل




**شكل4/7.3: الرسم البياني لنظام التحكم في عملية اختزال النيتروجين المسبقة**

## مهمة 3

من خلال مقارنة أي من القيم المقاسة والمذكورة أدناه يتم تحديد الأكسدة الحيوية للأمونيوم (النترتة) في محطة معالجة المياه العادمة.

ا. مجموع الكلدال نيتروجين في مخرج حوض الترسيب الأولى ومخرج محطة التنقية
ب. مجموع الكلدال نيتروجين في مخرج حوض الترسيب الأولى وتركيز النترات في مخرج محطة المعالجة
ج. النترات في مخرج حوض الترسيب الأولى والنترات في مخرج محطة المعالجة
د. الأمونيوم في مخرج حوض الترسيب الأولى والنترات في مخرج محطة المعالجة
ه. الأمونيوم في مخرج حوض الترسيب الأولى ومجموع الكلدال في مخرج محطة المعالجة

## مهمة 4

لضمان إزالة ضعف النيتروجين في محطات الحمأة المنشطة ذات وحدة اختزال مسبقة هناك معايير مختلفة يجب قياسها. أي من القياسات التالية مفيدة؟

ا. قياس الأكسجين في حوض الترويق
ب. قياس النتريت في منطقة النترتة
ج. قياس الأمونيوم في منطقة اختزال النيتروجين
د. قياس النترات في منطقة اختزال النيتروجين
ه. قياس غاز النيتروجين في منطقة النترتة

## مهمة 5

بالاضافة الى الميثانول هناك العديد من المركبات التي تضاف كمصدر خارجي للكربون لإتمام عملية اختزال النيتروجين. أي من المركبات العضوية التالية من بين هؤلاء؟

ا. $CHCL_3$
ب. $C_6H_3OH$
ج. $C_6H_{14}$
د. $CH_3COOH$
ه. $H_2CO_3$

## مهمة 6

بالاستعانة بمعادلة التفاعل الآتية:

$$NH_4^+ + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2\ H^+$$

إحسب كم جرام من الأكسجين يلزم لأكسدة جرام واحد من ألامونيوم ($NH_4$-N) إلى نترات؟

## مهمة 7

إن استهلاك الأكسجين اللازم لتحليل المركبات الكربونية في محطة حمأة منشطة هو 58.4 جرام أكسجين لكل نسمة في اليوم، وأن كمية إضافية مقدارها 48.8 % من هذه الكمية مطلوبة للأكسدة الحيوية للامونيوم.

ا. إذا كان حمل النيتروجين الداخل هو 11 جرام نيتروجين لكل نسمة في اليوم فما هي نسبة النيتروجين الداخل والتي ستتأكسد إذا كان استهلاك الأكسجين هو 46.6 جرام أكسجين لكل جرام نيتروجين؟
ب. إذا كان 12 جرام أكسجين لكل نسمة في اليوم يتم استردادها من خلال اختزال النيتروجين فما هو تركيزالنترات $NO_3^-$-N في مخرج المحطة إذا كان التصرف هو 200 لتر/النسمة في اليوم؟

استخدام المعادلة التالية لحساب كمية الأكسجين المطلوبة لإزالة النيتروجين

$$OV_N = 4.6\ g\ O_2 / g\ NO_3 - N_e - 1.7\ g\ O_2 / g\ NO_3 - N_D$$

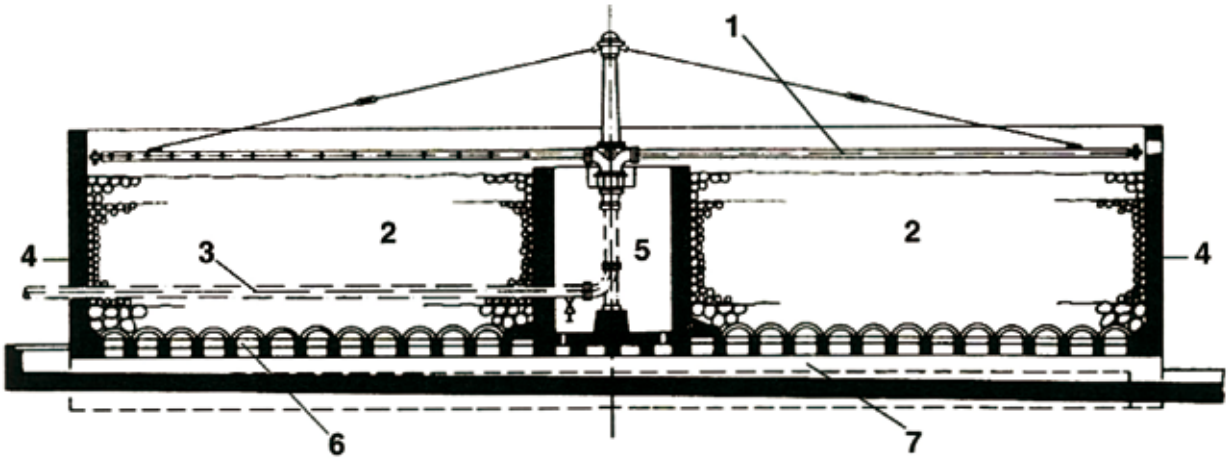
حيث:
$N_e$: النيتروجين عند المخرج والذي لم تختزل
$N_D$: النيتروجين عند المخرج والذي تم اختزاله

## 8.3 عمليات الأحواض الحيوية الثابتة

**يحدث التحلل والتحول الهوائي للمواد الذائبة في المياه العادمة في عمليات الأحواض الحيوية الثابتة مثل المرشحات الحيوية و التلامس البيولوجي و مرشحات الحمأة الحيوية من خلال نمو البكتيريا على سطح المواد الحصوية أو التشكيلات البلاستيكية التي تؤلف الوسط المرشح ووجود الأكسجين المذاب. تفصل الكتل الحيوية الميتة والمتصرفة خارج الوحدات الحيوية مع المياه العادمة المعالجة في أحواض الترسيب الثانوية/الترويق.**

### مهمة 1

أذكر الأجزاء والمكونات المرقمة من 1 الى 7 في مقطع المرشح الحيوي المملوء بالصخور والمبين أدناه؟




**شكل 1/8.3: مقطع طولي لحوض مرشح حيوي ثابت مملوء بالصخور**

### مهمة 2

يمكن استخدام مواد مختلفة كمواد حاملة للطبقة الحيوية الثابتة في المرشحات الحيوية.

ا. أذكر تلك المواد؟

ب. أذكر الخصائص التي يجب أن تتوفر في تلك المواد؟

### مهمة 3

بمعرفة معايير وخصائص تشغيل المرشحات الحيوية المملوءة بمواد مختلفة، اعمل مقارنة بين تلك الخصائص بشكل مجدول بين المرشحات الحيوية المملوءة بمادتي خبث البراكين والتشكيلات البلاستيكية وأذكر قيم الخصائص للمادتين كلما أمكن.

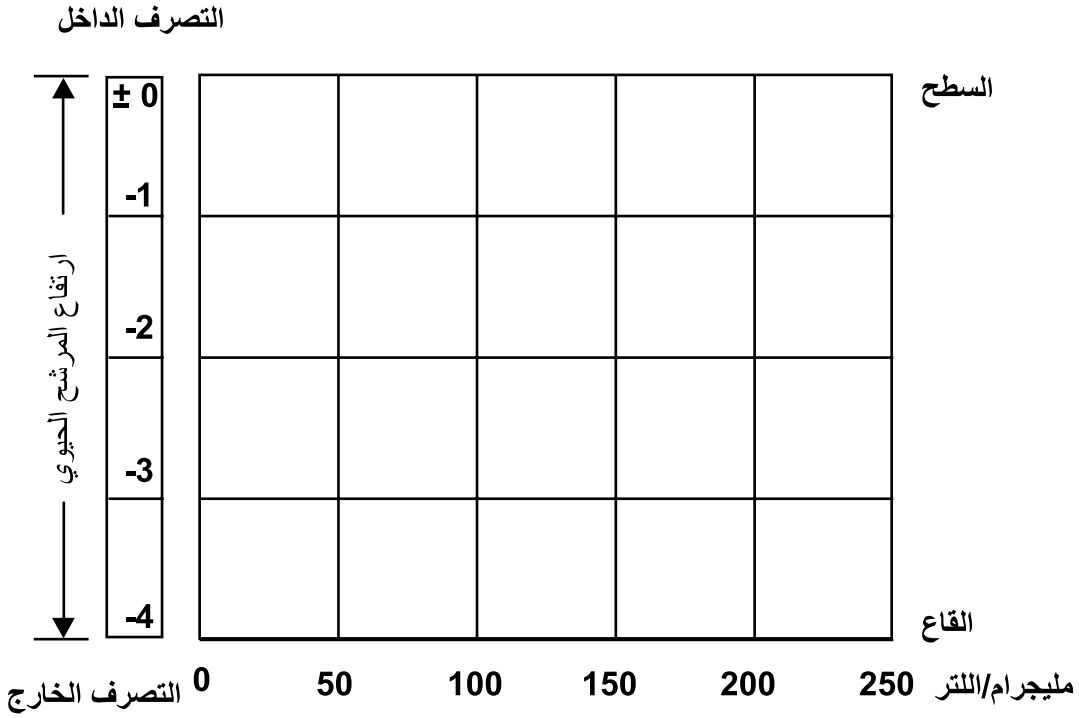
مثال الخصائص: مجالات الاستخدام، حجم الفراغات، معدل التدفق أو زمن التلامس، إمكانية الانسداد، معدل التحميل، كفاءة المعالجة ($BOD_5$).

## مهمة 4

يمكن للأكسدة البيولوجية أن تحدث في المرشحات الحيوية عند تحميل عضوي مناسب.

ا. في الشكل أدناه ارسم منحنى التركيز لكل من $BOD_5$ والنترات للمرشح البيولوجي المملوء بالصخور؟

ب. أذكر أسباب عدم حدوث أكسدة حيوية كاملة للأمونيوم في المرشحات الحيوية العادية؟




**شكل 2/8.3: عملية المعالجة في مرشح حيوي ثابت**

## مهمة 5

في أي من الأسطر التالية يكون جريان الهواء في المرشحات الحيوية في الفصول المختلفة من السنة والأوقات المختلفة من اليوم معلم بطريقة صحيحة.

| | | يقل | يزداد |
|---|---|---|---|
| ا. | النهار في فصل الصيف | | x |
| ب. | الليل في فصل الصيف | x | |
| ج. | النهار في فصل الشتاء | x | |
| د. | الليل في فصل الشتاء | x | |
| ه. | في التهوية الإصطناعية | x | x |

## مهمة 6

أي من الجمل التالية عن الموزعات الدوارة خاطئة؟
الموزعات الدوارة:

ا. تتحرك بناءً على مبدأ الارتداد
ب. تدور على محور ارتكازي
ج. لها توزيع غير متساوي للفتحات الموجودة على الموزعات
د. تتطلب عمود ضغط مقداره نصف متر على الأقل لضمان الدوران
ه. يجب تنظيفها يومياً

## مهمة 7

أي جملة من الجمل التالية عن قوة التصرف للموزعات الدوارة خاطئة؟
قوة التصرف:

ا. أقل ما تكون عندما يكون الموزع الدوار متوقفاً
ب. تقل بزيادة أعداد أذرع التوزيع
ج. تقل بزيادة سرعة الدوان للموزع الدوار
د. تزداد بزيادة كمية التدفق
ه. تزداد بزيادة معدل التدفق على وحدة المساحة

## مهمة 8

أي جملة من الجمل التالية ليست من خصائص الطبقة البيولوجية في المرشحات الحيوية؟
الطبقة الحيوية:

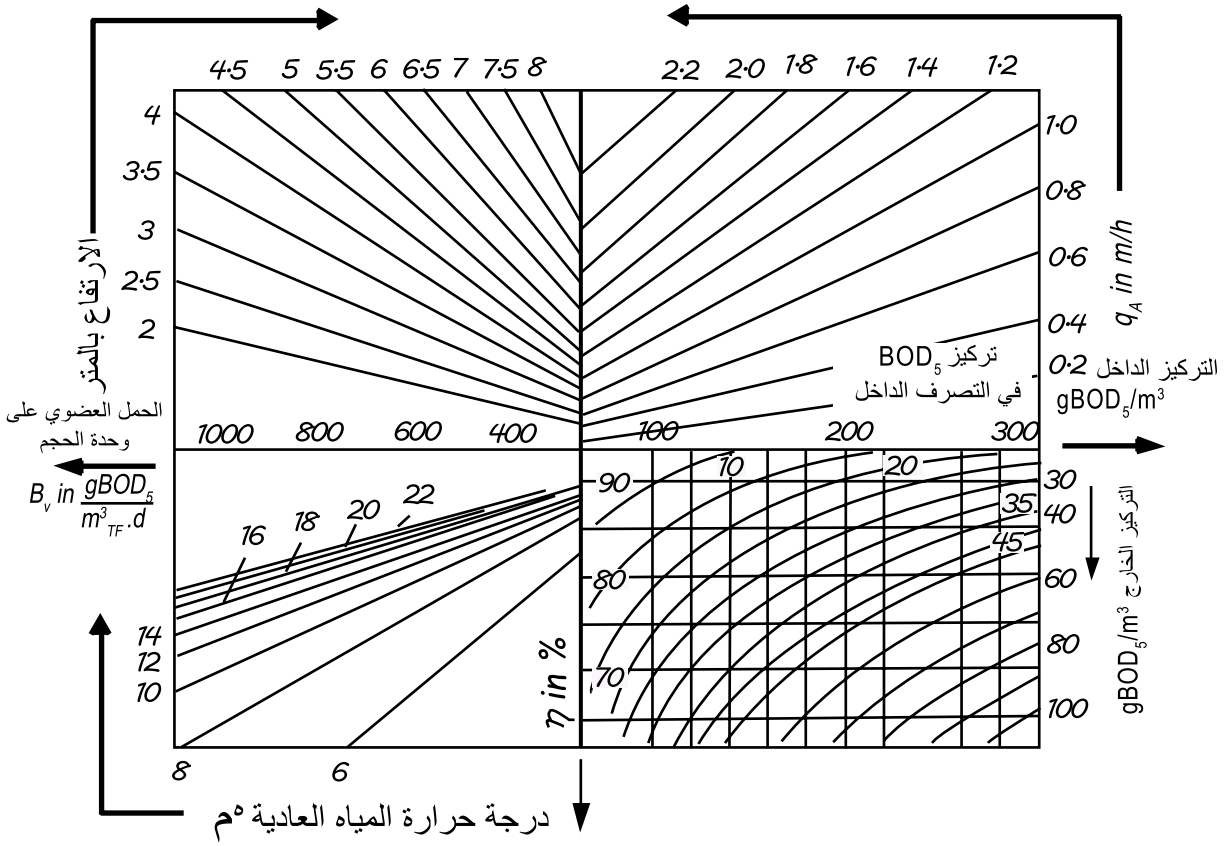
ا. مأهولة بكائنات حية أحادية أو متعددة الخلية
ب. تنشط على خبث البراكين
ج. عادة ما يكون لها سطح أخضر
د. قد تتكون من مناطق هوائية ولا هوائية
ه. تنمو بشكل أكبر في المنطقة العلوية مقارنةً بالسفلية من المرشح

## مهمة 9

إحسب ارتفاع وقطر المرشح البيولوجي والذي يعمل حسب الأحمال التالية: الحمل العضوي ($B_V$) = 0.458 كجرام $BOD_5$ لكل م$^3$ في اليوم ومعدل التصرف لوحدة المساحة السطحية = 0.573 م/الساعة و مقدار التصرف Q = 50 لتر/الثانية وتركيز $BOD_5$ = 150 مليجرام/اللتر؟

## مهمة 10

ما هو تركيز $BOD_5$ الخارج من مرشح بيولوجي بعمق 4 م عند درجة حرارة 16 °م إذا كان تركيز $BOD_5$ الداخل هو 150 مليجرام/اللتر ومعدل التصرف على وحدة المساحة هو 0.8 م/الساعة؟ إحسب التركيز بالاستعانة بالمخطط البياني التالي؟




**شكل 3/8.3: مخطط بياني لتحديد أبعاد المرشحات الحيوية الثابتة**

*Hosang; Bischof: Abwassertechnik, 9th Edition 1989 © Teubner, Stuttgart*

**القسم ب**

## مهمة 1

باستخدام الخصائص المذكورة أدناه، قارن بشكل مجدول بين المرشحات الحيوية ونظام الحمأة المنشطة.
الخصائص: مرحلة الترسيب الابتدائي، المادة الحيوية، تخصيب واغناء المادة الحيوية، معدل التحميل، التحكم، نقل وتحول الأكسجين، حجم التنفية المعين (نسمة/م$^3$)، الكفاءة، استهلاك الطاقة، إزالة النيتروجين، مرحلة الترويق.

## مهمة 2

تحدث أعطال وتشويشات في تشغيل المرشحات الحيوية بسبب الانسدادات في المادة المالئة وتكوين تجمعات ماء صغيرة.
ا. أذكر أسباب ذلك؟
ب. أذكر الاجراءات المناسبة لإزالة الانسداد؟

## مهمة 3

إن ترجيع المياه العادمة المعالجة لمرشح بيولوجي هي الطريقة الوحيدة الممكنة للتحكم في العملية البيولوجية في المرشح.
ا. إذا فشلت عملية نقل المياه الراجعة للمرشح البيولوجي والتي كانت تساوي 2 فكيف تُقيّم مقترح حل هذه المشكلة من خلال زيادة كمية الحمأة الزائدة ونقلها الى حوض الترسيب الابتدائي؟
ب. ما هي المميزات الناتجة عن ترجيع المياه المعالجة إلى المرشح البيولوجي؟

## مهمة 4

أي وصف عن الحمأة الناتجة من المرشحات الحيوية خاطئ؟
إن الحمأة المنتجة من المرشحات الحيوية:
ا. تقل بتقليل قيمة التحميل العضوي على وحدة الحجم
ب. تزداد بشكل كبير في فصل الربيع
ج. تترسب بشكل أفضل من الحمأة الناتجة من محطات الحمأة المنشطة
د. لها محتوى مائي أكبر مقارنةً بالحمأة الناتجة من محطات الحمأة المنشطة
ه. تجفف بشكل أفضل مقارنةً بالحمأة الناتجة من محطات الحمأة المنشطة

## مهمة 5

أي من المواد التالية لا تستخدم كمادة مالئة في المرشحات الحيوية؟
ا. الكربون المنشط
ب. الانتراسيت
ج. الصخور المتمددة
د. البازلت
ه. كتل الزجاج

## مهمة 6

حدد الجملة الصحيحة عن حدوث الرحض في المرشحات؟
يحدث الرحض في المرشحات:

ا. بشكل مستمر
ب. بفعل الجاذبية الأرضية
ج. بسرعة تساوي سرعة التصرف
د. مع تشغيل المرشح
ه. بواسطة الهواء والماء بشكل رئيسي

## مهمة 7

تتدفق كمية من المياه العادمة مقدارها 10,000 م$^3$/اليوم وبتركيز $BOD_5$ يساوي 200 مليجرام/اللتر الى محطة مرشحات حيوية حجمها 5,000 م$^3$. إذا أريد تخفيض قيمة التلوث الموجود في المياه المعالجة بواسطة الترجيع فما هو تركيز $BOD_5$ في المياه المعالجة عندما تكون قيمة الترجيع تساوي 50 % من التصرف الداخل.
استخدم المعادلة التالية: $\eta = 93 - 0.17$ (الحمل العضوي للمرشح ($B_V$) مليجرام $BOD_5$/م$^3$ في اليوم).

## مهمة 8

محطة مرشحات حيوية تتكون من 12 مرشح مساحة كل منها تساوي 34 م$^2$ والتدفق الكلي للمحطة Q يساوي 3,000 م$^3$ /الساعة.

ا. إذا تم توقيف مرشحين اثنين بسبب الغسيل العكسي فما هي نسبة الزيادة في السرعة التصميمية للمرشحات والمقدرة بـ 7.5 م/الساعة؟
ب. حدد الكمية المطلوبة للغسيل لكل مرحلة ولكل المراحل إذا كان سرعة وزمن الغسيل لمراحل التشغيل المختلفة حسب التالي:

| | |
|---|---|
| المرحلة الأولي | 20 م/الساعة لكل وحدة والمدة هي 2 دقيقة |
| المرحلة الثانية | 50 م/الساعة لكل وحدة والمدة هي 5 دقيقة |
| المرحلة الثالثة | 80 م/الساعة لكل وحدة والمدة هي 2 دقيقة |

## 4. معالجة الحمأة الناتجة من محطات تنقية المياه العادمة وكيفية التخلص منها

### 1.4 مخطط بياني لوحدات تنقية الحمأة

**يهدف المخطط البياني لوحدات معالجة الحمأة الى بيان تصور شامل لمختلف المراحل ويوضح الإجراءات التشغيلية للمرافق ويبين أيضاً أهم المكونات والمنشآت واتجاهات التدفق فيها.**

**مهمة 1**

يبين المخطط البياني التالي وحدات معالجة الحمأة في محطة تنقية تخدم 7,233 نسمة. كما يوضح الشكل موقع إنتاج الحمأة ووحدات معالجتها وخطوط انتقالها مزودة بجداول تبين كميات المواد المنتجة وتحولاتها.

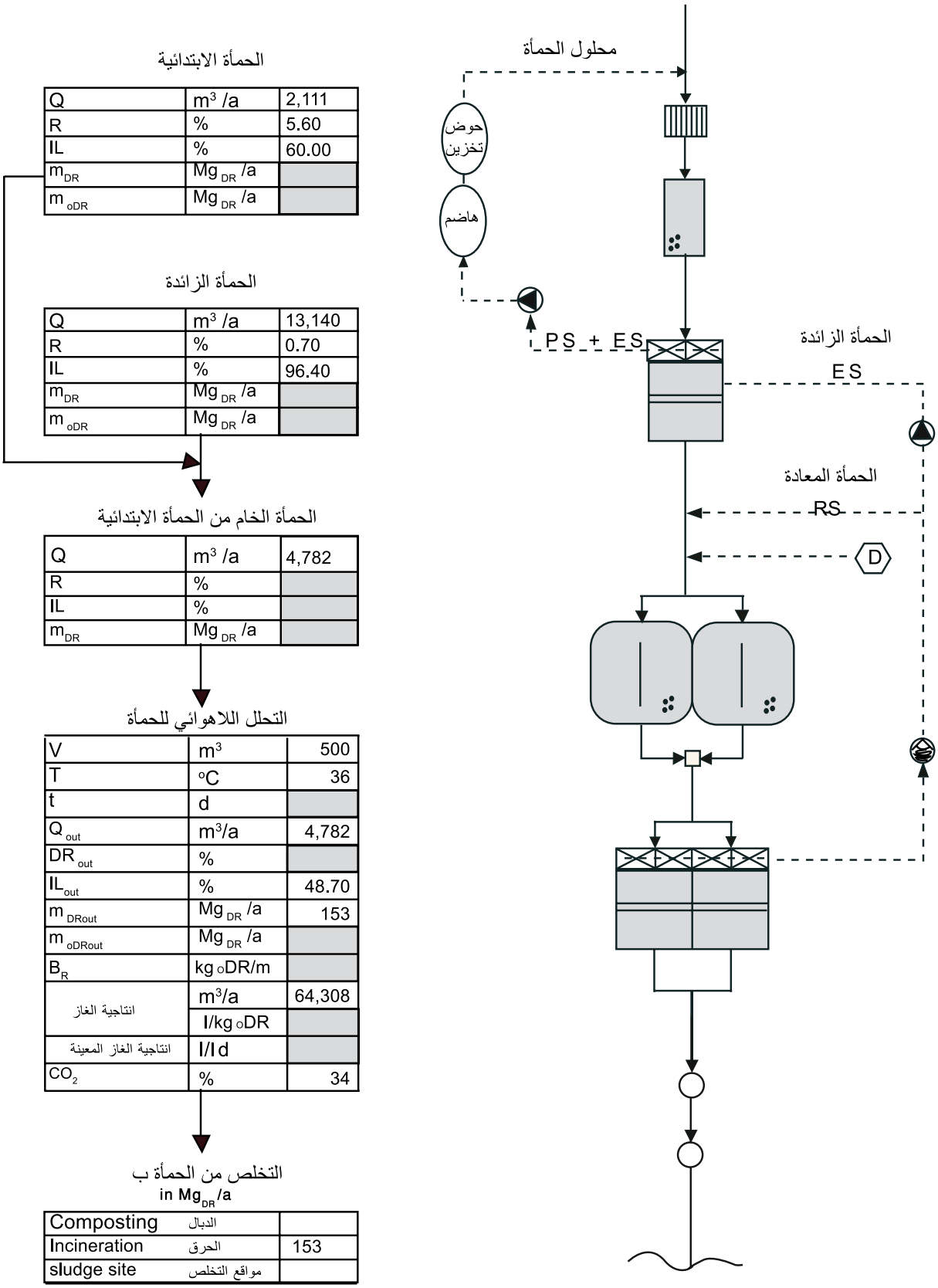
ا. إحسب القيم الناقصة في جداول المخطط ذات الخلفية الرمادية؟

ب. إحسب أيضاً كفاءة الهاضم الحيوي (النسبة المئوية للمواد الصلبة)؟

ج. مستخدماً للبيانات المتوفرة وقيم المعايير المبينة في الجدول التالي قيّم عملية الهضم في محطة التنقية؟

| قيم معايير التشغيل لهاضم حيوي ميزوفيلك أحادي المرحلة | | |
|---|---|---|
| سعة المحطة < 50,000 نسمة | | |
| زمن الهضم الحيوي | يوم | 30 – 20 |
| التحميل العضوي لوحدة الحجم | كيلو جرام مواد صلبة ($م^3$ x يوم) | 2 |
| درجة التحلل | % | 45 < |
| إنتاجية الغاز المعينة | لتر/كجرام مواد صلبة | 500 – 400 |
| إنتاجية الغاز للشخص | لتر/نسمة في اليوم | 20 |
| محتوى $CO_2$ في غاز الهاضم | % | 36 - 26 |

# محطة معالجة مياه عادمة - أ




**شكل 1/1.4: مخطط بياني لتصرف الحمأة في محطة تنقية مياه عادمة أ**

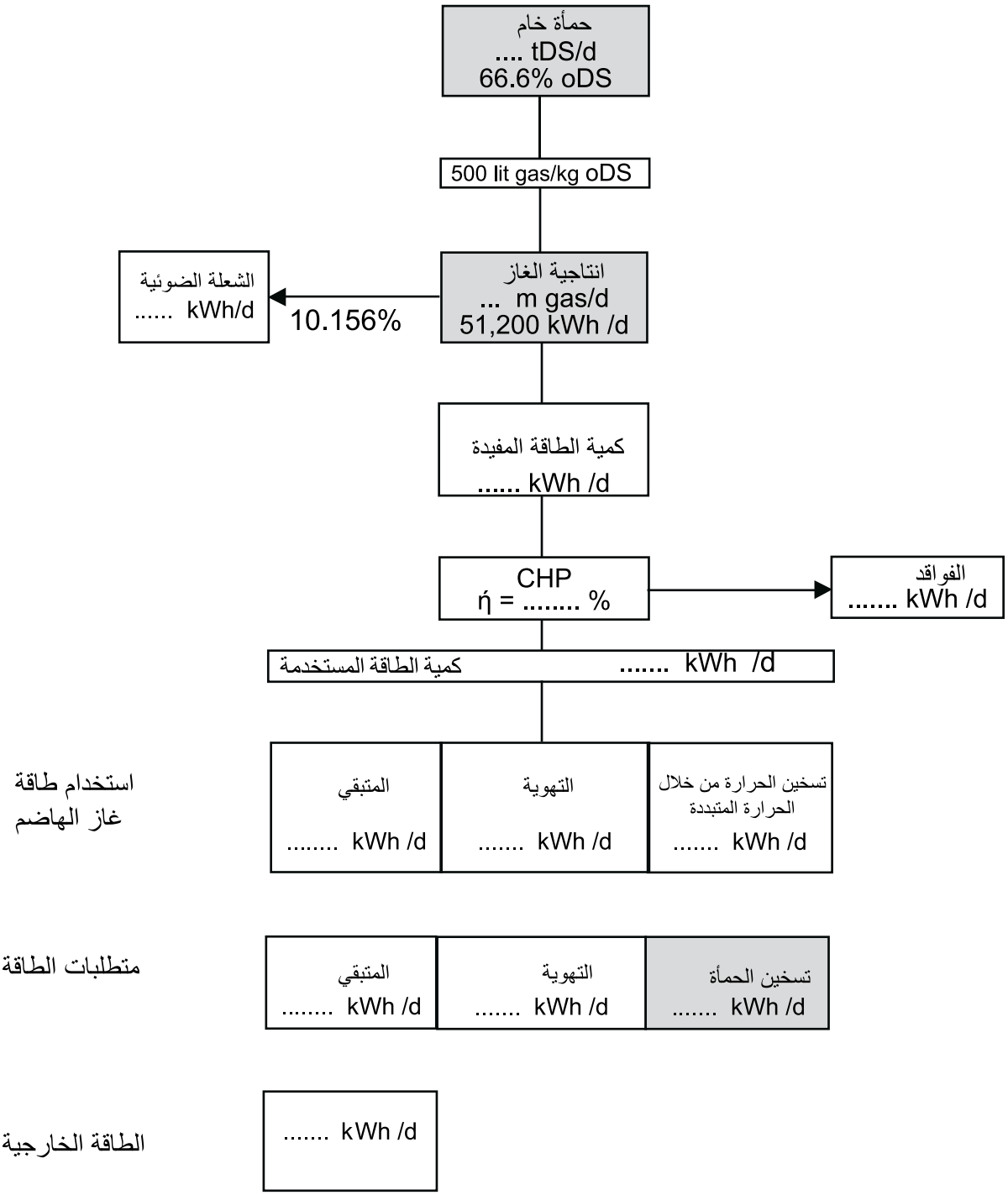
## مهمة 2

يراد عمل موازنة حرارية لمحطة تنقية مياه عادمة ذات سعة تصميمية مقدارها 300,000 نسمة وتتكون المحطة من نظام الحمأة المنشطة وهاضم للحمأة ومحطة تسخين مزدوج مع استخدام غاز الهاضم في تشغيل مزود الهواء واستخدام حرارة المزود في تسخين الحمأة الخام. أوجد كمية الطاقة الخارجية المطلوبة حسب المعطيات في الشكل (2/1.4)؟

1. ايجاد الناتج اليومي لغاز الهاضم وكمية الطاقة إذا كان نسبة كمية المواد الصلبة الجافة تساوي 80 جرام لكل نسمة في اليوم.
   ا. احسب كمية المواد الصلبة العضوية المنتجة في اليوم إذا كان كمية المواد العضوية هي 3/2؟
   ب. كم هي كمية الغاز المنتجة يومياً إذا كان معدل الإنتاج هو 500 لتر غاز لكل كيلو جرام مواد صلبة عضوية؟
   ج. كم هو مقدار الطاقة المنتجة يومياً من غاز الهاضم إذا كان المتر المكعب من الغاز يمثل 6.4 كيلووات ساعة؟

2. ايجاد متطلبات الطاقة اللازمة لتسخين الحمأة الخام.
   ا. كم هي كمية الحمأة الخام المنتجة يومياً (م$^3$/اليوم) إذا كانت نسبة المواد الصلبة المعلقة في محلول الحمأة هي 6 %؟
   ب. احسب الطاقة اللازمة (جول/م$^3$) لتسخين 1م$^3$ من الحمأة بواسطة 23.86 درجة كلفنت إذا كان متطلب الطاقة للمياه هو 4.19 جول/جرام لكل درجة حرارة كلفنت.
   ج. أوجد كمية الطاقة الكلية (جول/اليوم) اللازمة لتسخين الحمأة المنتجة يومياً؟
   د. كم هي كمية الطاقة المطلوبة (كيلووات ساعة/اليوم)؟

3. ايجاد الطاقة المتبقية والخارجية والطاقة المتوفرة.
   بدايةً يجب استخدام الطاقة اللازمة للتهوية من الطاقة الموجودة.
   كم من متطلبات الطاقة المتبقية يمكن أن تغطي مستخدماً الطاقة المتبقية من غاز الهاضم إذا كان كمية الطاقة المستفادة والممكن استخدامها للتهوية والأشياء ألأخرى هي 32.61 %؟




**شكل 2/1.4: الموازنة الحرارية لمحطة تنقية مياه عادمة**

## 2.4 أنواع الحمأة وتثبيتها

**تتحلل المواد العضوية الموجودة في الحمأة بواسطة عمليات التنفس الهوائية أو اللاهوائية للبكتيريا. وتتعدد طرق تثبيت الحمأة وتستخدم طريقة التحلل الميزوفيلي بشكل كبير.**

### مهمة 1

صف الأنواع التالية من الحمأة بالنسبة الى المنشأ والخصائص وظروف التشغيل:

ا. الحمأة الخام
ب. الحمأة الابتدائية
ج. الحمأة المنشطة
د. الحمأة المثبتة هوائياً
ه. الحمأة المهضومة

### مهمة 2

أجب عن الأسئلة التالية والمتعلقة بموضوع الحمأة:

ا. ما هو انتاج الحمأة الخام بالنسة الى الشخص؟
ب. ما هي النسبة المئوية للحمأة المنتجة وكمية الحمأة الخام المنتجة في محطة تنقية مياه عادمة؟
ج. ما هي نسبة الانخفاض في المواد الصلبة في الحمأة المهضومة؟

### مهمة 3

أذكر الأهداف الاساسية لتثبيت الحمأة؟

### مهمة 4

يمكن للحمأة أن تتحلل هوائياً أو لا هوائياً.

ا. إشرح الفرق بين التثبيت الهوائي واللاهوائي للحمأة؟
ب. في أي الأحوال يستخدم التثبيت الهوائي للحمأة؟

### مهمة 5

أي من الجمل التالية عن الحمأة صحيحة؟

ا. الحمأة الأولية مثل الحمأة الثانوية
ب. الحمأة الراجعة لها محلول مخلوط من المواد الصلبة (MLSS) أقل من الحمأة الموجودة في حوض التهوية
ج. الحمأة المتحللة لاهوائياً ذات محتوى معادن أساسية أكبر من الحمأة الخام
د. نسبة المحلول المخلوط للمواد الصلبة في الحمأة المنشطة هي 10 %
ه. الحمأة المهضومة ليس لها خطر وبائي

## مهمة 6

المحتوى العضوي للحمأة الخام والمتحللة هوائياً:

ا. يخرج مع محلول الحمأة بشكل أساسي
ب. لا يتأثر على الاطلاق
ج. يتحول إلى بلورات
د. يتحول إلى سائل بشكل أساسي
ه. يتحول إلى مواد معدنية

## مهمة 7

أي من الحمأة المذكورة أدناه يتغير تركيز الأيون الهيدروجيني لها عند تعرضها للهواء.

ا. الحمأة المعقمة بالحرارة (المبسترة)
ب. الحمأة الخام
ج. الحمأة المثبتة هوائياً
د. الحمأة المنزوعة الماء
ه. الحمأة المهضومة

## مهمة 8

يعني مصطلح «تثبيت الحمأة»:

ا. تحول المركبات المعدنية الى مركبات كربونية غنية بالطاقة
ب. تكوين طبقة من الحمأة الصلبة من خلال التعويم
ج. تحول الحمأة المنشطة الى حمأة قادرة على التحلل
د. تكوين مواد نهائية قليلة الطاقة بعد عملية المعالجة اللاهوائية
ه. تحول فيزيوكيميائي للحمأة بمعزل عن الهواء

## مهمة 9

أي من الجمل التالية عن تحلل الحمأة خاطئة؟

ا. تتأكسد المواد العضوية بالمعالجة الهوائية للحمأة وتتحول الى مواد غير عضوية و تبقى ذائبة في الماء أو تتحول الى مواد غازية
ب. بالمعالجة الهوائية للحمأة قد يحدث أكسدة نهائية بسبب وجود الأكسجين
ج. الناتج النهائي من الحمأة المعالجة لاهوائياً هي مواد قليلة الطاقة
د. معدل تحلل البكتيريا الهوائية أكبر من معدل تحلل البكتيريا اللاهوائية
ه. المعالجة اللاهوائية للحمأة أكثر حساسية لتأثيرات درجة الحرارة من المعالجة الهوائية

**مهمة 10**

أي من الجمل التالية عن التثبيت اللاهوائي للحمأة خاطئة؟
التثبيت اللاهوائي:

ا. يمكن أن يحدث بشكل منفصل عن معالجة المياه العادمة
ب. يتطلب عُمر حمأة لا يقل عن 25 يوم
ج. تنطلق منه الحرارة
د. لا يعتمد على درجة الحرارة
ه. يحول المواد العضوية الى ثاني أكسيد الكربون وماء ومواد معدنية

## 3.4 المعالجة اللاهوائية للحمأة (الهضم)

**إن عملية المعالجة اللاهوائية للحمأة تعتبر من المراحل الأساسية والمستخدمة بشكل متكرر في محطات معالجة المياه العادمة ذات السعة التصحيحية لأكثر من 10,000 نسمة. إنها عملية حساسة حيث تتطلب مراقبة منتظمة وقياسات وفحوصات بشكل مستمر.**

**القسم أ**

### مهمة 1

حدد مكان الأجزاء الخمسة المذكورة أدناه على الأرقام الصحيحة المبينة في مقطع الهاضم اللأهوائي شكل 1/3.4:

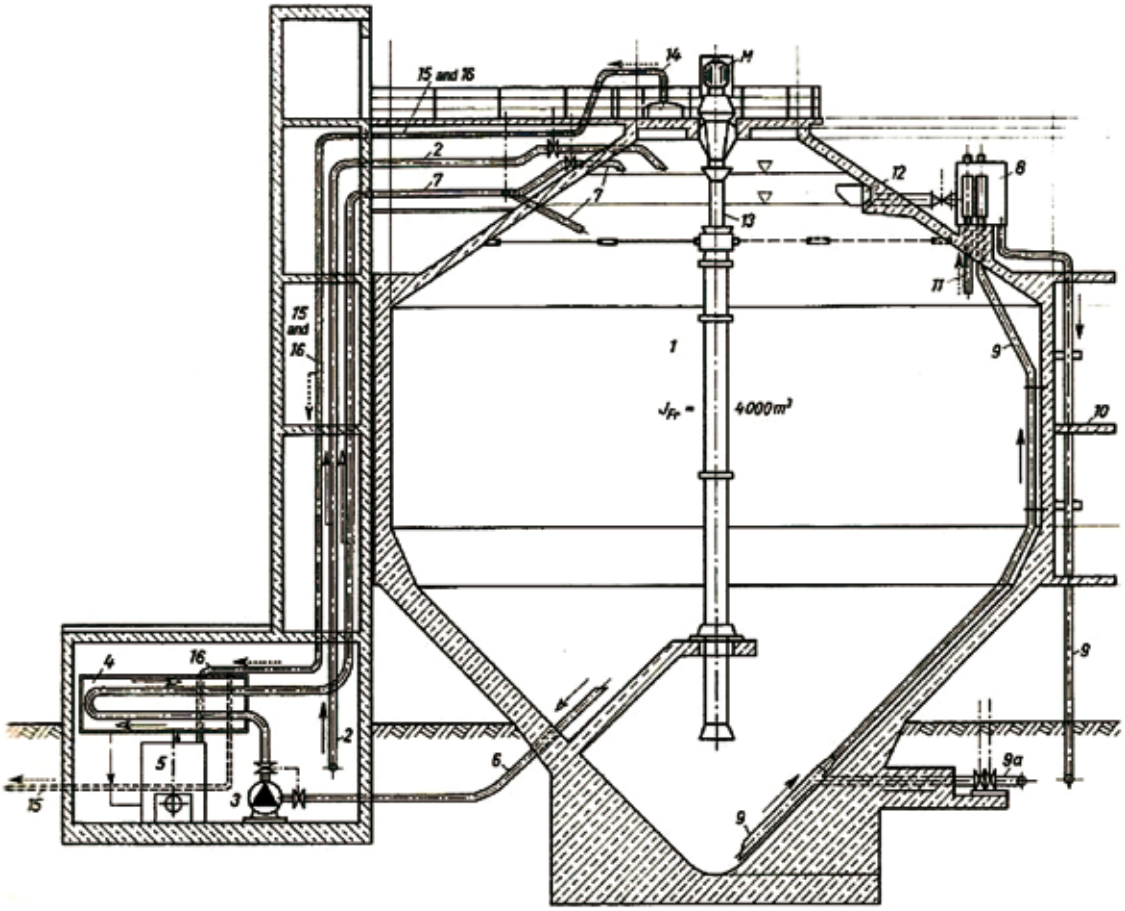
ا. مرفق استقبال الحمأة
ب. مضخة الحمأة المستخدمة لترجيع الحمأة
ج. مستبدل حراري
د. مزيل الحمأة المهضومة
ه. خلاط حلزوني بموتور

### مهمة 2

إن عملية الهضم في الهاضم اللاهوائي لمحطة تنقية مياه عادمة بلدية تتم عادة على أربع مراحل. أذكر هذه المراحل بالتتابع الصحيح لها؟

### مهمة 3

أذكر أسماء المواد الناتجة في مراحل التحلل الأربعة التي تحدث في الهاضم اللاهوائي؟




**شكل 1/3.4: مقطع طولي في هاضم لاهوائي**

## مهمة 4

يجب متابعة قياسات مختلفة عند مراقبة عملية التحلل في الهاضم اللاهوائي.

ا. ما هي القياسات الأساسية؟

ب. لماذا يجب مراقبة هذه القياسات؟

## مهمة 5

أذكر الأسباب الممكنة لحدوث الأعطال المختلفة في عملية الهضم اللاهوائي؟

## مهمة 6

أي من القيم التالية تطبق كحدود قياسية لزمن التحلل ودرجة حرارة الهاضم الميزوفلك المسخن؟

ا. زمن الهضم 100 - 120 يوم/ درجة الحرارة <10 °م

ب. زمن الهضم 60 - 90 يوم/ درجة الحرارة 25 - 30 °م

ج. زمن الهضم 20 - 30 يوم/ درجة الحرارة 32 - 38 °م

د. زمن الهضم 10 - 25 يوم/ درجة الحرارة 40 - 45 °م

ه. زمن الهضم 5 - 10 أيام/ درجة الحرارة 50 - 55 °م

## مهمة 7

لماذا يجب عدم وجود الأكسجين في الهاضم اللاهوائي؟

ا. حتى لا تتكون طبقة من الحمأة الطافية
ب. لأن وجود الأكسجين يعطل مرحلة التحلل بالماء
ج. لكي تتجنب الروائح المزعجة
د. لكي تتجنب التكوين الكثيف للأحماض العضوية
ه. لأن عملية الأيض لبكتيريا الميثان تتوقف بسبب وجود الأكسجين

## مهمة 8

أي من المعلومات التالية تنطبق على التثبيت اللاهوائي للحمأة؟

ا. لا يقل انتاج غاز الميثان $CH_4$ الذي تنتجه بكتيريا الميثان في الهاضم اللاهوائي بسبب تغييرات درجة الحرارة
ب. $CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$
ج. بكتيريا الميثان حساسة لوجود الأكسجين
د. جلكوز ← نشا + ماء
ه. $2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6$

## مهمة 9

هاضم لاهوائي حجمه 1,200 م$^3$ ويعمل عند درجة حرارة 36 °م. إحسب أقصى تغير لدرجة حرارة الهاضم إذا ما تم تغذيته بـ 50 م$^3$ من الحمأة الخام ذات درجة حرارة مقدارها 11 °م؟

## مهمة 10

تغذى يومياً كمية من الحمأة الخام مقدارها 110 م$^3$ ذات محتوى مواد صلبة مقداره 5.7 % الى هاضم لاهوائي حجمه 2500 م$^3$ ويعمل بفاقد اشعال (IL) مقداره 75 %.

ا. إحسب مقدار المواد الصلبة العضوية (بالكجرام مواد صلبة/ م$^3$/اليوم) الناتجة من تغذية الهاضم بالحمأة والتي كثافتها ($\rho$) تساوي 1.05 جرام/سم$^3$؟
ب. ما هو مدى قيم التحميل العضوي للهاضم اللاهوائي؟
ج. ما تأثير زيادة قيمة التحميل للمواد الصلبة العضوية على عملية تشغيل الهاضم اللاهوائي؟
د. إحسب زمن مكوث الحمأة في الهاضم اللاهوائي؟

**القسم ب**

**مهمة 1**

أذكر الأخطار على العمال والمنشآت والتي يمكن حدوثها عند تشغيل الهاضم اللاهوائي مع ذكر الأسباب؟

**مهمة 2**

حصل تفريغ هاضم لاهوائي من محتواه ويراد إجراء عملية التنظيف له:

ا. ما هي إجراءات السلامة الواجب اتخاذها لكي تتمكن من إجراء أعمال التنظيف في الهاضم الفارغ؟

ب. هل يمكن حدوث انفجارات في الهاضم باستخدام طريقة التفجير بالرمل؟ إذا كان الأمر كذلك ما هي الاجراءات الواجب اتباعها لضمان عدم حدوث ذلك؟

**مهمة 3**

إذا تم إجراء أعمال الصيانة على الهاضم اللاهوائي وأريد تشغيله مرة ثانية:

ا. أذكر الخطوات الضرورية لإعادة تشغيل الهاضم؟

ب. ما هي القياسات الضرورية والمهمة لإتمام عملية التشغيل؟

**مهمة 4**

أذكر:

ا. الأنواع المختلفة والمستخدمة كأنظمة لإعادة الحمأة في الهاضم اللاهوائي.

ب. الأنواع المختلفة لمعدات تسخين الهاضم اللاهوائي.

**مهمة 5**

إذا ما حدث انسداد في أنبوب المخرج في قمة الهاضم اللاهوائي فما هي الاجراءات الواجب اتخاذها؟

ا. نقوم بتنظيف الهاضم.

ب. ننظف قمة الهاضم بماء مضغوط

ج. نقوم بتزويد هواء مضغوط في قمة الهاضم

د. نقوم بإضافة الجير

ه. نقوم بحقن مذيب بشكل متأني

**مهمة 6**

ما هي نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغاز الناتج من هاضم لاهوائي في الظروف العادية؟

ا. 50 الى 60 %

ب. 40 الى 50 %

ج. 30 الى 35 %

د. 20 الى 25 %

ه. 15 الى 20 %

## مهمة 7

كيف يمكن الحفاظ على تكوين قليل للحمأة الطافية في الهاضم اللاهوائي؟

ا. بزيادة درجة حرارة الهاضم
ب. بزيادة التصرف الداخل
ج. بخلط محتويات الهاضم
د. بتخفيض مستوى الحمأة
ه. بتقليل التصرف الداخل

## مهمة 8

ما هي الاجراءات المتبعة للتعامل مع الحمأة الناتجة بمقدار أكثر من المعتاد بسبب ظروف معينة في محطة تنقية مياه عادمة؟

ا. تزويد الحمأة الى الهاضم على دفعات متقطعة
ب. التخلص من جزء من الحمأة بدون معالجة الى مواقع التخلص من الحمأة
ج. تحليل الحمأة في أحواض التخزين
د. تخزين الحمأة في أحواض الترسيب الابتدائي بشكل مؤقت
ه. تصريف جزء من الحمأة الى المياه المستقبلة

## مهمة 9

في منطقة ما تم شبك منطقة سكنية إضافية وعدد سكانها 20,000 نسمة على محطة تنقية تخدم 40,000 نسمة.

ا. إحسب زمن الهضم بالأيام إذا كانت كمية الحمأة المنتجة لكل شخص هي 2.0 لتر في اليوم وأن حجم الهاضم الميزوفيلي هو 1,600 م$^3$؟
ب. ما هي إجراءات التشغيل اللازم إتباعها لتحقيق تثبيت مناسب للحمأة؟

## مهمة 10

عند حدوث تثبيت لاهوائي للحمأة يتحلل حمض الخليك ($CH_3COOH$) الى الميثان وثاني أكسيد الكربون.

ا. كم جرام من ثاني أكسيد الكربون ينتج من تحلل 100 جرام من حمض الخليك؟
ب. كم لتر من الميثان ينتج من 100 جرام من حمض الخليك عند درجة حرارة 20 °م وضغط يساوي 900 باسكال؟

## 4.4 إنتاج الغاز ومعالجته وتخزينه والاستفادة منه

**ينتج غاز الهاضم من عملية التثبيت اللاهوائي للحمأة. إن كمية الغاز المنتجة ومكوناته هي معايير مهمة لمراقبة عملية الهضم. بالاضافة الى ذلك فإن غاز الهاضم يعتبر مصدراً مهماً للطاقة في محطات تنقية المياه العادمة.**

**القسم أ**

### مهمة 1

غاز الهاضم مصدر مهم للطاقة في محطات تنقية المياه العادمة. ما هي مجالات الاستفادة من غاز الهاضم؟

### مهمة 2

أجب على الأسئلة التالية والمتعلقة بتخزين غاز الهاضم.
ما هي الطرق الممكنة لتخزين غاز الهاضم؟
ما هي عيوب الخزانات الرطبة لتخزين الغاز مقارنة بالخزانات الأخرى؟

### مهمة 3

ما هي وظيفة الأجزاء التالية في مراحل إزالة أو تخزين أو الاستفادة من غاز الهاضم بالتحليل اللاهوائي للحمأة:

ا. غطاء الغاز
ب. وعاء الزلط
ج. مشعل الغاز

### مهمة 4

يتكون غاز الهاضم بشكل رئيسي من مركبين اثنين.

ا. أذكر هذين المركبين ونسبهما المئوية من الحجم الكلي للغاز؟
ب. ما هي كمية الغاز المنتجة في اليوم لكل كجرام من المواد العضوية الجافة وما هي كميته لكل شخص؟

### مهمة 5

هاضم لاهوائي حجمه 1,150 م$^3$ وله قيم التشغيل التالية:

مقدار إنتاج غاز الهضم: 300 نانومتر مكعب/اليوم.
مكونات الغاز: غاز الميثان = 50 %
غاز ثاني أكسيد الكربون = 48 %
حمل الهاضم: 0.91 كجرام مواد صلبة/م$^3$ في اليوم.

احسب: أ. مقدار إنتاج غاز الهاضم
ب. مكونات غاز الهضم
ج. حمل الهاضم

## مهمة 6

عند سحب غاز الهاضم أي من الأسباب التالية تؤدي إلى تغييرات كبيرة في مؤشر الضغط لجهاز القياس المانوميتر.

ا. وجود عطل في جهاز قياس الضغط (المانوميتر)
ب. وجود اختلافات في الطقس
ج. دخول هواء من خلال التسرب
د. وجود فقاعات هواء في أنبوب الغاز
ه. تراكم مواد متكثفة في نظام أنبوب الغاز

## مهمة 7

في مخلوط الهواء وغاز الهاضم أي من نسب الخلط التالية تؤدي الى حدوث انفجار:

ا. 30 % هواء و 70 % غاز هاضم
ب. 40 % هواء و 60 % غاز هاضم
ج. 60 % هواء و 40 % غاز هاضم
د. 90 % هواء و 10 % غاز هاضم
ه. 98 % هواء و 2 % غاز هاضم

## مهمة 8

هل يمكن لنظام تهوية حيز الغاز في الهاضم أن ينسد نتيجة التجمد

ا. نعم إذا ما تم فحص نظام التهوية مسبقاً وتأكد من عدم وجود غاز في الحيز
ب. نعم إذا لم يوجد نظام تسخين للفراغ
ج. لا حيث أن عملية التهوية يجب أن تكون فعالة دائماً
د. نعم عند تركيب كاشف تجمد
ه. نعم عند درجة حرارة مقدارها - 5 °م

## مهمة 9

يُحرق 10م$^3$ من غاز الهاضم يومياً في محطة تنقية مياه عادمة. إذا كانت نسبة غاز الميثان في غاز الهاضم هي 65 % فكم كجرام من الماء ينتج من عملية الاحتراق؟

**القسم ب**

## مهمة 1

إن كمية ناتج غاز الهاضم تعتمد بشكل رئيسي على محتوى الحمأة وأنواع المواد المكونة لها:

ا. أي من المواد التالية: الكربوهيدات، الدهون العضوية، البروتين ينتج عنها أعلى كمية من غاز الميثان ($م^3$ لكل كجرام)؟

ب. قيّم أداء الهاضم اللاهوائي عند تزويده بالدهون الحيوانية والنباتية والزيوت مقارنة بأدائه عند تزويده بالزيوت المعدنية؟

## مهمة 2

قد ينتج غاز أول أكسيد الكربون عند حرق الكمية الزائدة من غاز الهاضم اللاهوائي باستخدام مشعل الغاز.

ا. تحت أي ظرف ينتج غاز أول أكسيد الكربون؟

ب. كيف تستدل على تكون غاز أول أكسيد الكربون؟

## مهمة 3

يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين بالاضافة الى غازات أخرى موجودة في غاز الهاضم.

ا. ما هي المخاطر المترتبة على وجود كمية كبيرة من غاز كبريتيد الهيدروجين في غاز الهاضم؟

ب. كيف يمكن إزالة غاز كبريتيد الهيدروجين من غاز الهاضم؟

ج. أكتب معادلة تحويل غاز كبريتيد الهيدروجين باستخدام هيدروكسيد الحديد؟

## مهمة 4

يتوفر لغاز الهاضم تخزيناً متوسطاً في محطات معالجة المياه العادمة.

ا. ما وظيفة هذا التخزين المنفصل عن الهاضم؟

ب. كيف يحسب حجم التخزين لغاز الهاضم؟

## مهمة 5

ما هي المتطلبات الخاصة التي يجب مراعاتها في أنابيب غاز الهاضم؟

## مهمة 6

بأي لون تُعلم/تميز أنابيب غاز الهاضم؟

ا. الأخضر

ب. الأبيض

ج. الأحمر

د. الأصفر

ه. الأزرق

## مهمة 7

لماذا يجب حرق الغاز الزائد في مشعل الغاز؟

ا. لأن ذلك يحمي الهاضم اللاهوائي من التجمد
ب. لأن إنتاج الغاز قد إزداد
ج. لأنه قد ينتج خليطاً من الغاز المنبعث والهواء قادراً على إحداث انفجار
د. حتى يدرك السكان أن محطة معالجة المياه العادمة مأهولة بالعمال
ه. لأن مرافق الغاز لا يمكنها استخدام غاز الهاضم بسبب قيمته الحرارية العالية

## مهمة 8

أي من الجمل التالية عن مركبات السيلوكسين خاطئة؟

ا. السيلوكسين هي من مكونات مساحيق المنظفات
ب. السيلوكسين يمكن تكثيفها من خلال التجميد العميق لغاز الهاضم
ج. السيلوكسين عند حرقها مع الكريستالين تُكوّن أكسيد السيلكون
د. السيلوكسين هي من مكونات الغاز الحيوي
ه. السيلوكسين هي مركبات (AOX)

## مهمة 9

عند تعطل محركات الغاز في منشأة التسخين المزدوجة فإن غاز الهاضم الناتج يجب أن يُخزن في خزان ضغط عالي. لأي فترة زمنية يكون حجم التخزين المساوي 250 م$^3$ والضغط الأقصى الممكن لمكان التخزين هو 8 بار ودرجة حرارة التخزين القصوى هي 20 °م كافياً إذا علم أن كمية الغاز المنتجة هي 510 م$^3$/اليوم وضغطها هو 1.035 بار ودرجة حرارتها هي 37 °م؟

## مهمة 10

كم يبلغ محتوى الطاقة السنوي والموجود نظرياً في غاز الهاضم الناتج من محطة التثبيت اللاهوائي في محطة تنقية مياه عادمة ذات سعة تصميمية يبلغ مقدارها 15,000 نسة ولها المعلومات التشغيلية التالية:

| | |
|---|---|
| المقدار المعين من المادة الصلبة الجافة | 80 جرام مادة جافة/النسمة في اليوم |
| فاقــد الاشعال | 65 % |
| ناتج غاز الهاضم | 460 جرام غاز لكل كجرام مادة عضوية جافة |
| قيمة السعرات الحرارية | 5.85 كيلووات ساعة لكل متر مكعب |

## 5.4 تكييف وتكثيف وتخزين وتجفيف الحمأة

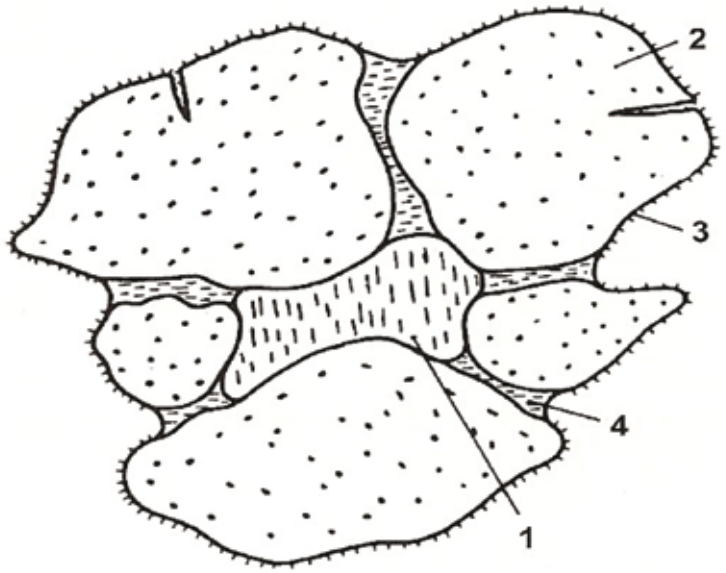
**إن إزالة الماء من الحمأة ومن ثم تقليل حجمها يمثل خطوة عملية مهمة في إطار معالجتها ومن ثم الاستفادة أو التخلص منها.**

**القسم أ**

### مهمة 1

الحمأة هي محلول يتكون من سوائل ومواد صلبة.

أ. سمي الأنواع المختلفة للماء "المحجوزة والملامسة للسطح، المياه الداخلية، المياه الشعرية، والمياه الواقعة بين شقين" بما يتناسب مع الأرقام من 1 إلى 4 والمبينة على الشكل التالي:




**شكل 1/5.4: أنواع المياه في الحمأة**

ب رتب أنواع الماء المختلفة طبقاً إلى قوة روابطها بكتل الحمأة من الأصغر الى الأكبر؟

### مهمة 2

وزع الأنواع التالية من الماء:

أ. المياه الداخلية

ب. المياه الشعرية

ج. المياه الواقعة بين شقين بما يناسبها من طرق الفصل التالية:

1. التكثيف 2. التجفيف الميكانيكي 3. الطاقة الحرارية

| أنواع الماء | طريقة الفصل |
|---|---|
| ا. المياه الداخلية | |
| ب. المياه الشعرية | |
| ج. المياه الواقعة بين شقين | |

## مهمة 3

يساعد تكييف الحمأة الى تحسين خصائص تجفيفها حيث تستخدم الملبدات الغير عضوية للتكييف.
أذكر:

أ. الصيغة الكيميائية للملبدات التالية:
كلوريد الحديد
كبريتات كلوريد الحديد
كبريتات الحديد
كبريتات الألومنيوم
الجير الذي لا يحتوي على ماء
الجير

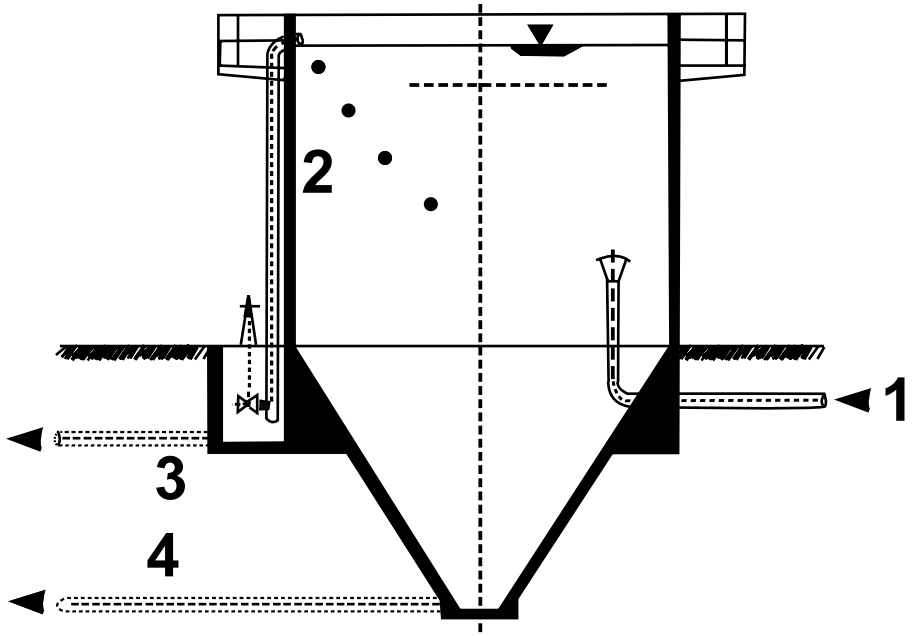
ب. إشرح العملية التي تحدث عند إضافة مركبات التكييف.

## مهمة 4

يحدث التكثيف الطبيعي للحمأة في المكثفات التي تستقبل الحمأة بشكل دفعات متقطعة أو بشكل مستمر.

ا. أذكر المناطق الخمسة للمكثف؟

ب. أذكر الأربع مرافق والمرقمة من 1 الى 4 في المقطع العرضي للمكثف المبين أدناه؟




**شكل 2/5.4: مقطع عرضي في مكثف حمأة ساكن**

## مهمة 5

أي من العمليات والمرافق التالية لا تنتمي الى عملية التكثيف:

ا. التكثيف في القادوس في مرحلة الترسيب الابتدائي
ب. أحواض الحمأة
ج. المكثفات الساكنة
د. التعويم
د. الطرد المركزي

## مهمة 6

أي من الطرق التالية ليست من طرق تكييف الحمأة:

ا. ترويق الحمأة
ب. إضافة الجير
ج. التسخين بدرجات حرارة عالية
د. استخدام الرماد
ه. حقن الهواء

## مهمة 7

ماذا يوجد في المكثف ذو التصرف المستمر من الأشياء التالية؟

ا. أسطوانة مفصل
ب. عصا للتحريك
ج. حجم للحمأة
د. مخارج متدرجة
ه. أنبوب لإزالة الحمأة المتكثفة

## مهمة 8

ما هو معدل زمن المكوث في المكثفات؟

ا. 5 – 10 أيام
ب. 3 أسابيع
ج. 1 – 2 يوم
د. شهر واحد
ه. نصف سنة

## مهمة 9

أي من الجمل التالية ينطبق على مركبات البولي الكتروليت؟

ا. مركبات البولي الكتروليت لا تغير قيمة تركيز عنصر الهيدروجين في الحمأة
ب. مركبات البولي الكتروليت تؤدي إلى انسداد في المواد المالئة للمرشحات
ج. مركبات البولي الكتروليت هي مركبات عضوية ذات وزن جزيئي كبير
د. مركبات البولي الكتروليت تؤدي إلى زيادة محتوى المواد الصلبة في الحمأة
ه. مركبات البولي الكتروليت يمكن استخدامها في عمليات التجفيف عند ضغط أعلى من 3.5 بار

## مهمة 10

إذا كان مقدار الحمأة المنتجة من محطة تنقية مياه عادمة ذات سعة تصميمية مقدارها 20,000 نسمة هو 2 لتر/الشخص في اليوم. كم هو حجم الحمأة بعد تكثيفها إذا ما تم تحقيق زيادة في محتوى المواد الصلبة من 2.5 % الى 4.5 %؟

## مهمة 11

إذا كانت الحمأة تزال من مكثف باستخدام أنبوب قطره 150 مليمتر فما هو حجم الحمأة المزالة في الساعة إذا كانت سرعتها في الأنبوب تساوي 80 سم/الثانية؟

## 6.4 الاستفادة والتخلص من الحمأة والمواد المتبقية

**تنتج الحمأة ومواد أخرى من عملية معالجة المياه العادمة وإن هذه المواد الناتجة يجب أن يتم التخلص منها بما ينسجم مع القوانين البيئية والمعايير المحددة.**

### مهمة 1

ما هي المواد المتبقية والتي لا يمكن تجنبها في:

ا. أنظمة الصرف الصحي
ب. محطات تنقية المياه العادمة

### مهمة 2

أذكر الامكانيات والمجالات المختلفة والتي من خلالها يمكن الاستفادة من الحمأة وأذكر الفوائد التي تتحقق بذلك؟

### مهمة 3

أذكر البراهين/ الأسباب للمزايا والعيوب المتعلقة بـ:

ا. استغلال الحمأة في الزراعة
ب. حرق الحمأة

### مهمة 4

ما هي الطريقة الأفضل اقتصادياً للتخلص من الحمأة على الأراضي الزراعية:

ا. نقل الحمأة الرطبة بعد عملية التكثيف
ب. إزالة الحمأة من أحواض الحمأة
ج. نشر الحمأة المجففة على الارض
د. نقل الحمأة بعد اجراء عملية الديبال
ه. إزالة الحمأة المجففة من حوض الفلتر المضغوط

### مهمة 5

ما هو جهاز توزيع سائل الحمأة المتكونة بكميات قليلة وذلك لاستغلالها في الزراعة؟

ا. بواسطة برميل السماد السائل ذو الموزع عند مخرجه
ب. بواسطة الأنابيب الثابتة
ج. بواسطة حاويات ذات معدات للتمييل
د. بواسطة مبعثر متعدد الأغراض
ه. بواسطة تراكتور ذو العربة المقطورة

## مهمة 6

محطة تنقية مياه عادمة ذات سعة تصميمية مقدارها 5,000 نسمة وتنتج كمية من الحمأة الرطبة مقدارها 0.5 م$^3$/النسمة في السنة وكثافتها = 1.05 كجرام/م$^3$. إذا كانت نسبة محتوى المواد الصلبة هو 4 % إحسب أقل مساحة مطلوبة بالهكتار عند استخدام تلك الحمأة في الزراعة إذا كان أقصى قيمة لنشر الحمأة حسب القانون المحلي هي 5 طن لكل ثلاث سنوات.

## مهمة 7

ما مقدار السعرات الحرارية المتوفرة في واحد كيلوجرام من الحمأة المجففة وذات محتوى مواد صلبة مقداره 40 %؟
استخدم القيم التالية:
مقدار السعرات الحرارية في 1 كجرام من المواد الصلبة هو 9,500 كيلو جول .
الطاقة اللازمة لتبخير 1 كجرام من الماء هو 3.0 ميجاجول.

## 5. أخذ العينات وإجراء القياسات وعمل التحاليل المخبرية لعينات المياه العادمة والحمأة

### 1.5 أخذ العينات

**إن فحص التراكيز والأحمال للمعايير المختلفة للمياه العادمة هو أمر ضروري ولا مفر منه للمراقبة والتحكم في مراحل التنقية المختلفة. ولهذا الغرض فإن أخذ العينات بطريقة صحيحة هو ضروري لصحة النتائج.**

**مهمة 1**

ان التخطيط المفصل والصحيح هو متطلب أساسي لأخذ العينات بطريقة صحيحة.

ا. ما هي الخصائص التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند التحضير لأخذ العينات؟

ب. ماذا يفهم من عبارة «العينة الممثلة»؟

**مهمة 2**

إن عينات المياه العادمة قد يختلف تركيبها وخصائصها بسبب حدوث العمليات البيولوجية والكيميائية والفيزيائية التي قد تحدث إذا لم يتم إجراء التحليل المخبري بعد جمع العينات مباشرة.

ا. أذكر أمثلة للتغيرات وأسبابها؟

ب. أذكر الاجراءات اللازمة لحفظ العينات بغرض قياس الفحوصات التالية:الأكسجين الحيوي الممتص ($BOD_5$) والأكسجين الكيميائي الممتص (COD) و النترات ($NO_3$-N)؟

ج. للفحوصات الثلاث التي ذكرت في "بند ب" أذكر نوع والمادة التي يصنع منها أوعية جمع العينات لاجراء تلك الفحوصات؟

**مهمة 3**

تخدم التحقيقات الذاتية لمراقبة محطات معالجة المياه العادمة الى رصد ومراقبة عمليات التشغيل.

أ. اذكر مجالين يشملهما الرصد الذاتي في محطات معالجة المياه العادمة؟

ب. الى ماذا يهدف نوع ونطاق التحقيقات؟

ج. ما هي مزايا ما يسمى بطرق التشغيل؟

**مهمة 4**

عند جمع العينات على فترات زمنية فانه يجب التمييز بين طرق جمع العينات وهي: العينات المتناسبة مع الزمن والمتناسبة مع التصرف والمتناسبة مع الحجم.

ا. إشرح هذه الطرق الثلاث؟

ب. بيِّن الاختلافات بين الطرق الثلاث مستعيناً بالرسم؟

## مهمة 5

عندما تقوم بجمع عينات مياه عادمة سيقوم شخص آخر بتحليلها فما هي المعلومات الغير ضروري تسجيلها على طابع عبوات جمع العينات:

ا. نوع العينة
ب. التاريخ
ج. زمن جمع االعينة
د. سبب جمع العينة
ه. إسم الشخص الذي جمع العينة

## مهمة 6

توصف المياه العادمة من خلال بعض الفحوصات المعينة التي لا يمكن حفظها و يجب قياسها عند أخذ العينات. أي من الفحوصات التالية ليست من هذه الفئة؟

ا. تركيز أيون الهيدروجين
ب. درجة الحرارة
ج. العكارة
د. المواد الصلبة الجافة
ه. تركيز الأكسجين

## مهمة 7

يُعتبر جهاز أخذ العينات بطريقة أوتوماتيكية مساعداً مهماً جداً للمراقبة المستمرة لمحطة تنقية المياه العادمة. أي من الأمور التالية لا يمثل جزءاً من جهاز أخذ العينات؟

أ. المفتاح الكهربائي
ب. التحكم في المفتاح الكهربائي
ج. المغرفة
د. وعاء الجمع
هـ. نظام التبريد

## مهمة 8

لتحديد الكفاءة الكلية لمحطة معالجة مياه عادمة ذات حجم يساوي 6000 م$^3$ تم تخطيط استعمال جهاز مزدوج لأخذ العينات في المدخل والمخرج للمحطة. في أي فترة زمنية يجب أخذ العينة المناسبة عند المخرج إذا كان تصرف المياه العادمة Q يساوي 120 لتر/الثانية وزمن المكوث العملي (الحقيقي) يساوي 79 % من الزمن النظري.

## مهمة 9

إذا كان يراد أخذ عينة لمياه عادمة بطريقة الغرف خلال فترة زمنية مقدارها ساعة واحدة.

ا. كم هي عدد مرات الغرف المسموح بها كحد أقصى في فترة الساعة؟
ب. كم هو حجم الغرفة الواحدة الذي يجب أخذها إذا كان حجم وعاء جمع العينة هو 20 لتر ومجموع حجوم الغرفات يمثل ثلاث أرباع حجم الوعاء الكلي؟ علماً أن سعات المغرفة المتوفرة هي 0.1 و 0.5 و 1 لتر.
ج. إذا كان يجب ملء وعاء سعته 2 لتر فما هي الإجراءات التي يجب مراعاتها عند عملية تعبئة الوعاء؟

## 2.5 القياسات والفحوصات المخبرية

**القسم أ**

### مهمة 1

صف مركبات وعناصر سلسلة القياسات المختلفة؟

### مهمة 2

أذكر المؤثرات المختلفة على دقة القياس؟

### مهمة 3

أوجد معدل قيمة الأيون الهيدروجيني للقراءات المقاسة أدناه والمسجلة خلال ساعة في تصرف مياه ثابت.

الساعة 10:00 - pH = 7.0
الساعة 10:10 - pH = 6.5
الساعة 10:20 - pH = 6.3
الساعة 10:30 - pH = 4.0
الساعة 10:40 - pH = 6.3
الساعة 10:50 - pH = 6.5

### مهمة 4

إن الأكسجين الحيوي الممتص ($BOD_5$) هو من أهم القياسات لتحديد كفاءة أداء محطات المياه العادمة فهو يحدد تركيز الملوثات العضوية باستخدام الكائنات الحية الدقيقة. عند تعيين قيمة الأكسجين الحيوي الممتص يجب الأخذ في الاعتبار عدة عوامل مختلفة وذلك للحصول على قيم صحيحة وذات معنى.

ا. أذكر الطرق المختلفة المستخدمة لقياس الأكسجين الحيوي الممتص ($BOD_5$)
ب. ما هي المتطلبات التي يجب أن تتوفر في مياه التخفيف حتى لا يحدث خطأ في قياس الأكسجين الحيوي الممتص ($BOD_5$)؟
ج. لماذا تضاف مادة الأليثيوريا (ATH) الى عينة المياه العادمة عند إجراء فحص الأكسجين الحيوي الممتص؟
د. إحسب قيمة ($BOD_5$) لعينة مياه عادمة تم فحصها باستخدام طريقة التخفيف إذا كان حجم العينة هو 20 مليلتر وأن قيمة الأكسجين المستهلك بعد 5 أيام هي 6.3 مليجرام/اللتر للعينة المخففة و 0.7 مليجرام/اللتر لمياه التخفيف؟

### مهمة 5

إن التعديل والمعايرة والتقويم هي من البنود الأساسية المهمة لتكنولوجيا القياس. توصف المعايرة بالآتي:

ا. ضبط قيمة المعيار لجهاز الفحص
ب. ملائمة جهاز القياس بمعايير محددة
ج. وضع مجموعة من الأوزان بواسطة مقياس الأوزان
د. تقليل أخطاء القياس
ه. ضبط نقطة الصفر لجهاز القياس

## مهمة 6

توجد أجهزة قياس تعمل بناءاً على نظام قياس فيزيوكيميائي واحد. هل هي أجهزة لقياس:

ا. الموصلية، قيمة الأيون الهيدروجيني، الأكسجين
ب. قيمة الأيون الهيدروجيني، الضغط، كمية المياه
ج. كمية الحمأه، الأكسجين الكيميائي الممتص (COD)، الأمونيوم
د. الأكسجين، الضغط، المواد الصلبة
ه. الأكسجين الحيوي الممتص ($BOD_5$)، الضغط، النترات

## مهمة 7

في أي الأسطر التالية تستخدم الطرق المذكورة لقياس السرعة بهدف قياس التدفق؟

ا. عداد قياس الحجم، المروحة، عداد قياس الهبوط
ب. (MID)، العوامة، الفنشوري
ج. الموجات الفوق صوتية (الألتراسونيك)، (MID)، الأجسام الطافية
د. عداد قياس الهبوط، الألتراسونيك، عداد الحجم
ه. الألتراسونيك، (MID)، عداد قياس الحجم

## مهمة 8

إن فحص عكارة الماء بسيط ويستخدم كفحص غير مباشر لمعرفة المتغيرات التي تحدث في المرحلة البيولوجية للمعالجة. أي من الجمل التالية عن قياس العكارة خاطئة؟

ا. إن قياس العكارة طبقاً لمبدأ الانعكاس يسمى طريقة الضوء المتشتت
ب. إن تلوث مجسات القياس لها تأثير على نتائج القياس
ج. باستخدام طريقة الضوء الممتص يتم أضعاف الشعاع المنطلق بواسطة المواد الصلبة المعلقة دون حدوث تلوين للمياه العادمة
د. يمكن قياس العكارة بواسطة امتصاص الضوء أو انعكاسه
ه. تتناسب قيمة العكارة مع مقدار المواد الصلبة المترسبة

## مهمة 9

احسب مقدار المواد الصلبة المتبقية والمتطايرة والثابتة لعينه حمأة مستخدماً القياسات التالية؟

ا. الوزن الفارغ للبوتقة = 27.18 جرام.
ب. وزن البوتقة وعينه الحمأة = 78.18 جرام.
ج. وزن البوتقة والمواد الصلبة المتبقية بعد عملية التبخير = 30.75 جرام.
د. وزن البوتقة والمتبقي بعد عملية الاشعال = 28.43 جرام.

**القسم ب**

## مهمة 1

في مجال المراقبة لوحدات تنقية المياه العادمه فإن قياسات جهاز الفوتوميتر لفحص المياه العادمة يستخدم كمعيار مرجعي.

ا. اشرح باختصار مبدأ القياس باستخدام جهاز الفوتوميتر؟

ب. اذكر المركبات المختلفة والتي تضاف في أنبوب فحص الأكسجين الكيميائي الممتص (COD) واذكر أيضا سبب إضافة هذه المواد؟

ج. اذكر الأسباب الممكنة لحدوث اختلافات كبيرة في القراءات المقاسة باستخدام جهاز الفوتوميتر؟

## مهمة 2

إن عملية المعايرة لجهاز قياس الايون الهيدروجيني تعنى تحديد الخصائص المحددة لمنحنى القياس وتصحيح أداء الجهاز.

ا. ما هي خصائص معايير مجس جهاز الايون الهيدروجيني وخصائص منحنى القياس والتي يجب أن تفحص وتصحح باستخدام المعايرة؟

ب. ما هي الإجراءات الواجب إتباعها عند عمل نقطتي معايره لجهاز قياس الايون الهيدروجيني؟

ج. في أي الحالات يتوجب عمل معايره لجهاز قياس الايون الهيدروجيني؟

## مهمة 3

يقاس تركيز الأكسجين في أحواض التهوية وذلك لتنظيم عملية نقل الأكسجين إلى الماء في الحوض وهي عملية مهمة من الناحية الفنية والاقتصادية.

ا. أي معيار أكسجين يقاس بواسطة المجس المغطى بغشاء والذي يتناسب بشكل مباشر مع الجريان في المجس؟

ب. من خلال أي تفاعل كيميائي يتحرك التيار المتولد في المجس؟

ج. عند قياس الأكسجين لماذا يجب أن تكون سرعة الماء بفعل المروحة عند مجس الأكسجين هي 0.3 م/الثانية؟

## مهمة 4

لتحضير عينه ميكروسكوبية في مجال الفحص الحيوي للمياه العادمة فإن معرفة استخدام جهاز الميكروسكوب والطريقة الصحيحة للتعامل معه هو متطلب ضروري.

ا. ما هي الصورة البصرية المتكونة بالميكروسكوب للعينة المفحوصة؟

ب. ما هي خطوات التكبير التي تتم بالميكروسكوب؟

ج. بالإضافة إلى مقدار التكبير ما هي الأشياء الأخرى التي تحدد كفاءة الميكروسكوب وما هي معايير الجهاز التي لها علاقة بذلك؟

د. أي معايير بصرية تتأثر بتغير فتحة الغشاء؟ واذكر ما هو التغيير الذي يحدث بتقليل فتحات الغشاء؟

ه. لأي فحص يكون إضاءة المجال الأسود مناسباً؟

## مهمة 5

إن قياس معايير الحمأة المختلفة يعتبر من بين النشاطات المعتادة التي يقوم بها عامل التشغيل في محطات تنقية المياه العادمة.

ا. ما هو الاختلاف بين المواد الصلبة الجافة والمواد الثابتة من حيث التعريف وطريقة القياس؟

ب. ما هي طريقة القياس التي تعطي المحتوى الكلي لمجموعة المركبات العضوية للحمأة؟

ج. صف خطوات حساب الكمية الحجميه للحمأة المنشطة؟

## مهمة 6

ما يتم عمله في مختبرات محطات تنقية المياه العادمة يعد من المهام اليومية لعمال التشغيل لذلك فإن التعامل مع المواد الخطرة وملامسه الكائنات الممرضة أمور لا يمكن تجنبها.

ا. ما هي معدات الوقاية الشخصية في محطات تنقية المياه العادمة؟
ب. اذكر التفاصيل والمعلومات التي يجب تسجيلها على المواد الخطرة عند تخزينها؟
ج. اشرح دلالات أو أسس السلامة العامة؟

## مهمة 7

من خلال العمليات الحيوية والكيميائية التي تحدث في محطات معالجة المياه العادمة فإن قياس الايون الهيدروجيني مهم ويدل على التحولات الحاصلة للمواد من خلال تلك العمليات مثل النترتة والتحليل اللاهوائي وغيرها

أي عبارة من العبارات التالية عن قياس الايون الهيدروجيني غير صحيحة؟

ا. يقاس للمحلول المائي فقط
ب. هو عملية كهروكيميائية
ج. يعتمد على درجة الحرارة
د. هو تسجيل لفرق الجهد بين المحلول والالكترودات المرجعية
ه. لا يتطلب معايره في حاله سلسله القياس أحادي القضيب

## مهمة 8

يساعد إجراء القياسات المستمرة للموصلية والايون الهيدروجيني إلى مراقبة محطات تنقية المياه العادمة ومعرفة أي تصرف للمواد الغير مرغوب فيها مثل الأحماض والقلويات والأملاح.

تمتلك قياسات الموصلية سلسله من الخصائص المعينة وهي :

ا. تقاس بوحدة $mS/cm^2$
ب. تزداد بزيادة عدد الجزئيات المشحونة المذابة
ج. هي عالية جداً في المحاليل السكرية ومحاليل المواد العضوية الأخرى
د. لا تعتمد على درجة الحرارة
ه. تقل قيمتها بانخفاض مقدارالمواد الصلبة المذابة

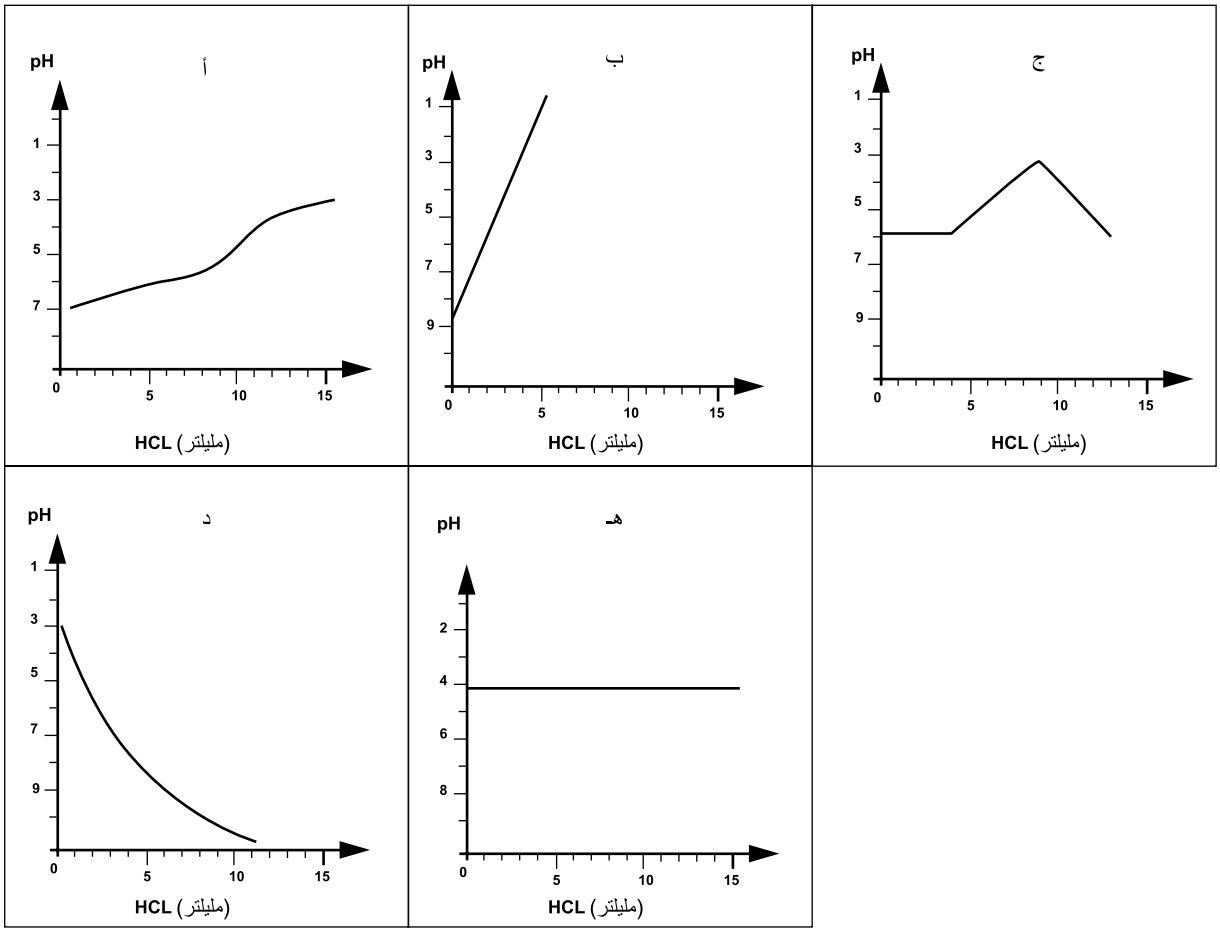
## مهمة 9

أي من الجمل التالية تنطبق على استخدام المجهر؟

ا. بتطبيق مجال إضاءة ساطع فإن تعريف الصورة يمكن أن يتغير نتيجة التعديل في الارتفاع المحدد للمكثف
ب. من الضروري استعمال إضاءة اقل في حالة استخدام طريقة إضاءة المجال المعتم
ج. يتم تحقيق أفضل تعريف للصورة بمجال إضاءة ساطع إذا ما وضعت فتحة الغشاء على أقل ارتفاع ممكن
د. في العـينات التي لها خاصية التـباين القليل فإن طريقة إضاءة المجال الساطع هي الأفضـل مقارنة مع طـرق الإضاءة الأخرى
ه. إن طريقة إضاءة المجال المعتم هي مناسبة للعينات التي تسمح بمرور إضاءة قليلة

## مهمة 10

أي من الأشكال التالية يبين المعايرة للسعة الحمضية للمياه العادمة البلدية.




**شكل 2/2.5: معايرة السعة الحمضية للمياه العادمة البلدية**

# قسم الحلول

**حلول الفصل الأول**

## أنواع و إنتاجيه وخصائص المياه العادمة

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

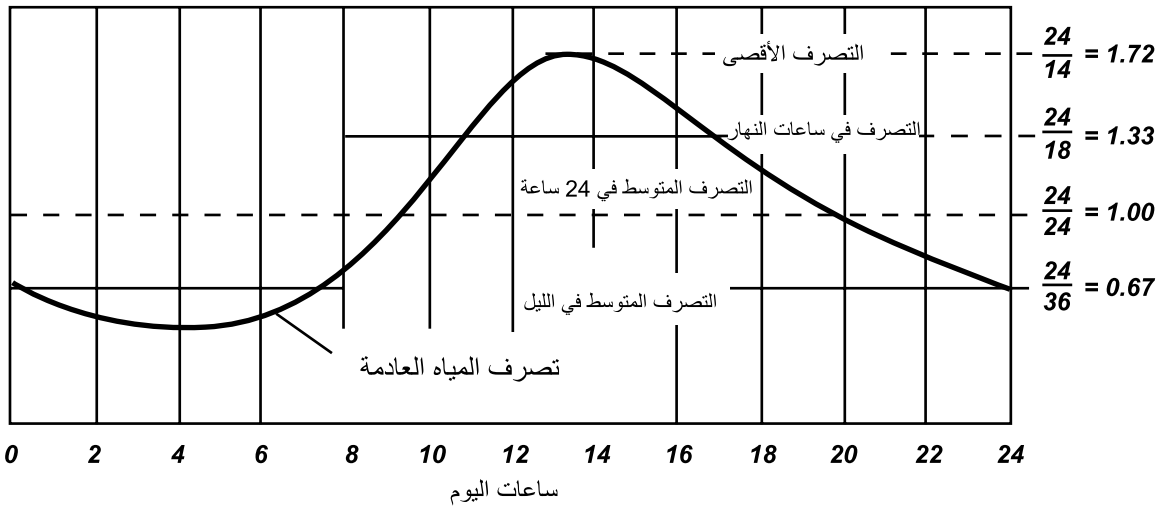
1. المياه العادمة المنزلية ($Q_d$):
   - مياه الغسيل
   - مياه الحمام
   - مياه الشطف
   - مياه المرحاض
2. المياه التجارية والصناعية ($Q_{c+i}$):
   - مياه الإنتاج
   - مياه التنظيف
   - مياه التبريد
3. المياه المتسربة ($Q_{inf}$):
   - مياه الصرف
4. مياه الأمطار($Q_r$):
   - مياه المطر
   - مياه الثلج الذائبة

**حل مهمة 2**

ا. 100 الى 120 لتر/النسمة في اليوم

ب.

**عوامل تصريف المياه العادمة**




**شكل 1/1 : التغيرات اليومية لتدفق المياه العادمة**

**حل مهمة 3**

1. المعايير العامة
   - الأكسجين الحيوي الممتص ($BOD_5$)
   - الأكسجين الكيميائي الممتص (COD)
   - مجموع الكربون العضوي (TOC)
2. المعايير الجماعية
   - الدهون والزيوت
   - المواد الكربوهيدراتية
   - الفينوال
   - المواد الهيدروكربونية
3. معايير مواد أحادية
   - النيتروجين
   - الأكسجين
   - ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$)
   - الفوسفور
   - الكبريت
4. معايير المواد المغذية
   - الفوسفات ($PO_4^{3-}$)
   - النترات ($NO_3^-$)

**حل مهمة 4**

- الأكسدة
- الاختزال
- الترسيب
- التخفيف

**حل مهمة 5**

ا. البول: $H_2N - CO - NH_4$

ب. $H_2N - CO - NH_4 + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$

ج. التحول إلى مركبات النشادر.

د. هذا التفاعل يعتمد على تركيز الايون الهيدروجيني.

عندما يكون تركيز الايون الهيدروجيني متعادلاً (حوالي 7) تكون ايونات الامونيوم هي السائدة في المياه العادمة. أما عندما يكون تركيز الايون الهيدروجيني اكبر من 11 تكون أيونات الامونيا فقط هي الموجودة.

**حل مهمة 6 :** (ب)

**حل مهمة 7:** (ج)

**حل مهمة 8 :** (ه)

**حل مهمة 9 :** (د)

**حل مهمة 10**

أ. س = 100 لتر/الثانية x 30 = 30 لتر/الثانية = 2592 م$^3$/اليوم
100

ب. - تؤدي إلى حدوث تخفيف كبير ويؤدي ذلك إلى انخفاض أداء المعالجة وبشكل خاص أداء إزالة النيتروجين
- تحميل هيدروليكي زائد وتقليل زمن المكوث وهذا شيء حرج لعملية الترسيب الثانوية بشكل خاص
- زيادة في مصاريف الطاقة
- زيادة في كميات التصرف للمياه العادمة

**حل مهمة 11**

ا. 21,000 إلى 24,000 م$^3$/اليوم
ب. 48,000 م$^3$/اليوم
ج. 210 إلى 240 لتر/الشخص في اليوم
د. بسبب كمية المياه المتدفق من مياه الرشح

**القسم ب**

**حل مهمة 1**: (ب)

**حل مهمة 2**: (ج)

**حل مهمة 3**: (ه)

**حل مهمة 4**: (د)

**حل مهمة 5** :

كمية الكربوهيدرات المذابة: (1 - 0.75) 110 x مليجرام/اللتر = 27.5 مليجرام/اللتر

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6CO_2 + 6\ H_2O$

لتر/المول 6 x 22.2 → 180 جرام/المول

x → 27.5 مليجرام/اللتر

x = 0.0275 جرام/اللتر x 6 x 22.4 لتر/المول = 20.5 مليلتر $CO_2$/اللتر
180 جرام/المول

20.5 مليلتر $CO_2$/اللتر x 0.85 = 17.4 مليلتر $CO_2$/اللتر

$$\frac{V_o XP_o}{T_o} = \frac{V_1 XP_1}{T_1}$$

$$V_1 = \frac{V_o xP_o xT_1}{T_o xP_1}$$

الحجم ( $V_1$) = 17.4 مليلتر $CO_2$/اللتر x 1,013 ملليبار x 293 درجة كيلفنت
273 درجة كيلفنت x 990 ملليبار

= 19.1 مليلتر $CO_2$/اللتر

## حلول الفصل 1.2

## أنظمة الصرف الصحي

### حل مهمة 1

ا. نظام الصرف الصحي المزدوج: تنصرف المياه العادمة ومياه المطر معاً في نظام صرف صحي واحد
نظام الصرف الصحي المنفصل: تتصرف المياه العادمة ومياه المطر في نظامين منفصلين للصرف الصحي

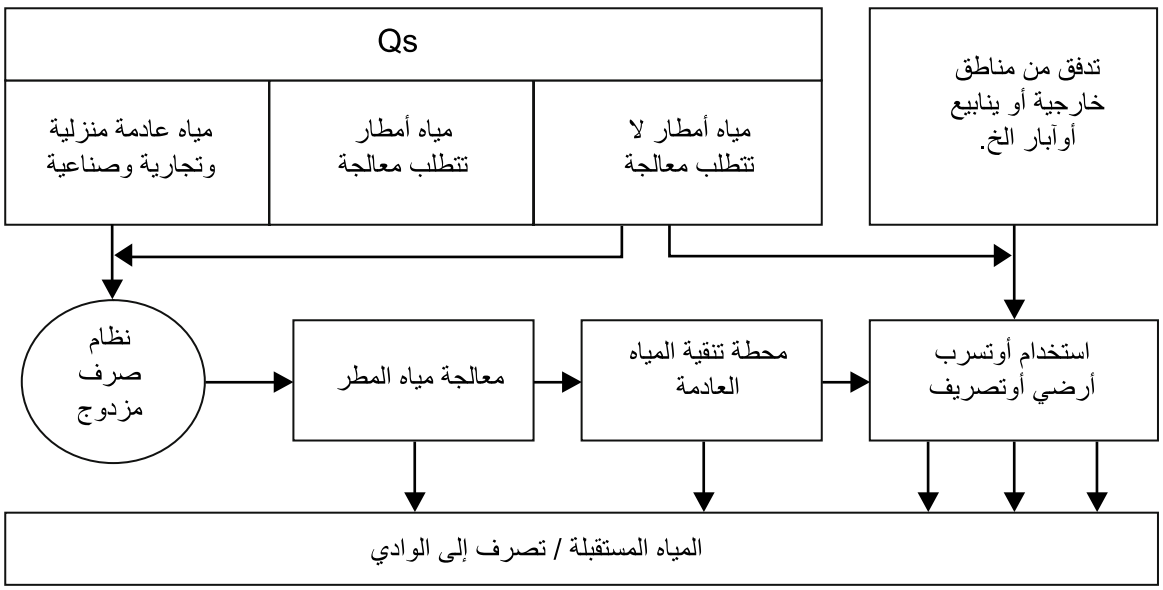
ب. مميزات نظام الصرف الصحي المزدوج:
- نظام صرف صحي واحد
- ينظف من الرواسب عند تدفق كميات المياه الكبيرة من المطر
- لا وجود لوصلات غير قانونية
- تكلفة التشغيل والصيانة منخفضة
- تكلفة التصريف من مناطق الملكية الخاصة منخفض

مميزات نظام الصرف الصحي المنفصل:
- تكون محطات تنقية المياه العادمة ومحطات الضخ أصغر مع وجود تغيرات قليله في عملية التشغيل
- تغيرات قليله في مقدار التصرف اليومي الى محطة التنقية
- مساحة مقطع انبوب الخط الرئيسي لنظام الصرف تكون صغيرة
- وجود إمكانيات أفضل لتوسيع نظام الصرف الصحي

### حل مهمة 2

ا. في نظام الصرف الصحي المعدل يتم تصريف مياه الأمطار الى نظام الصرف إذا كانت تحتاج إلى معالجة.
أما إذا كانت مياه الأمطار لا تحتاج إلى معالجة فيتم الاحتفاظ بها منفصلة عن نظام الصرف الصحي ويتم التخلص منها بتركها تتسرب في الأرض أو في المياه المستقبلة.

ب.




**شكل 1/2: التمثيل النمطي للتصرف في نظام الصرف الصحي**

**حل مهمة 3**

ا. مصرف المبنى أو المنزل هو أنبوب يمدد في الأرض وصولاً الى منهل المراقبة
ب. الأنبوب الهابط هو الأنبوب الذي تحدث من خلاله التهوية ويركب بشكل رأسي داخل المبنى
ج. هو خط الصرف من الشبكة العامة إلى حدود الملكية الخاصة أو الى أول منهل مراقبة في المبنى

**حل مهمة 4**

توضع أنابيب نظام الصرف الصحي المنفرد على أعماق أكبر من أنابيب نظام الصرف الصحي لمياه المطر حتى لا تختلط المياه المتسربة من النظام الأول الى النظام الثاني إذا ما حدث عطل ما وبذلك لا تتصرف المياه العادمة بدون معالجة الى المياه المستقبلة أو الى الوديان.

**حل مهمة 5**

ا. - لخدمة التوسع في المباني
- نقص في الميول المطلوبة
- التربة الأرضية غير مناسبة
- إذا كان سطح المياه الأرضية مرتفعاً
- تجنب تسرب المياه الأرضية
- إذا كان الإنشاء بسيطاً

ب. - شبكة مواسير مضغوطة
- وصلات مع مرافق توصيل لكل وصلة
- محطات رحض (أوتوماتيكية)

**حل مهمة 6**

أ. - التسرب من خلال أنبوب رئيسي
- التسرب من خلال مساحة سطحية
- التسرب من خلال الأنبوب
- التسرب من خلال الأحواض
- التسرب من خلال الخزانات

ب. - تقليل تصرف مياه الأمطار الى محطات معالجة المياه العادمة والمياه المستقبلة (تقليل الفيضان)
- شحن المياه الجوفية
- تقليل التصرف في أنابيب الصرف الصحي

**حل مهمة 7** : (أ)

**حل مهمة 8** : (ج)

## حلول الفصل 2.2

## المجـــــاري والمـــصارف

### القسم أ

**حل مهمة 1**

ا. - الأسمنت
- الخرسانة المسلحة
- الفخار المزجج
- البلاستيك
- الفولاذ وحديد الزهر

ب. الإجهادات الفيزيائية
- الاحتكاك بفعل المواد المترسبة
- تغير درجة حرارة الماء
- أحمال التربة وحركة السير

الإجهادات الكيمائية
- اثر الأحماض المتصرفة
- اثر القلويات المتصرفة
- اثر الغازات المتكونة مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت ($H_2S$)

**حل مهمة 2**

- ميل الانبوب في حاله الجريان بفعل الجاذبية ومقدار الضغط في حالة المواسير المضغوطة
- خصائص المادة وخشونة سطحها
- مساحة مقطع الانبوب
- وجود مرافق مثل المنهل والوصلات
- المحيط المبتل
- معدل الجريان

**حل مهمة 3**

- مقاومة للمحاليل الحمضية والقلوية
- مقاومة لجذور الأشجار
- لا تتأثر بالتغير في درجات الحرارة
- لا تتقادم
- لا تسمح بتسرب المياه
- مرنة عند التحرك بفعل الضغط في الانبوب

**حل مهمة 4**

توضع أماكن المناهل في شبكات الصرف الصحي كل 50 الى 70 متر بهدف:
- المراقبة
- التنظيف
- التهوية
- التغلب على فرق الارتفاع
- اخذ القياسات والعينات

**حل مهمة 5** : (ه)

**حل مهمة 6** : (ب)

**حل مهمة 7**

ا. ارتفاع قاع الانبوب = 40.55 م + $\frac{1}{400}$ x 65.0 م = 40.71 م

ب. طول الانبوب = (40.35 م – 40.25 م) x 550 = 55.0 م

ج. ميل الانبوب = $\frac{40.35 - 40.25}{55.0} = \frac{0.11}{55.0}$

= 1 : 500

**حل مهمة 10**

أ. الميل = $\frac{327.60 \text{ م} - 327.15 \text{ م}}{45.0 \text{ م}}$ x 1,000 ‰

= 10 ‰

ب. 10 ‰ = 10: 1000 ← 1 : 100

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

ا. التصرف (Q) = السرعة (V) X المساحة (A)
ب. السرعة الدنيا: ≤ 0.5 م / الثانية
حتى يتم تجنب الترسيب
السرعة القصوى: ≤ 6 - 8 م / الثانية
حتى يظل معدل حت المواسير بسبب وجود المواد الخشنة ضمن القيم المسموح بها

**حل مهمة 2**

ا. - الميثان ($CH_4$)
- كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$)
- سيانيد الهيدروجين (HCN)
- أبخره البنزين
ب. - تهوية كافية ( محتوى الأكسجين ≤ 17 % )
- تراكيز الأبخرة والغازات القابلة للاشتعال
- الغازات والأبخرة السامة

**حل مهمة 3**

ا. - معدل التصرف
- عمود الضغط
- مساحة مقطع الانبوب
- خشونة سطح مادة الانبوب
- طول الانبوب
- التجهيزات والوصلات
ب. يعنى ضغط التشغيل الأقصى والمسموح به
ويعني الضغط الاسمي 10: أن قيمة الضغط تساوي 10 بار عند درجة حرارة 20°م

**حل مهمة 4**

ا. - تمييل جوانب الخندق والتي تعتمد على نوع التربة وعمق الحفر.
- تبطين الخندق بألواح حديديه أو خشبية أفقية أو رأسيه (مثل ألواح Essen، و الألواح المختلفة ، حامل الألواح، العوارض الخشبية الحاملة).
ب. ابتداءاً من عمق 1.25 متر.

**حل مهمة 5 :** (د)

**حل مهمة 6 :** (د)

**حل مهمة 7 :** (أ)

**حل مهمة 8 :** (د)

**حل مهمة 9 :**

ا. التصرف (Q) = المساحة (A) X السرعة (V)

V = 1.2 م/الثانية x 3,600 ثانية/الساعة = 4,320 م/الساعة

Q = 0.8 م$^2$ x 4,320 م/الساعة = 4,563 م$^3$/ الساعة

ب. $A = \frac{Q}{V} = \frac{2,000 \text{ م}^3/\text{ الساعة}}{4,320 \text{ م/ الساعة}}$ = 0.46 م$^2$ < 0.8 م$^2$

يجب تقليل مساحة الأنبوب.

**حل مهمة 10 :**

ا. القطر الداخلي (d): 800 مليمتر

سمك الجدار: 100 مليمتر

القطر الخارجي(D) : 1000 مليمتر

ب. الكتلة (m) = الحجم (V) x الكثافة (ρ)

$= \frac{\pi}{4} \times ( d^2 - D^2 )$ x الطول x الكثافة

$= \frac{\pi}{4} \times (1.0^2 \text{ م}^2 - 0.8^2 \text{ م}^2)$ x 2.0 م x 2.5 طن/م$^3$

= 1.41 طن

**حلول الفصل 3.2**

## المضخات ومحطات الضخ

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

ا. - مضخات الطرد المركزي
- المضخات الحلزونية
- المضخات الحلزونية منحرفة المركز
- مضخات المكبس الدوار
- مضخات الغشاء المتردد
- مضخات البربيش
- مضخات عملاقه

ب. - العوازل المحورية
- صناديق الحشو
- المراوح
- جلبات حماية انبوب المحور
- أسطح الارتكاز

**حل مهمة 2**

ا. قوة الموتور (P) = $\frac{\text{التصرف (Q) x الارتفاع (H)}}{\text{الكفاءة } (\eta) \times 101.9}$

حيث : P قوة الموتور = الطاقة الكهربائية لمحرك المضخة بالكيوات (KW)
Q = التصرف المضخوخ ( لتر/الثانية)
H = ارتفاع الضخ الماتوميتري بالمتر
$\eta$ = مستوى الكفاءة
101.9 = ثابت التحويل (KW = 1,000 W وعجلة الجاذبية الأرضية = 9.81 م/الثانية$^2$)

ب. العمود المانوميتري هو فرق الارتفاع الاستاتيكي لمستويات الماء مضافاً عليه جميع الفواقد في خط الطرد.

**حل مهمة 3**

1. مضخة المكبس الدوار
2. مضخة البربيش
3. مضخة الغشاء
4. مضخة الطرد المركزي
5. مضخة حلزونية منحرفة المركز

**حل مهمة 4**

- كمية المياه المضخوخة
- مقدار عمود الرفع
- مستوى كفاءة المضخة
- مستوى كفاءة المحرك
- استهلاك الطاقة

**حل مهمة 5**

ا. الارتفاع النظري لعمود السحب الكلي هو 10.3 م.
ب. الارتفاع الممكن تحقيقه تكون قيمته من 6-8 متر.

**حل مهمة 6** : ( د)

**حل مهمة 7** : (ب)

**حل مهمة 8** : (أ)

**حل مهمة 9** :

الزمن (t) = 18.5دقيقة = 1110 ثانية
الحجم (V) = 750 لتر = 0.75 $م^3$

قوة محرك المضخة (P) = $\frac{H \times g \times \rho \times V}{t}$

$= \frac{0.75\ م^3 \times 1000\ كجرام/م^3 \times 9.81\ م/الثانية^2 \times 21.5\ م}{1110\ ثانية}$

= 142.51 وات ( كيلوجرام.$م^2$/$الثانية^3$)

الكفاءة $\eta$ = $\frac{الطاقة\ الخارجية\ P_{out}}{الطاقة\ الداخلة\ P_{in}}$

$= \frac{142.51\ وات}{250.0\ وات} = 0.57$

**حل مهمة 10**

1. الساعة 7:00 الى الساعة 9:30 ← 3 x 250 = 750 $م^3$ ← الزمن 2.5 ساعة
2. الساعة 9:30 الى الساعة 13:00 ← 2 x 250 = 500 $م^3$ ← الزمن 3.5 ساعة
   المجموع = 1,250 $م^3$ ← الزمن 6.0 ساعات
3. 2,400 $م^3$ – 1,250 $م^3$ = 1,150 $م^3$ متبقية يجب ضخها بعد 6 ساعات
   1,150 $م^3$ بمعدل 100 $م^3$/الساعة = 11.5 ساعة = 11 ساعة + 30 دقيقة
   11 ساعة + 30 دقيقة بعد الساعة 13:00 = 00:30
   زمن الضخ الكلي = 6 + 11.5 = 17.5 ساعة

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

| | | الحل | | |
|---|---|---|---|---|
| | الحالة / الموقف | أ | ب | ج |
| 1. | المضخة لا تعمل | x | | |
| 2. | لم تتم إزالة الفقاعات الهوائية بشكل كامل | x | | |
| 3. | صمام أنبوب الضغط مغلق | x | | |
| 4. | صمام أنبوب الشفط غير مفتوح بشكل كامل | | x | |
| 5. | بيلية المضخة غير صالحة | | | x |
| 6. | بيلية الماتور غير صالحة | | | x |
| 7. | أنبوب الضغط مغلق بالعوائق | x | | |

أ. المضخة لا تعمل
ب. التصرف المضخوخ منخفض جداً
ج. المضخة لا تعمل بانتظام ويصدر عنها ضجيجاً

**حل مهمة 2**

- تصرف اكبر في خط الطرد
- يقل مقدار مسار الاحتكاك في المضخة

**حل مهمة 3**

- إهتراء في مروحة الطرد المركزي (العنفة) (الانسداد في المضخة)
- احتباس هواء في الخطوط (المحرك الكهربائي)
- لا يتوفر ارتفاع ماء أدنى للمضخة

**حل مهمة 4**

عند هذه النقطة تحقق المضخة أفضل مستوى كفاءة وأفضل معدل تدفق واقل فاقد وأفضل تشغيل سلس وآمن وبذلك تتوفر كل الظروف لضمان أن تكون أعمال الصيانة على فترات متباعدة.

**حل مهمة 5** : (ه)

**حل مهمة 6** : (ج)

**حل مهمة 7** : (ج)

**حل مهمة 8** : (أ)

**حل مهمة 9**

$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{120 \text{ ملم}}{100 \text{ ملم}} = 1.2$

$I = GR \times i = 20 \times 1.2 = 24$ (GR = نسبة ناقل الحركة)

عدد الدورات = $\frac{1,300}{24}$ دوره في الدقيقة = 54 دورة في الدقيقة

**حل مهمة 10**

أ. قوة محرك المضخة $(P) = \frac{H \times g \times \rho \times Q}{1,000}$

$= \frac{0.026 \text{ م}^3 \times 1000 \text{ كجرام/م}^3 \times 9.81 \text{ م/الثانية}^2 \times 84.5 \text{ م}}{1000 \text{ وات/الكيلووات}}$

= 21.55 كيلووات

$\eta = \eta_M \times \eta_P$

$= 0.75 \times 0.90 = 0.675$

$P_m = \frac{P_Q}{\eta} = \frac{21.55}{0.675} = 31.93$ كيلووات

ب. المساحة (A) = $\frac{\text{التصرف (Q)}}{\text{السرعة (V)}} = \frac{0.026 \text{ م}^3/\text{ث}}{2.4 \text{ م/ث}} = 0.0108 \text{ م}^2$

قطر الانبوب = $\sqrt{\frac{4 \times A}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0108}{\Pi}}$

قطر الانبوب = 0.117 م

نختار انبوب بقطر 125 ملم

## حلول الفصل 4.2

### تشغيل أنظمة الصرف الصحي

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

- المراقبة تعادل الفحص وهو تحديد الوضع الحقيقي
- الخدمة تعادل التنظيف وهذا يعني المحافظة على الوضع كما كان عند بداية التشغيل
- إصلاح العطل يعادل الصيانة وهذا يعني المحافظة على الوضع كما كان عند بداية التشغيل

**حل مهمة 2**

ا. 1 . طرق بصرية (نوعية)
فحص بالدائرة التلفزيونية
الفحص بالمرآة
الفحص المرئي (فقط للأنابيب ≤ 1000 مليمتر)
2. إجراءات القياس ( كمية )
فحص احكام الإغلاق والعزل
فحص الدخان
فحص الماء المضغوط
فحص الهواء المضغوط

ب. – ترسبات ( نمو الجذور الى الداخل)
- تسربات ( شقوق وخلل في المواد العازلة)
- مواد مترسبة
- تأكل
- تأكل في طبقة الطلاء
- عطل في الوصلات

**حل مهمة 3**

| العيب أو العطل | التأثيرات |
|---|---|
| وصلات فيها عطل في نظام الصرف المنفصل: مياه المطر تدخل وتختلط بالمياه العادمة | تحميل زائد لأنظمة الصرف الصحي ومحطات التنقية |
| وصلات فيها عطل في نظام الصرف المنفصل : المياه العادمة تدخل وتختلط بمياه الأمطار | تصريف مياه غير معالجة الى المياه المستقبلة او الوديان |
| تسربات بدون دخول لمواد التربة | تحميل زائد لأنظمة الصرف الصحي ومحطات التنقية، ترسبات، غمر خلفي، تسديد، تكوين فراغات في جسم الطريق |
| تسرب مياه الأمطار مع دخول لمواد التربة | صغر مساحة مقطع الانبوب وحدوث انسداد |
| ترسبات | صغر مساحة مقطع الانبوب وحدوث انسداد |
| دخول جذور الأشجار | صغر مساحة مقطع الانبوب وحدوث انسداد |
| غزو الفئران | دخول لمواد التربة وتكوين فجوات في التربة و حدوث ترسبات وحدوث انسداد |
| تمزق في الأنابيب (شقوق وتكسير) | لا تستطيع الانابيب القيام بوظيفتها مع حدوث غمر خلفي وحدوث هبوط في المباني |

**حل مهمة 4**

ا. الغشاء البكتيري هو نمو للبكتيريا والفطريات الملتصقة بجدار انبوب الصرف الصحي ويكون هذا الغشاء ملامساً بشكل مباشر مع المياه العادمة

ب. يحمي هذا الغشاء الانبوب من المواد الضارة الموجودة في المياه العادمة قد يساعد الغشاء أيضا من التحقق من بعض المواد المترسبة عليه والتي من خلالها يمكن اكتشاف الوصلات الغير قانونية

**حل مهمة 5**

يجب وجود هوايات عند النقاط المرتفعة في الخطوط المضغوطة حيث يتجمع الهواء والغازات المحمولة والمتكونة في المياه العادمة عند هذه النقاط وتؤدي الى اختناق في مقطع الانبوب والذي يتسبب في انخفاض خطير في سعتها.

**حل مهمة 6**

ينفخ الدخان تحت ضغط منخفض في مقطع مغلق من نظام الصرف الصحي ويدخل الدخان المنتشر الى الأنابيب المتصلة وبذلك يتم ملاحظة تلك الوصلات الغير قانونية ويتم توثيقها بالصور.

**حل مهمة 7**

- ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$)
- كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$)
- الميثان ($CH_4$)
- المعادن الثقيلة
- الزرنيخ
- المذيبات العضوية
- المواد المشعة

**حل مهمة 8**

- ملابس عازلة للماء
- خوذ حماية
- أحذية واقية
- قفازات حماية
- أجهزة اكتشاف الغازات
- احزمة انقاذ
- مرجل ثلاثي القوائم
- أجهزة إنقاذ لا تتأثر بالهواء المحيط
- تليفون محمول

**حل مهمة 9 : (د)**

**حل مهمة 10 : (ب)**

**حل مهمة 11 : (ب)**

**حل مهمة 12 : (د)**

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

العمليات العادية التي يجب تطبقها عند تنظيف أنظمة الصرف الصحي هي:
- الغسيل بالمنفث
- تجميع المواد الناتجة عن الرحض
- تدفق عالي الضغط
- طرق ميكانيكية مثل معدات قطع الجذور والونشات
- عمليات خاصة مثل الحفارات ومعدات القطع

**حل مهمة 2**

المرحلة الأولى : إن تدفق نفاثات الماء والتي تخرج بشكل محوري في اتجاه الخلف (30 الى 40˚) تجبر المواد المتفككة للتدفق في اتجاه معاكس للتصرف. يستخدم لهذا الغرض بربيش بطول أقصى 120 متر وخزان ماء سعته من 6 إلى 12 م$^3$ وضغط من 80 إلى 150 بار.

المرحلة الثانية : عند حدوث الاندفاع العكسي فإن المواد المتفككة تتدفق في اتجاه المنهل ومن هناك يتم شفطها باستخدام معدات الشفط.

**حل مهمة 3**

باستخدام سيارة الشفط يتم شفط المواد المتجمعة المختلطة بالماء حيث يمكن شفط تلك المواد الى ارتفاع يصل الى 8 متر كحد أقصى باستخدام ضغط الهواء العادي.

**حل مهمة 4**

- أزل الماء بشكل كامل من المصيدة
- إزالة الدهون باستخدام المجرفة أو الشفط
- نظف المصيدة واملأها بالماء
- تخلص من المواد بطريقة صحيحة

**حل مهمة 5**

ا. خذ مساحيق التنظيف من الأوعية المخصصة لذلك فقط
ب. استخدم المناشف لمرة واحده (مثل مناشف الورق)
ج. أبقى ملابس العمل مفصولة عن الملابس العادية ولا تقم بزيارة أماكن الأكل والشرب وأنت ترتدي ملابس العمل المتسخة.
د. لا تأكل أو تشرب أو تدخن خلال العمل

**حل مهمة 6**

ا. تسكن الفئران بشكل رئيسي في الأماكن التي تتواجد فيها كميات كافية من الطعام والتي يمكن فيها بناء جحور أو ملاجئ
ب. مكافحة الفئران من خلال استخدام السموم. وحتى لا يحصل مناعة للفئران يجب تغيير هذه السموم من حين لآخر كما يجب تعميم إجراءات مكافحة الفئران على مكاتب الصحة العامة والبلدية.

**حل مهمة 7** : (د)

**حل مهمة 8** : (ج)

**حل مهمة 9** : (أ)

**حل مهمة 10** : (ه)

**القسم ج**

**حل مهمة 1**

- وصلات المواسير المسربة للماء
- وصلات المناهل المسربة للماء
- الوصلات المنزلية الغير صحيحة
- المحابس البوابة المتعطلة
- الأعطال في السيفونات
- الأعطال في مخارج شبكه تصريف مياه الأمطار
- الأعطال في أنظمة الصرف الصحي
- الترسبات
- اختراق جذور النباتات

**حل مهمة 2**

- تسجيل حالة المنشآت والتقييم الدقيق للنظام
- عمل تفتيش للمكان بالنظر وتسجيل المعايير المحيطة مثل الوصول الى الخطوط والطرق والمرور والضجيج والروائح
- مراقبة قوانين تجنب الحوادث
- اختيار معدات التنظيف
- تحديد وقت الإنشاء
- التوثيق مثل تسجيل الفيديو

**حل مهمة 3**

- رقم الخطوط
- رقم المقطع
- رقم منهل البداية
- رقم منهل النهاية
- رقم الشارع
- منطقة التصريف
- المالك
- رقم وإسم محطة تنقية المياه العادمة
- منطقة الفيضان
- نوع الشبكة
- نظام الصرف
- الموقع في منطقة المرور
- المكان في عمارة المشهد
- سنة الإنشاء
- طول المقطع
- عمق منهل البداية
- يوم إجراء التفتيش
- اتجاه التفتيش
- رقم الفيديو

**حل مهمة 4**

ا. - مقاطع خطوط الشبكة
- المناهل
- الوصلات المنزلية
- المنشآت الخاصة

ب. - المكان
- المعلومات الهندسية
- سنة الإنشاء
- الوظيفة
- التصميم الإنشائي

**حل مهمة 5**

أ. - ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$)
- كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$)

ب. - $CO_2$: عدم وجود ادراك حسي لثاني أكسيد الكربون (ليس له رائحة)
- $H_2S$: يسبب شلل للعصبين الشميين

**حل مهمة 6**: (ب)

**حل مهمة 7**: (ب)

**حل مهمة 8**: (د)

**حل مهمة 9**: (د)

**حل مهمة 10**: (ه)

## حلول الفصل 1.3

### رسم بياني لكمية التدفق في أنظمة معالجة المياه العادمة

**حل مهمة 1**

1. معدل التدفق في المصفاة صغيراً جداً: 0.8 م/ الثانية بدل 0.8 م/ الساعة
2. الحمأة من الترسيب الابتدائي الى الهاضم بدلاً من الحمأه المتحللة الى الهاضم
3. عمق حوض الترسيب الابتدائي صغير جداً عندما يساوي 1.45 م
4. مادة الترسيب غير صحيحة: ($FeCL_3$) بدلاً من (NaOH)
5. قيم المحلول المخلوط للمواد الصلبة (MLSS) في الحمأة الزائدة غير صحيحة: 70جرام/اللتر بدلاً من 3.5 جرام/ اللتر
6. قيمة المواد الصلبة الجافة غير صحيحة: 0.1 كجرام/كجرام في اليوم بدلاً من 0.16
7. الحمأة الزائدة لا يتم تحويلها الى مدخل حوض التهوية ولكن يكون تحويلها الى الهاضم أو إلى مدخل حوض الترسيب الابتدائي
8. قياس الموصلية في خط الحمأه المعادة ليس له فائدة
9. برك الصقل بعمق 9 متر تكون عميقة جداً
10. تركيز $NH_4$-N والذي يساوي 15 مليجرام/اللتر لا يمكن أن يكون اكبر من تركيز $N_{tot}$ والمساوى 10 مليجرام/اللتر

**حل مهمة 2**

1. المساحة السطحية لغرفة الرمال كبير جداً: 3.6 م$^2$ بدلا من 5.6 م$^2$.
2. لا تحدث إزالة للحمأه الابتدائية من حوض الإمهوف إلى حوض تخزين الحمأه ولكن تحدث إزالة للحمأه المتحللة.
3. زمن التحلل في حوض الإمهوف كبير جداً: 53 يوم بدلاً من 90 يوم.
4. ارتفاع المرشح الحيوي هو 3.45 م بدلاً من 4.5 م.
5. المياه المعادة والتي يتم تغذية محطة ضح المرشح الحيوي بها لا تكون من الحمأه الزائدة بل تكون من المياه الخارجة من حوض الترسيب النهائي.

## حلول الفصل 2.3

### المصافي والمناخل

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

ا. 1 - مصافي تنظف يدوياً: مصافي خشنه للحماية
2 - مصافي تنظيف ميكانيكياً ( مصافي أوتوماتيكية) وتنقسم إلى:
1.2 - مصافي في اتجاه التدفق مثل المصافي ذات القضبان المنحنية والمصافي المتسلقة
2.2 - مصافي في اتجاه معاكس لاتجاه التدفق مثل المصافي الرأسية

ب. 1 - مناهل الصيد والغسيل
2 - المناخل الدورانية

ج. معدل التصرف في قناة المصافي : > 0.5 م/الثانية حتى لا يترسب الرمل
معدل التصرف بين قضبان المصفاة : < 2.0 م/الثانية حتى لا تندفع المواد الصلبة الخشنة وتمر من بين القضبان

**حل مهمة 2**

1. المسير
2. الجنزير
3. أنبوب مائل لتصريف المواد المحجوزة
4. المجرد
5. قضبان المصفاة
6. شبكة المصفاة

**حل مهمة 3**

1. تبدأ عملية تنظيف المصفاة إذا ما تم تجاوز الارتفاع الثابت والمحدد أمام قضبان المصفاة
2. يعمل نظام التحكم بفرق مستوى المياه لتحقيق المتطلبات معتمداً على درجة تجمع المواد عند قضبان المصفاة. وخلافاً إلى التحكم بالموقت فإنه يتم تجنب التشغيل الغير ضروري والمشاكل الناتجة من التحميل الزائد

**حل مهمة 4**

1. الطقس: الحماية من زيادة الصدأ وحدوث التجمد
2. الحيوانات الضارة: مكافحة الحيوانات الضارة مثل الفئران في نظام الصرف الصحي
3. انبعاث الغازات : تقليل المضايقات الناتجة من الروائح المنبعثة

**حل مهمة 5**

تكون سرعة الجريان في هذه المنطقة صغيرة جداً بسبب القياسات الغير صحيحة لأبعاد المصفاة أو بسبب كثرة القضبان وصغر المسافة بينها.

**حل مهمة 6**

- تقليل الحجم من خلال غسل المواد العضوية الملتصقة
- تقليل انبعاثات الرائحة في محطة الحرق
- لتوفير مواد عضوية إضافية لمراحل التنقية التالية مثل مرحلة اختزال النيتروجين والتحلل اللاهوائي

**حل مهمة 7**: (د)

**حل مهمة 8**: (ب)

**حل مهمة 9:** (ج)

**حل مهمة 10**

ا. س = 432,000 لتر/السنة / 48,000 نسمة = 9.0 لتر/النسمة في السنة

ب. في المعتاد تكون القيمة من 2 - 15 لتر/النسمة في السنة

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

ا. غرفة الرمال: رمل أقل

ب. حوض الترسيب الابتدائي: مواد مترسبة أقل
مواد طافية أقل

ج. حوض التهوية الحيوي: مواد عضوية كربونية اقل لعملية اختزال النيتروجين
حماية اكبر لمعدات التهوية

د. الهاضم: كمية حمأة اقل من حوض الترسيب الابتدائي
كمية حمأة طافية اقل وبذلك يتوفر فرصة استغلال أفضل للحمأة المتحللة في الزراعة

**حل مهمة 2**

- عمل ترتيبات للخلط الاضطراري
- إنشاء مصفاة إضافية أو ممر جانبي للمصفاة

**حل مهمة 3**

- المسافة بين قضبان المصفاة أو مساحة فتحات المنخل
- مقدار تجمع المواد المحجوزة
- شكل المصفاة أو المنخل
- تكرار عدد مرات التنظيف
- سرعة التصرف
- مقدار التصرف

**حل مهمة 4**

- تخزين المواد المصفاة في غرفة مغلقة تحتوي على نظام للتهوية
- نقل المواد المصفاة بشكل منتظم ومتكرر الى مكان التخلص منها
- إضافة مادة التباشير الى المواد المصفاة أو المواد المتناثرة حول المصفاة

**حل مهمة 5**

- مراقبة الأداء
- تشحيم الأجزاء المتحركة
- فحص مستوى الزيت
- تنظيف المواد المتناثرة

**حل مهمة 6** : (ه)

**حل مهمة 7**: (ج)

**حل مهمة 8**: (ج)

**حل مهمة 9**

المعدل الشهري = المجموع من يناير الى ديسمبر = 16.0 طن/الشهر
12 شهراً

القيمة الدنيا: 9.9 طن

القيمة القصوى: 20.4 طن

**حل مهمة 10**

حجم المواد المصفاة في السنة = 21.5 لتر/النسمة في السنة x 8,000 نسمه = 172,000 لتر/السنة
= 1720م$^3$/السنة

وزن المواد المصفاة في السنة = 172.0 م$^3$/السنة x 0.7 طن/م$^3$
= 120.4 طن/السنة

**حلول الفصل 3.3**

## غرف الرمال ومصائد الدهون

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

- غرف حبيبات مسطحة (مثل الغرف الطولية والمستطيلة): أُفقية
- غرف حبيبات دائرية: أفقية وحلزونية الشكل
- غرف حبيبات عميقة: رأسية
- غرف حبيبات مهواه: حلزونية الشكل

**حل مهمة 2**

ا. كنتيجة للدوران المتزن للماء والهواء فإن عملية الفصل تتأثر بشكل طفيف ويمكن إهماله في التصرفات المختلفة للمياه (الليل، خلال النهار، مع المطر)

ب. وذلك للخشية من أن الأكسجين في حالة استخدام نظام التهوية قد ينتقل الى المرحلة المبكرة لاختزال النيتروجين وبذلك تقل كفاءتها

**حل مهمة 3**

- السرعة الطولية: من خلال قياس الزمن الذي يقطعه جسم طافي (فحص الفلين)
- السرعة الدورانية: باستخدام مبدأ عمل المروحة

**حل مهمة 4**

- بواسطة قياس فاقد الاشعال (IL) للمواد المحجوزة
- بواسطة تحديد جزء الرمل الموجود في حمأة حوض الترسيب الابتدائي باستخدام فحص الترسيب المخروطي

**حل مهمة 5:** (أ)

**حل مهمة 6:** (ب)

**حل مهمة 7**: (د)

**حل مهمة 8**

ا. Q = الحجم (V)، Q = المساحة الأفقية x السرعة الرأسية ($q_A$)
الزمن (t)

Q = الحجم (الطول x العرض x العمق) = الطول x العرض x $q_A$
الزمن (t)

= 0.4 سم/الثانية x 15 دقيقة x 60 ثانية/الدقيقة.

= 360 سم = 3.6 م

ب. المساحة الأفقية $A_o$ = $\frac{Q}{q_A}$ = $\frac{0.200 \text{ م}^3/\text{الثانية}}{0.004 \text{ م/الثانية}}$ = 50 $\text{م}^2$

**حل مهمة 9**

أ.

4 لتر/(نسمة.سنة) x 1.23 كجرام اللتر = 4.92 كجرام/(نسمة.السنة) (الخليط)

(0.4-1) لتر x 4 لتر/(نسمة.سنة) x 1.0 كجرام/اللتر = 2.4 كجرام/(نسبة.سنة) (جزء الماء)
1.6 لتر/(نسمة.سنة) = 2.56 كجرام/(نسبة.سنة) (جزء الماء)

(1-0.32 ) لتر x 1.6 لتر/(نسمة.سنة) x 1.8 كجرام/اللتر = 1.96 كجرام/(نسمة.سنة) (رمل)
0.51 لتر/(نسمة.سنة) = 0.56 كجرام/(نسمة.سنة) (مواد صلبه عضوية)

المحجوز = 0.56 كجرام مواد عضوية/(نسمة.سنة) x (0.32–0.04) = 0.157 كجرام/(نسمة.سنة)
= 0.157 x 20.000 نسمه = 3.140 كجرام مواد صلبه عضوية/السنة = 3.14 طن/نسمة في السنة

ب. كثافة المواد العضوية (ρ) = 0.56 كجرام مواد صلبه عضوية/(نسمة.سنة) = 1.1 كجرام/اللتر
0.51 لتر/(نسمة.سنة)

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

- حوض فيه خليط الرمل والماء
- له مستوى مائل
- له قشاطة مختلفة المركز
- حاوية للرمل النظيف

**حل مهمة 2**

إذا لم يتم معايره الهواء المنقول الى غرفة الرمال بعد تركيب جهاز تهوية ذو قدره اكبر فسيؤدي ذلك الى زيادة الاضطرابات في الحوض وبذلك تقل كمية الرمل المحجوزة

**حل مهمة 3**

ا. - تزويد قشاطة الحمأة في حوض الترسيب الابتدائي بشفرات لإزالة الحمأة الطافية ودفعها إلى قناة تجميعها
- تركيب مصيدة رمال مهواة
- الجمع بين الإجرائيين المذكورين أعلاه

ب. - تمر وتسبب الانسداد في الأنابيب والمحابس ومعدات التهوية وغيرها
- تعطيل وإرباك عمليه التنقية الحيوية
- تعطيل وإرباك عملية ترسيب الحمأة
- تعطيل وإرباك عملية التحلل بسبب الزيوت المعدنية والدهون

ج. - يمكن إضافة جرعات من الزيوت العضوية والدهون الى الهاضم الحيوي وهذا يساعد إلى زيادة الغاز المنتج
- إذا لم يوجد هاضم حيوي في المحطة يمكن التخلص من تلك المواد مع المواد المحجوزة على المصافي
- يجب التخلص من الزيوت المعدنية بشكل منفصل

**حل مهمة 4**

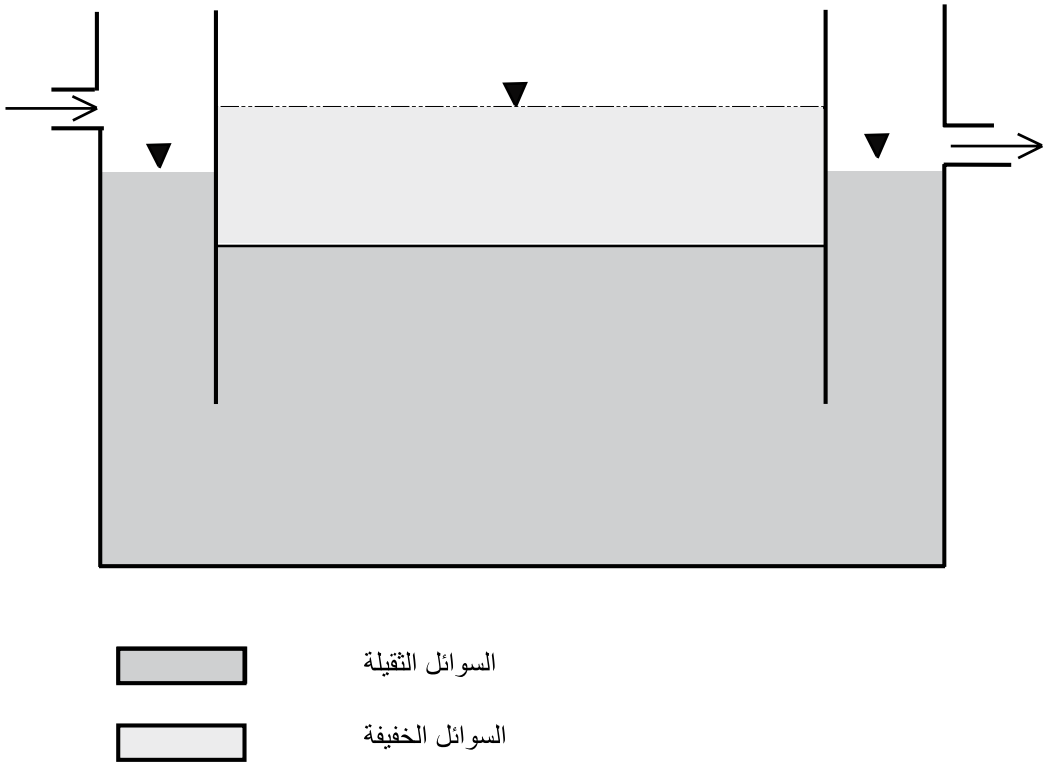
ا. حجم الرمال الأكبر من 0.1 الى 0.2 مليمتر
ب. السرعة هي 30 سنتمتر / الثانية

**حل مهمة 5**: (ه)

**حل مهمة 6**: (ج)

**حل مهمة 7**: (ج)

**حل مهمة 8**




**شكل 1/3.3: مخطط نظام فصل المواد قليلة الكثافة**

بعد الانتهاء من عملية التفريغ يجب الأخذ في الاعتبار إعادة ملئ مصيدة الدهون بشكل فوري على أن يكون مستوى سطح الماء أعلى من مستوى لوح احتجاز المواد الطافية وذلك لكي نتجنب خروج هذه المواد من المصيدة.

**حل مهمة 9**

ا. الحجم (V) = مساحة المقطع ($A_o$) x الطول (L)

= $(0.1 \times 0.8) + (0.3 + 0.8)/2 \times 0.5) \times 25 = 8.875$ م$^3$

زمن المكوث $(T) = \frac{V}{Q} = \frac{8.875 \text{ م}^3}{648 \text{ م}^3/\text{الثانية}} = 0.014$ دقيقة

ب. السرعة السطحية $(q_A) = Q / A_o = \frac{648 \text{ م}^3/\text{ الساعة}}{25 \text{ م} \times 0.8 \text{ م}} = 32.4$ م/الساعة

ج. السرعة الطولية (v) = $A/Q = 0.180$ م$^3$/الثانية = 0.51 م/الثانية

د. تقليل السرعة الطولية الى 0.3 م/الثانية من خلال:
- تركيب لوح صد عند المخرج
- زيادة مساحة مقطع غرفة الرمال
- إنشاء غرفة رمال ثانية
- وضع قناة فنشوري في اتجاه مجرى التدفق

**حلول الفصل 3.4**

## أحواض الترسيب الأولية / الابتدائية

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

ا. ( 1)، ب. (7) ، ج. (9)، د. (4)، ه. (11)

**حل مهمة 2**

ا. مزايا حوض الترسيب المستطيل مقارنه بالدائري:
1. يتطلب مساحة اقل
2. له مزايا هيدروليكية (التصرف عند المخرج متساوي في حين أن الحوض الدائري يعطي تصرف غير متساوي)

عيوب حوض الترسيب المستطيل مقارنة بالدائري
1. لا تستخدم القشاطات استخداماً ملائماً عند استخدام قشاطات الشفرات
2. وجود ترتيبات مختلفة لمرفق المخرج
3. لا يتم التخلص من الحمأه بشكل مستمر

ب. - الأحواض المستطيلة: ← قشاطات الحمأة
← القشاطات الطائرة
- الأحواض الدائرية: ← قشاطات الحمأة

**حل مهمة 3**

1. تشحيم أسطح الارتكاز وفحص مستويات الزيوت
2. فحص المقشدة المطاطية والبكرات المتدحرجة وكوابل الرفع في قشاطه الحمأة
3. الحفاظ على سكة القشاطة نظيفة من المعيقات

**حل مهمة 4**

- التحميل الهيدروليكي الزائد (مثل زمن مكوث قليل، معدل تصرف عالي)
- تعطيل أو إرباك عملية فصل الحمأة (عطل في مكونات القشاطة)
- توزيع غير متساوي للمياه العادمة في الحو.
- تيارات الكثافة (تدفق مياه مطر، تكثيف مياه محتويه على أملاح)
- تدفق عالي عند مرفق المخرج

**حل مهمة 5** (د)

**حل مهمة 6** (ه)

**حل مهمة 7**

أ. حجم الحوض = المساحة السطحية ($A_o$) X العمق (D) = التصرف (Q) X الزمن (t)

$A_o = \frac{t \times Q}{D}$ = $\frac{75\ م^3/الساعة \times 1\ ساعة}{3\ م}$ = 250 $م^2$

عرض الحوض = $\frac{A_o}{طول\ الحوض\ (L)}$ = $\frac{250\ م}{50\ م}$ = 5 م

ب. السرعة الأفقية (V) = $\frac{(Q)}{العرض\ (W) \times العمق\ (D)}$

= $\frac{750\ م^3/الساعة}{5\ م \times 3\ م}$ = 50 م/الساعة

= 1.39 سم/الثانية

**حل مهمة 8**

ا. زمن المكوث (t) = $\frac{الحجم\ (V)}{التصرف\ (Q)}$ = $\frac{1.080\ م^3}{900\ م^3/الساعة}$ = 1.2 ساعة

ب. معدل التدفق على وحده المساحة ($q_A$) = $\frac{Q}{مساحة\ المقطع\ الأفقي\ (A_o)}$ = $\frac{900\ م^3/الساعة}{540\ م^2}$

= 1.67 م/الساعة

ج. التدفق (Q) = السرعة الأفقية (V) X مساحة المقطع العرضي ($A_o$)

= 0.025 م/الثانية X 20 $م^2$

= 0.5 $م^3$/الثانية = 500 لتر/الثانية

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

- تكوين الرائحة.
- حدوث تحلل للحمأه وإعاقة عملية الترسيب
- تصريف غير متساوي للحمأة إلى الهاضم الحيوي مما يساعد على تعطيل عملية التحلل
- حدوث تحولات حمضية للحمأه مسبقة وبذلك تزويد مرحلة اختزال النيتروجين بمركبات كربونية قابلة للتحلل وهذا يؤدي الى تحسين أداء عملية الاختزال
- تكوين حمأة كبيرة الحجم في نظام الحمأة المنشطة من خلال الجزء المضاف من مركبات الكبريت المختزلة

**حل مهمة 2**

- تحلل الحمأة نتيجة قلة عدد مرات سحبها من الحوض
- إهتراء القطع المطاطية في القشاطة الأرضية
- إذا كانت أبعاد القادوس كبيرة جدا أو نتيجة إزالة الحمأة منه بكميات قليله فقط

**حل مهمة 3**

- تقليل سرعة التدفق من 1 م/الثانية في قناة المدخل الى 1 سم/الثانية في حوض الترسيب
- توزيع المياه الداخلة بشكل متساوي على المقطع العرضي لحوض الترسيب
- تجنب تدفق عالي جدا في قاع حوض الترسيب
- تجنب الاضطرابات في منطقة المدخل و قادوس الحمأة

**حل مهمة 4**

- اتباع كل الإجراءات التي تؤدي الى تقليل زمن المكوث لكل من المياه العادمة والحمأه مثل:
- توقيف أحدخزانات الترسيب عن العمل إذا ما تم تحقيق المعاييرالفنيةالضرورية مثل زمن المكوث ومعدل الشحن السطحي
- إزالة الحمأة من القادوس لأكثر من مره في اليوم
- زيادة سرعة ترسيب الحمأة

**حل مهمة 5 (ج)**

**حل مهمة 6 (ب)**

**حل مهمة 7 (ج)**

**حل مهمة 8**

ا. التصرف ( Q ) / عرض الحوض ( L ) = 200 م$^3$/ الساعة / 5 م = 40 م$^3$/م x ساعة < 35 م$^3$/م x ساعة

ب. - يؤدي ذلك إلى زيادة كمية المواد المعلقة والمترسبة المنتقلة الى المرحلة الحيوية اللاحقة ونتيجة لذلك فإن التخلص من كمية اكبر من الحمأه الزائدة سيؤدي الى تقليل عمر الحمأة في نظام الحمأة المنشطة.
- إن المواد الغير مترسبة سوف تؤدي الى انسداد الفراغات في نظام المرشحات الحيوية.

## حلول الفصل 5.3

### المعالجة الحيوية للمياه العادمة

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

- نوع وعدد الكائنات الحية الدقيقة وبشكل خاص البكتيريا
- مناطق المياه المختلفة
- معدل التدفق
- شكل وخصائص قاع المجرى المائي
- درجة حرارة الهواء والماء
- محتوى الأكسجين ( $O_2$ )
- نوع وتركيز المواد (الملوثات) المضافة

**حل مهمة 2**

إن التجمعات المائية الغنية بالمغذيات تنتج فيها كميات متزايدة من الكتل الحيوية الخضرية مسببة ما يسمى بالاثراء الغذائي (Eutrophication) . إن هذه النباتات المتكونة بكميات كبيرة تموت وتترسب ثم تتحلل مع الزمن وإن ناتج هذا التحلل يؤدي الى حدوث ما يسمى تلوث إضافي (تلوث ثانوي) لمياه التجمعات المائية.

**حل مهمة 3**

يبدأ النشاط الأيضي للبكتيريا بشكل كبير عند وجود المغذيات في المياه العادمة ويترتب على ذلك استهلاك كميات كبيرة من الأكسجين الموجود في الماء وتتكاثر البرزويات التي تعرف أيضا بآكله البكتيريا بشكل كبير مع زيادة أعداد البكتيريا على الرغم من بطء نموها مقارنة بالبكتيريا.

**القسم ب**

**حل مهمة**

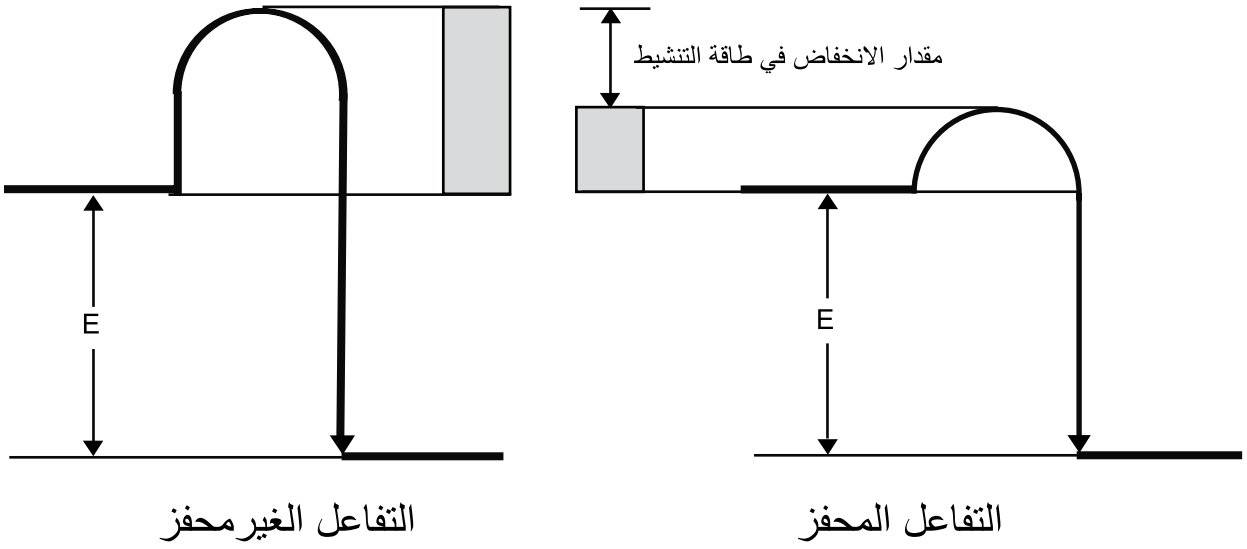
- تعتمد عملية الحمأة المنشطة على قدره البكتيريا على تكوين الكتل المتلبدة
- تعتمد عملية المرشحات الحيوية على خاصية نمو البكتيريا وتكاثرها على سطح المواد الحصوية أو التشكيلات البلاستيكية التي تؤلف الوسط المرشح

**حل مهمة 2**

- C : التحلل الهيتروتروفيك
- N : النترتة واختزال النيتروجين
- P : تخزين عالي للفسفور في البكتيريا كاحتياطي للطاقة

**حل مهمة 3**

أ.




**شكل 1/5.3: التفاعلات البيوكيميائية في وجود أو عدم وجود المحفزات**
*From: Mudrack; Knust: Biologie der Abwasserreinigung, 3rd Edition 10991*
*© Elsevier GmbH Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg*

ب. - لها تأثير حتى وإن وجدت بكميات قليلة جدا
- لا تتغير ولا تستهلك في التفاعل
- لا تأثير لها على حاله اتزان التفاعل بل تساعد على تسريعه

ج. بناءاً على تركيبها الكيميائي فالإنزيمات هي بروتينات

**حل مهمة 4**

الهيتروتروفيك: هي تحلل المواد العضوية:

مواد معدنية + $O_2$ ⟶ $CO_2 + H_2O$ + مواد عضوية كربونية

الأوتوترفيك: هي تحلل المواد الغير عضوية:

$CO_2 + H_2O$ + مواد معدنية $\xrightarrow{\text{الشمس}}$ $O_2$ + مواد عضوية كربونية

**حل مهمة 5: (ج)**

**حل مهمة 6: (د)**

**حل مهمة 7: (د)**

**حل مهمة 8: (أ)**

**حل مهمة 9: (د)**

**حل مهمة 10: (د)**

**حل مهمة 11**

أ. - جدار الخلية، غشاء الخلية، السيتوبلازم، النواة، غشاء الانطواء الذاتي، الريبوسوم، أهداب، طبقة لزجة، مواد مخزونة.
- تخدم الريبوسومات في تكوين البروتين.

ب. - $2^{20}$ = 1.048,576 أي نحصل على مليون خلية بعد 21 انقسام.
21 انقسام/3 انقسامات في الساعة = 7 ساعات.

ج. - 70 كجرام 10,000x في اليوم = 70,000 كجرام/اليوم = 700 طن/اليوم.

**حل مهمة 12**

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow$$

180 g/mol ⟶ 6 x 2.24 liters/mol

(1-0.75) x 110 mg ⟶ X liters

$$X = \frac{0.11 \times 0.25 \text{ جرام} \times 6 \times 22.4 \text{ لتر/المول}}{180 \text{ جرام/المول}}$$

= 0.02053 لتر = 20.53 مليلتر.

$$\frac{P_o \times V_o}{T_o} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

$$\frac{1,013\,mbar \times 20.53\,mL}{273\,k} = \frac{990\,mbar \times mL}{290\,k}$$

$$X = \frac{1,013 \text{ ملیبار} \times 290 \text{ کلفنت} \times 20.53 \text{ ملیلتر}}{990 \text{ ملیبار} \times 273 \text{ کلفنت}} = 22.32 \text{ ملیلتر } CO_2$$

$$0.90 \times 22.32 \text{ ملیلتر } CO_2 = 20.09 \text{ ملیلتر } CO_2$$

## حلول الفصل 1.6.3

### أحواض التهوية بدون الأكسدة الحيوية للأمونيوم

**حل مهمة 1**

| | | |
|---|---|---|
| oDS | محتوى المواد العضوية الصلبة | المادة الحيوية الفعالة في حوض التهوية وتتناسب مع مقدار تحميل الحمأة وعمرها. |
| SV | حجم الحمأة | معلومة عن كتلة الحمأه الفعالة. |
| SVI | معيار حجم الحمأة | ترسيب الحمأة عند تصريفها. |
| محتوى الأكسجين | محتوى الأكسجين | تزويد كافي للأكسجين اللازم للبكتيريا ولكمية الحمأه الراجعة. |
| RR | نسبة الراجع | وفره المادة العضوية الصلبة DS الراجعة من حوض الترويق إلى حوض التهوية الحيوية. |
| ES | إزالة الحمأة الزائدة | كمية نمو المادة الحيوية. |
| الصورة الميكروسكوبية | | تكوين وبناء الكائنات الحية (حالة التحميل). |

**حل مهمة 2**

1. تكوين سريع لكتل البكتيريا مصاحباً لعدد قليل من البرزويات (الأميبا والسوطيات)
2. كتل بكتيرية متقاربة وأنواع مختلفة من البرزويات
3. تجمعات بكتيرية متكتلة صغيرة وأنواع كثيرة من البرزويات ولكن أعدادها قليله بالإضافة إلى وجود الدولبيات والديدان الخيطية

**حل مهمة 3**

أ. - ارتفاع محتوى المواد الصلبة في حوض التهوية الحيوي
- زيادة معدل تحميل الحمأة بدون حدوث تأثير مهم على أداء المعالجة
- زيادة في كميات الأكسجين المطلوبة بسبب زيادة كمية الحمأة في حوض التهوية الحيوي
- زيادة حجم الحمأة المتصرفة الى حوض الترويق عن القيم الحدية
- إمكانية تصريف كميات من الحمأه المتراكمة في حوض الترويق مع التصرف الخارج في حالة تدفق مياه المطر الى المحطة
- إزالة زائدة للحمأه من حوض التهوية الحيوي الى حوض الترويق عن القيم الحدية
- إمكانية تصريف كميات من الحمأة المتراكمة في حوض الترويق الثانوي مع التصرف الخارج في حاله تدفق مياه المطر الى المحطة

ب. - إزالة زائدة للحمأة من حوض التهوية الحيوي الى حوض الترويق
- زيادة كمية الحمأة المتصرفة إلى حوض الترويق
- باستنزاف حجم التخزين في حوض الترويق سيؤدي ذلك إلى خروج الحمأة مع التصرف الخارج من المحطة

ج. - نتيجة للخطأ في الدلالة على القياس الصحيح سيكون هناك تخفيض في كمية الأكسجين المنقولة إلى حوض التهوية الحيوي
- إذا كان حوض التهوية الحيوي لا يتطلب أكسدة المركبات النيتروجينية فإن محتوى الأكسجين بقيمة 0.5 مليجرام / اللتر لن يؤدي الى انخفاض كبير في أداء المحطة

د. - يؤدي زيادة الحمل الداخل للمواد العضوية الى زيادة عمليات الأيض في البكتيريا مما يؤدي إلى زيادة كمية الأكسجين المطلوبة
- إن التغير المذكور لمقدار تحميل الحمأة لن يؤدي الى تغير يذكر في أداء المعالجة

ه. - على الرغم من زيادة تكثيف الحمأة التي تحدث في حوض الترويق فإن كمية الحمأة المزالة من مرحلة الحمأة المنشطة لا يمكن إرجاعها بشكل كامل
- بانخفاض محتوى المواد الصلبة فإن معدل تحميل الحمأة سينخفض دون حدوث تغيير يذكر على أداء المعالجة
- لتجنب زيادة التحميل على مرحلة الترسيب النهائية فيجب التخلص من الحمأة التي لم يتم إرجاعها بتصرفها مع الحمأة الزائدة

**حل مهمة 4**

1. MLSS = 3.9 كجرام/م$^3$
2. حسب الشكل يحدث ذلك عند تقليل نسبة ترجيع الحمأة إلى 0.6

**حل مهمة 5**: (ب)

**حل مهمة 6**: (ه)

**حل مهمة 7**: (د)

**حل مهمة 8**: (د)

**حل مهمة 9**: (د)

**حل مهمة 10**

ا. حمـل الحمأة $= \frac{\text{التصرف (Q) x التركيز (C)}}{\text{تركيز المواد الصلبة (DS) x الحجم (V)}}$

$= \frac{0.075 \text{ م}^3/\text{الثانية} \times 86.400 \text{ ثانية/اليوم} \times 0.2 \text{ كجرام BOD}_5/\text{م}^3}{3.3 \text{ كجرام DS/ م}^3 \times 1{,}350 \text{ م}^3}$

= 0.29 كجرام $BOD_5$/كجرام DS في اليوم

ب. كمية الحمأة الزائدة $(Q_{ES}) = \frac{\text{الحمأة الزائدة في اليوم } (ES_d)}{MLSS_{ES}}$

$ES_d$ = مقدار الحمأة الزائدة المنتجة ($ES_B$) x الحمل العضوي ($B_d$)

= 0.8 كجرام مواد صلبة /كجرام $BOD_5$ x 0.075 م$^3$ x 86,400 ثانية/اليوم x 0.2 كجرام $BOD_5$/م$^3$
= 1,036.8 كجرام مواد صلبة/اليوم .

$MLSS_{ES} = MLSS_{RS}$

نسبة الراجع (RR) = $(MLSS_{AT} - MLSS_{RS}) / MLSS_{AT}$

= تركيز المواد الصلبة للحمأة في خزان التهوية ($MLSS_{AT}$) / ( تركيز المواد الصلبة للحمأة المعادة ($MLSS_{RS}$) - تركيز المواد الصلبة للحمأة في حوض التهوية ($MLSS_{AT}$)

$MLSS_{RS} = MLSS_{AT} / MLSS_{AT} + RR$

= 3.3 جرام/اللتر + 3.3 جرام/اللتر = 6.3 جرام/اللتر.
1.1

$Q_{ES}$ = 1,036.8 كجرام مواد صلبة /اليوم = 164.6م$^3$/اليوم.
6.3 كجرام مواد صلبة

ج . التحميل العضوي لوحده الحجم ($B_V$)
حمل الشخص الواحد في اليوم

$$\frac{0.075 \text{ م}^3 / \text{الثانية} \times 86.400 \text{ ثانية/ اليوم} \times 0.2 \text{ كجرام BOD}_5/\text{م}^3}{0.04 \text{ كجرام BOD}_5/\text{النسمة في اليوم} \times 1{,}350 \text{ م}^3} = 24 \text{ نسمه/م}^3$$

**حل مهمة 11**

35 مليجرام/اللتر - 10%
X - 7%

X = 35 x%7 / 10% = 24.5 مليجرام/اللتر.

**حل مهمة 12**

كمية الحمأه الواجب زيادتها = $V \times \Delta MLSS_{AT}$
= (3.5 – 3.3) كجرام/م$^3$ x 2,000 م$^3$ = 400 كجرام مواد صلبة

كمية الحمأة الواجب إزالتها يومياً = $Q_{ES} \times MLSS_{ES}$

= 6.6 كجرام/م$^3$ x 250 م$^3$/اليوم = 1,650 كجرام مواد صلبة/اليوم

الزمن المطلوب = 400 كجرام مواد صلبة = 0.242 يوم
1,650 كجرام مواد صلبة/اليوم

= 5.81 ساعة

## حلول الفصل 2.6.3

## التهـــــوية

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

أ. - إن مقدار الحمل للملوثات الموجودة في المياه العادمة له تأثيراً مباشراً على عملية البناء للبكتيريا وبالتالي على كمية الأكسجين المطلوبة

- تعتمد البكتيريا على المواد العضوية الموجودة في الماء في عملية البناء وتستخدم الأكسجين في هذه العملية وعليه فإن التغيرات التي تحدث للمادة العضوية في حوض التهوية الحيوي له تأثير على كمية الأكسجين المطلوبة

ب. - يجب وضع آلية لتنظيم الأكسجين في حوض التهوية الحيوي بناءاً على التغيرات المذكورة في بند (أ) وبالتالي تجنب التزويد الأكثر من اللازم أو الأقل من المطلوب للأكسجين

**حل مهمة 2**

أ. متطلب الأكسجين لبناء الخلية
ب. متطلب الأكسجين للأيض الهدمي للخلية

**حل مهمة 3**

- درجة الحرارة
- الضغط الجزئي
- نقص التشبع
- تجدد سطح الاتصال مثل: مساحة الاتصال، زمن الاتصال، طريقة الاتصال

**حل مهمة 4**

يقل ضغط الماء على فقاعه الهواء وهي في طريقها من قاع الحوض في اتجاه السطح. وبنفس الطريقة عندما يقل الضغط يزداد حجم فقاعه الهواء (P x V = ثابت) وفي المقابل فإن قابلية التعويم للحجم الأكبر للفقاعة يزداد ويتناسب مع وزن السائل المزاح. هذا يعني أن معدل الارتفاع يزداد بشكل مستمر وان فقاعه الهواء تتزايد سرعتها مع صعودها نحو السطح.

**حل مهمة 5**: (ج)

**حل مهمة 6**: (ه)

**حل مهمة 7**: (د)

**حل مهمة 8**: (د)

**حل مهمة 9**

عجز التشبع بالأكسجين = تركيز الأكسجين في حالة التشبع (Cs) / تركيز الأكسجين في حالة التشبع (Cs) - تركيز الأكسجين (Cx)

إذا كان تركيز الأكسجين = 3 مليجرام/اللتر
عجز التشبع = 10/ (3-10) = 1.42
إذا كان تركيز الأكسجين = 2 مليجرام/اللتر
عجز التشبع = 10/(2-10) = 1.25
1.42 – 1.25 = 0.17

$$\% 12.0 = \frac{\% 100 \times 0.17}{1.42}$$

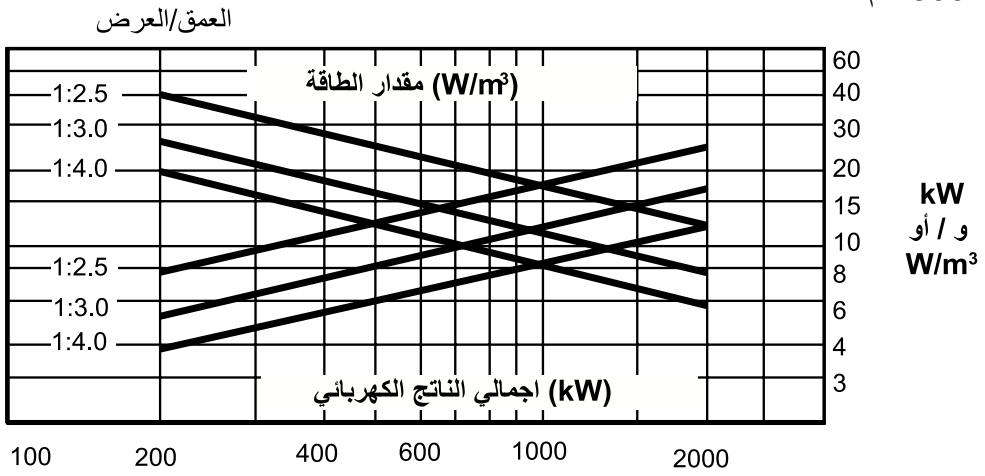
**حل مهمة 10**

عمق الحوض (D) / عرض الحوض (W) = 4 / 10 = 1 / 2.5
حجم الحوض(V) = 1,500 م$^3$
من شكل 1/2.6.3 و 2/2.6.3
الأداء المطلوب = 22 كيلووات أو 15 وات/ م$^3$
استهلاك الأكسجين (OC) = حمل الأكسجين (OB) x الحمل العضوي ($B_d$)
= 1.08 كجرام $O_2$/كجرام $BOD_5$ x 62.6 كجرام $BOD_5$/الساعة
= 67.61 كجرام $O_2$/الساعة
القدرة = OC / $O_N$ = 67.61 كجرام $O_2$/الساعة / 1.6 كجرام $O_2$/كيلووات ساعة

= 42.26 كيلووات < 32 كيلووات المطلوبة

أو

= 42,260 وات / 1500 م$^3$ = 28.17 وات/م$^3$ < 15 وات/م$^3$ المطلوبة




**الشكل2/2.6.3 : أداء الخلط في أحواض التهوية الحيوية**

*From: Hosang; Bischof: Abwassertechnik, 9th Edition 1989 © Teubner, Stuttgart*

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

أ. - الشمع
- قباب التهوية أو هوايات النقطة
- هوايات الأقراص والألواح والأسطح

ب. - 1. الدوار
- 2. الدائريات قطر > 1.0 م

ج. - القاذف أو المراوح النفاثة
- الهوايات المغمورة

**حل مهمة 2**

- زيادة الانسداد في الهوايات
- ازدياد حمل الملوثات (BOD ،$COD_5$، الأمونيوم)
- تسريب في خطوط الهواء
- إهتراء النفاخات أو انسداد في المنخل
- عطل في أجهزة قياس الأكسجين

**حل مهمة 3**

أ. - تغير عدد مرات الدوران في الدقيقة للمحرك
- تغير عمق الغمر للدوارات من خلال تعديل ارتفاع المحور
- رفع وخفض مستوى سطح الماء باستخدام الهدار
- تبادل عمليات التشغيل والتوقيف للدوارات
- تشغيل متقلب ( تغير اتجاه الدوران)

ب. - رفع وخفض مستوى سطح الماء باستخدام الهدار
- تبادل عمليات التشغيل والتوقيف
- تغيرات عدد مرات الدوران لمسننات المحرك

**حل مهمة 4**

أ . 4 x 8 = 32 كجرام أكسجين/الساعة

ب. 3 x 10 = 30 كجرام أكسجين/الساعة

ج. عند زيادة عمق الغمر يحدث في البداية إزدياد في مساحة السطح المتجدد بالخلط وبعدها يقل السطح المتجدد مرة ثانية مع زيادة عمق الغمر للهوايات.

**حل مهمة 5**: (ه)

**حل مهمة 6**: (ج)

**حل مهمة 7**: (ج)

**حل مهمة 8**

1. 50,000 x 0.04 كجرام $BOD_5$/النسمة في اليوم x 2.0 كجرام $O_2$/كجرام $BOD_5$
= 4,000 كجرام $O_2$/ اليوم

4.000 كجرام $O_2$/ اليوم
24 ساعة/اليوم x 1.5 كجرام $O_2$/ م$^3$ هواء = 111 كيلو وات

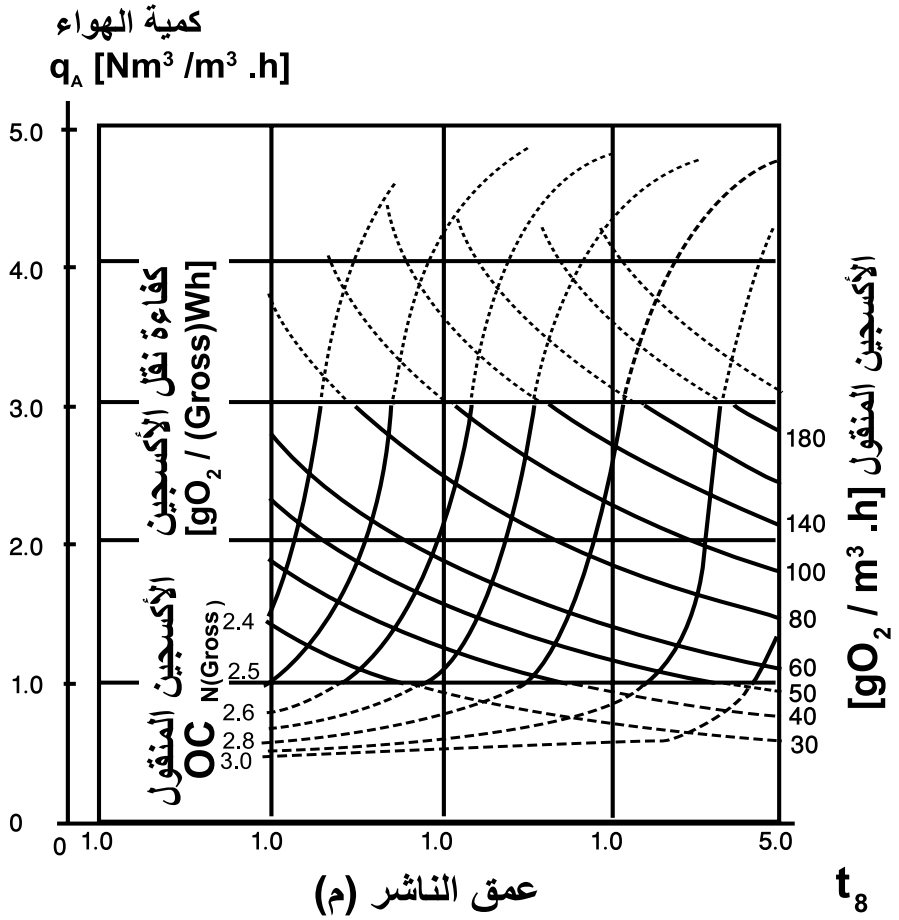
ب. 8.0 جرام $O_2$/(م$^3$ x م$^3$ هواء)x 5.0 م = 40.0 جرام $O_2$/م$^3$ هواء

4,000 كجرام $O_2$/اليوم = 100,000 م$^3$ هواء/اليوم = 1.1574 م$^3$ هواء/الثانية
0.04 كجرام $O_2$/ م$^3$ هواء

$A = \frac{Q}{V}$ = 1.1574 م$^3$ هواء/الثانية / 10.0 م/الثانية = 0.11574 م$^2$

D = 0.384 م

**حل مهمة 9**




**الشكل 4/2.6.3 : مخطط بياني لحساب كمية الأكسجين المنقول وكفاءة نقله**

ا. 259,200 نانومتر مكعب هواء/اليوم = 2.7 نانومتر مكعب هواء/م$^3$ في الساعة
24 ساعة/اليوم x 4,000 م$^3$

ب. كفاءة تحويل الأكسجين: 2.8 جرام $O_2$/وات ساعة = 2.8 كجرام $O_2$ / كيلووات ساعة
نقل الأكسجين : 120 جرام $O_2$ /م$^3$ في الساعة

ج. 120 جرام $O_2$/م$^3$ في الساعة x 4,000 م$^3$ x 24 ساعة/اليوم = 11,520 كجرام $O_2$/اليوم

د. 11,520 كجرام $O_2$/اليوم = 4,114 كيلووات/اليوم
2.8 كجرام $O_2$/ الكيلووات ساعة

ه. 120 جرام $O_2$/ (م$^3$ في الساعة) = 44.4 جرام $O_2$ / نانومتر مكعب هواء
2.7 نانومتر مكعب هواء/(م$^3$ في الساعة)

44.4 جرام $O_2$/ نانومتر مكعب هواء x 100% = 15.9 %
280 جرام $O_2$/ نانومتر مكعب هواء

## حلول الفصل 3.6.3

### أحواض الترويق الثانوية

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

أ. - يتم فصل خليط المياه العادمة والحمأة بواسطة:
- تكثيف الحمأة المترسبة
- تخزين الحمأة الناتجة من خزان التهوية بشكل متقطع بسبب مياه الأمطار في حالة نظام الصرف الصحي المزدوج

ب. 1. منطقة الماء المصفى
2. منطقة الفصل
3. منطقة التخزين
4. منطقة التكثيف والتصفية

**حل مهمة 2**

| الأجزاء أو المعدات | العدد |
|---|---|
| قناة التصريف الخارج | **2** |
| مصفاة الترويق | **8** |
| أنبوب إزالة الحمأة | **3** |
| أنبوب نقل الحمأة إلى المكثف أو/و الهاضم | **4** |
| حجرة الحمأة | **7** |
| قادوس الحمأة | **5** |
| مزيل المواد الطافية | **6** |
| أنبوب المدخل | **1** |

**حل مهمة 3**

أ.

| نوع الخزان | نوع القشاطة |
|---|---|
| خزان ترويق مستطيل | أ. ب. ج |
| خزان ترويق دائري | أ. ب |
| خزان فادوسي القاع | - |

ب. - إعاقات في قاع الخزان
- إهتراء الحواف المطاطية في شفرات القشاطة
- عطل في موتور أو قاعدة تحميل المحرك
- ميل جسر القشاطه وتمزق وصلته مع موتور التحريك بسبب تأثيرات الثلج أو الحرارة

**حل مهمة 4** : (د)

**حل مهمة 5**: (أ)

**حل مهمة 6**: (ب)

**حل مهمة 7**: (أ)

**حل مهمة 8**

1. بناءاً على القاسم المشترك الأصغر
$5x^2 3x^2 2 = 180$ و $5^2 x3x2 = 150$
القاسم المشترك الأصغر $= 5^2 x^2 3x^2 2$ = 900دقيقة
2. بعد 900 دقيقة تكون القشاطه أ قد دارت 6 دورات والقشاطه ب 5 دورات والمساوية لمسافة 600 م.

**حل مهمة 9**

SVI = حجم المواد الصلبة (Vs) = 300 مليلتر/اللتر = 100 مليلتر/الجرام
تركيز المواد الصلبة (DS) 3 جرام/اللتر

تصرف الحمأة المعادة ($Q_{RS}$) = التصرف الداخل (RR = 1 )

- معدل التحميل الهيدروليكي السطحي ($q_A$) = $\frac{Q_{RS} + Q}{A}$

= 1,000 لتر/الثانية + 500 لتر/الثانية / 3,250 م$^2$ = 5,400 م$^3$/الساعة / 3,250 م$^2$ = 1.66 م/الساعة

- معدل التحميل الهيدروليكي السطحي للحمأة = $V_s \times q_A$
= 1.66 م/ الساعة x 300 لتر/م$^3$
= 498 لتر/م$^2$ في الساعة

إن كلتا قيم التحميل هامشيه ولكن ستتحسن القيم في حالة تخفيض نسبة الراجع الى 75 % على سبيل المثال عندما تستقبل المحطة تصرف الطقس الرطب.

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

- وجود بكتيريا معلقة وحرة نتيجة تحميل عالي للحمأة أو نتيجة غياب البرزويات
- تفكك كتل الحمأه بسبب الدوامات او التلوث
- زمن المكوث غير كافي لكتل الحمأة الصغيرة خلال مرشح الحمأة
- زيادة في الحمل الهيدروليكي والذي يؤدي الى قيم عاليه لمعدل التصرف السطحي
- تصرف المخرج عالي جدا
- تصرف كبير للحمأة
- صعود الحمأة اللاهوائية إلى الأعلى نتيجة قلة إزالتها من الحوض
- تكون كائنات حيوانية دقيقة في المحطات المحملة تحميل عضوي زائد
- تكوين كثيف للبكتيريا العضوية والفطريات
- تكوين كثيف للطفيليات

**حل مهمة 2**

- إذا تم تقليل كميات الحمأة التي يتم التخلص منها الى كميات اقل من الحمأة الزائدة المعتادة يومياً فلن يؤثر ذلك على عملية تشغيل محطة الحمأة المنشطة وخاصة إذا تم تخفيض إزالة الحمأة بشكل مناسب.
- إذا تم زيادة كميات الحمأة التي يتم التخلص منها إلى كميات اكبر من الحمأه الزائدة المعتادة يوميا فإن محتويات المواد الصلبة وعُمر الحمأة سيقل.
- إن أداء محطة التنقية سيتغير بمقدار قليل جدا بالنسبة لتحلل المواد العضوية ولكن التغير الكبير لعمر الحمأة سيكون له تأثير على عملية النترتة ( أكسدة الأمونيوم).

**حل مهمة 3**

- تزويد جزئي للمغذيات
- التراكيز العالية للمواد العضوية
- التحميل الزائد المفاجئ
- نقص الفسفور
- الكميات القليلة لمحتوى الأكسجين
- وقت مكوث عالي في حوض الترويق
- تحلل الحمأة في مرحلة الترسيب الابتدائية
- التغير السريع لدرجة الحرارة في فصلي الربيع والخريف

**حل مهمة 4**

إن معدل إنتاج البكتيريا المكونة للكتل الحيوية في المياه العادمة عالية التركيز هو أعلى من معدل إنتاج البكتيريا العصوية. ولذلك ففي خزانات التهوية الطولية حيث التركيز العالي للمغذيات عند المدخل يكون تكوين الكائنات الحية العصوية أقل بكثير مقارنة بالأحواض المخلوطة جيدا حيث يكون تركيز المغذيات قليله ومتجانسة في أجزاء الحوض مما يؤدي إلى تعزيز نمو العصويات على حساب البكتيريا المكونة للكتل الحيوية.

**حل مهمة 5**: (ج)

**حل مهمة 6**: (ج)

## حلول الفصل 7.3

## إزالة النـــيتروجين

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

النترتة:
- أكسدة الأمونيوم والنتريت حيث تتحرر ايونات الهيدروجين $H^+$
- يقوم بهذا التحويل نوعين من البكتيريا: الأوتوترفيك (النيتروسومونس والنيتروباكتر) باستخدام الكربون غير العضوي والموجود في ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) وتحت الظروف الهوائية (أكسجين مذاب في الماء).
- تعتمد هذه العملية على محددات عديدة مثل درجة الحرارة ودرجة الحموضة (pH) ومعدل نمو البكتيريا ومحتوى الأكسجين.

اختزال النيتروجين :
- اختزال المركبات النيتروجينية المؤكسدة (النتريت والنترات) إلى النيتروجين.
- يقوم بهذا التحويل بكتيريا هيتروترفيك بمساعدة مركبات كربونية عضوية سهلة التحلل تحت ظروف أنوكسك (غياب الأكسجين المذاب في الماء).

**حل مهمة 2**

ا.

معدلات النمو:
- نتيجة للمعدلات المنخفضة لنمو بكتيريا النترتة فإن زيادة زمن المكوث للحمأة (عُمر الحمأة > 7 أيام ويكون متلازماً مع معدل تحميل للحمأة $B_{DS}$ < 0.15 كجرام $BOD_5$/كجرام مواد صلبة في اليوم) هو أمر مطلوب حتى يتوفر عدد كافي من بكتيريا النترتة لإتمام العملية .

درجة الحرارة:
- تعتمد عملية الأيض بشكل رئيسي في بكتيريا النترتة على درجة الحرارة ولذلك وحسب قوانين المياه العادمة فإن تركيز النيتروجين يُستثنى من المراقبة عندما تكون درجة حرارة المياه العادمة أقل من 12°م.

محتوى الأكسجين:
- لأن البكتيريا تمتص الأكسجين فمن الضروري وجود فرق تركيز كافي للأكسجين ما بين المياه العادمة وداخل الخلية. في حالة بكتيريا النترتة يجب أن تكون هذه القيم بين 1-2 مليجرام/اللتر وهي أكبر من القيم المطلوبة في حاله البكتيريا الهيتروتروفك.

السعة الحمضية:
- يتوقف أو يتأثر النشاط الأيضي لبكتيريا النترتة بالتغيرات في درجة الحموضة (pH). إن عدم وجود صاقل (buffering) لايون الهيدروجين ($H^+$) أو ايون $(H_3O)^+$ المتحرر من العملية سيؤدي إلى فشل عملية النترتة تلقائياً. إن ايونات الهيدوكسيدات ($OH^-$) والمتكونة بواسطة عملية اختزال النيتروجين ليست كافية لمعادلة الايون الهيدروجيني المتكون من عملية النترتة ولذلك يجب وجود كمية كافية من كربونات الكالسيوم ( سعة حمضية > 2 مليمول/اللتر) تعمل كصاقل لتجنب انخفاض قيمة (pH).

ب.

الظروف الانوكسية:
- تفضل البكتيريا اللاهوائية الاختيارية التنفس بالأكسجين عن التنفس اللاهوائي أو التنفس بالأكسجين المربوط. ويحدث التنفس بالأكسجين الموجود في النترات (اختزال النترات) فقط عند غياب الأكسجين المذاب.

- مركبات الكربون المذابة وسهله التحلل.
- عند اختزال النيتروجين تفضل البكتيريا الهيتروتروفيك التي تقوم بهذه العملية مركبات الكربون الذائبة وسهله التحلل. ويتحقق المصدر المناسب لهذه المواد من خلال تقليل الحجم المترسب في مرحلة الترسيب الابتدائي أو من خلال إضافة مصادر كربونية خارجية مثل إضافة الميثانول.

كمية كافية من النترات:

- إن أداء عملية اختزال النيتروجين تعتمد على وجود كمية كافية من النترات والتي يتم ترجيعها من التصرف الخارج لحوض النترتة إلى حوض الاختزال. وتعتمد نسبة الترجيع على قياس النترات في حوض إختزال النيتروجين .

**حل مهمة 3** : (ب)

**حل مهمة 4**: (ب)

**حل مهمة 5**: (ب)

**حل مهمة 6**: (د)

**حل مهمة 7**

أ. الحمل العضوي ($B_d$) = 50 جرام $BOD_5$ /النسمة في اليوم x 30,000 نسمة
= 1,500 كجرام $BOD_5$/اليوم

عندما تكون نسبة الترجيع (RR) = 1 فإن تركيز الحمأة في حوض التهوية ($MLSS_{AT}$) يكون نصف تركيزه في الحمأة الزائدة ($MLSS_{ES}$) ويساوي 3.3 جرام/اللتر

حمل الحمأة ($B_{DS}$) = $\frac{(B_d)}{\text{الحجم} \times MLSS_{AT}}$ = $\frac{\text{1500 كجرام BOD5/اليوم}}{\text{4.500 م}^3 \times \text{3.3 كجرام DS/م}^3}$

= 0.1 كجرام $BOD_5$/كجرام DS في اليوم

ب. عُمر الحمأة ($t_{DS}$) = $\frac{MLSS_{AT} \times V_{AT}}{MLSS_{ES} \times V_{ES}}$ = $\frac{\text{4,500 م}^3 \times \text{3.3 جرام/اللتر}}{\text{108 م}^3\text{/اليوم} \times \text{6.6 جرام/اللتر}}$ = 20.8 يوم

ج. بتطبيق جدول 4 فانه يجب إضافة حمل النترات $N_D$ الذي يحتاج إلى اختزال إلى الحمل العضوي ($B_d$ = 1,500 كجرام/اليوم)

حمل النترات = حمل النيتروجين المضاف- حمل النيتروجين الخارج.

الحمل المضاف = 10 جرام $NH_4$-N/النسمة في اليوم x 30,000 نسمه
= 300.0 كجرام نيتروجين/اليوم

الحمل الخارج = 0.1 م$^3$/الثانية x 86,000 ثانية/اليوم x 0.018 كجرام نيتروجين/م$^3$
= 155.5 كجرام نيتروجين/اليوم

حمل النترات = 300 – 155.5 = 144.5 كجرام نيتروجين/اليوم

النسبة : حمل النترات : حمل المواد العضوية
= 144.5 : 1500 = 0.1

حسب جدول 4 يكون حجم حوض الاختزال/حجم حوض التهوية = 0.3

حجم حوض الاختزال $V_D$ = 4,500 م$^3$ x 0.3 = 1,350 م$^3$

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

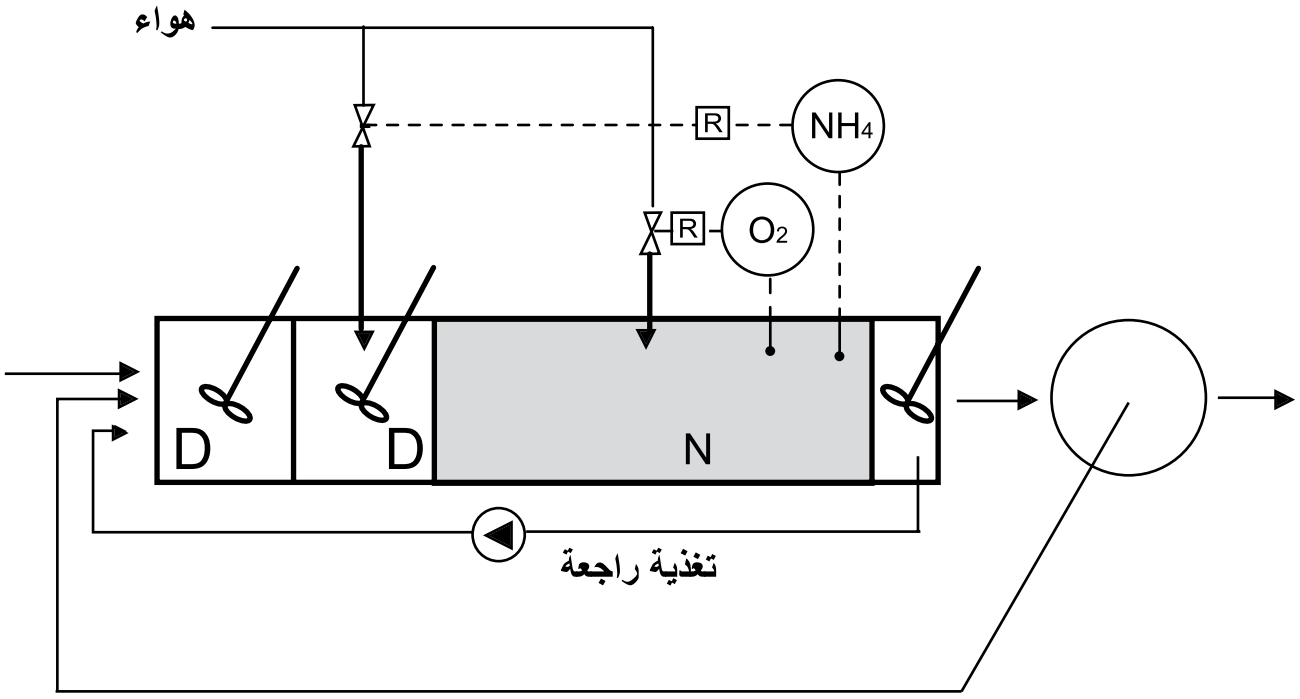
ا. 1. اختزال في نهاية المسار
2. اختزال متعدد
3. اختزال متبادل
4. اختزال متزامن

ب. - يتم اختزال أعلى للنيتروجين في المراحل المنفردة مقارنةً بالسيل الواحد والغير مقسم وذلك بدون زيادة الحمل على مرحلة الترويق.
- كفاءة عاليه لعملية اختزال النيتروجين
- دورات الإعادة يمكن توزيعها على مراحل

ج. إن عملية إزالة النيتروجين بطريقة التزامن كما في طريقة التتابع تحدث مرحلتيها الاثنتين (عملية الأكسدة والاختزال) في نفس المفاعل. بينما تتم مفاعلات اختزال النيتروجين بطريقة التزامن بشكل منفصل عن بعضها البعض. أما الاختزال بطريقة التتابع فإن فصل العمليات يحدث عند تشغيل أو توقيف تزويد الأكسجين على فترات زمنية متقطعة.

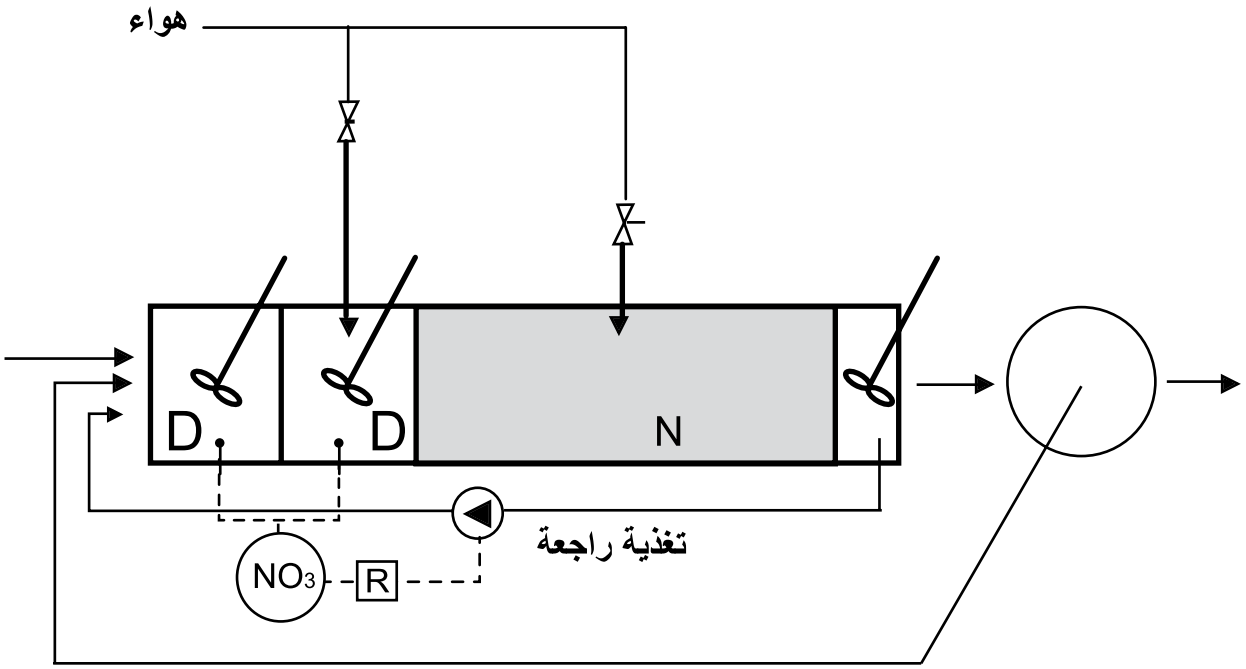
**حل مهمة 2**

أ.




**الشكل 4/7.3 : مفهوم التحكم لاختزال النيتروجين في المراحل الأولى (التحكم في الأكسجين)**

ب.




ج.

| | |
|---|---|
| 1. متغير الأداء | أداء الاختزال |
| 2. عنصر التحكم | خزان الاختزال |
| 3. المتغير المقاس/المتحكم به | القيمة المقاسة للنترات |
| 4. القيمة التصميمية | القيمة التصميمية للنترات |
| 5. المتغير المعدل | سعة مضخة التزويد |

**حل مهمة 3**: (أ)

**حل مهمة 4**: (د)

**حل مهمة 5**: (د)

**حل مهمة 6**

$$NH^{+}_{4} + 2\ O_2$$

$$14\ g/mol \longrightarrow 2 \times 32\ g/mol$$

$$1g \longrightarrow x$$

$$x = \frac{1 \text{ جرام} \times 64 \text{ جرام/المول}}{14 \text{ جرام/المول}} = 4.6 \text{ جرام أكسجين}$$

**حل مهمة 7**

ا. 58.4 جرام أكسجين/لنسمة في اليوم x 0.488 جرام أكسجين/النسمة في اليوم

28.5 جرام $O_2$/النسمة في اليوم = 6.2 جرام نيتروجين/النسمة في اليوم
4.6 جرام $O_2$/جرام نيتروجين

% 56.4 = 100 x 6.2 / 11

ب . كمية الأكسجين المستردة لاختزال النترات هي:

$$4.6\ g\ O_2/g\ NO_3 - N_e - 1.7\ g\ O_2/g\ NO_3\text{-}N_D = 2.9\ g\ O_2/g\ NO_3\text{-}N$$

12 جرام $O_2$/النسمة في اليوم = 4.1 جرام نيتروجين/النسمة في اليوم
2.9 جرام $O_2$/جرام نيتروجين

الكمية المتأكسدة: 6.2 جرام نيتروجين/النسمة في اليوم

الكمية المختزلة: 4.1 جرام نيتروجين/النسمة في اليوم

الكمية الخارجة: 6.2 جرام نيتروجين/النسمة في اليوم – 4.1 جرام نيتروجين/النسمة في اليوم

= 2,100 مليجرام نيتروجين/النسمة في اليوم
200 لتر/النسمة في اليوم

= 10.5 مليجرام نيتروجين/اللتر

## حلول الفصل 8.3

# عمليات الأحواض الحيوية الثابتة

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

1. الموزع الدوار بإرتكار محوري
2. مادة الحشو وطبقة الارتكاز وطبقة الحشو والطبقة العلوية
3. انبوب المدخل
4. جدار المرشح الحيوي
5. المنشأة المركزية
6. القاع المزدوج للتهوية وخروج الماء
7. قناة المخرج

**حل مهمة 2**

أ. - هي مجموعة من المواد المختلفة لها خصائص معينة (أنظر ب) مثل خبث البراكين والبلور الصخري وخبث المعادن الخ.
البلاستيك: الدبش والمواد المتكتلة وألواح البلاستيك.

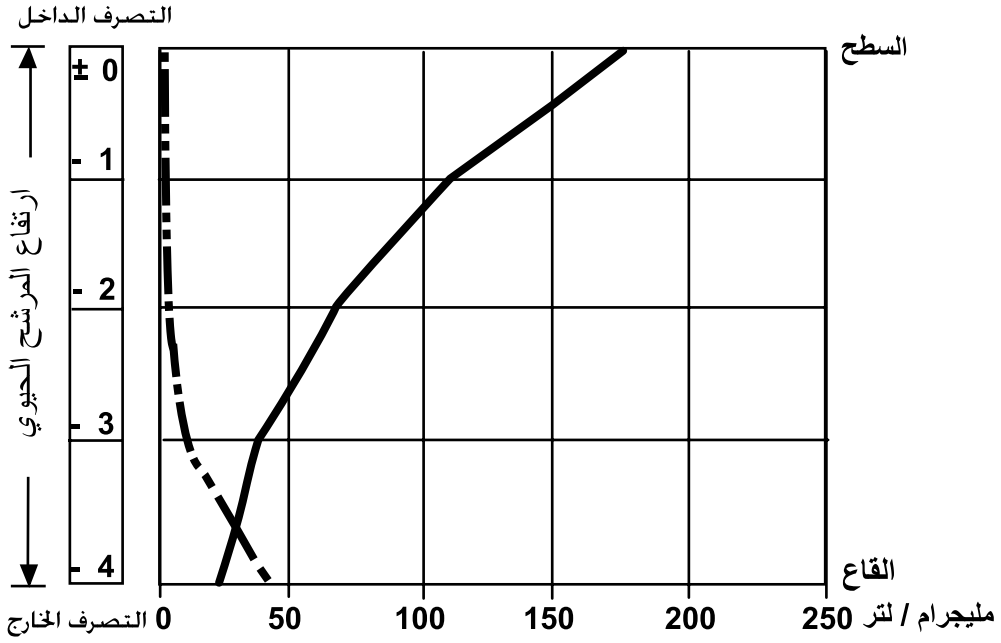
ب. - لها أبعاد كافية وملائمة لتكوين فراغات كبيرة والتي من خلالها يمكن للمياه العادمة أن تتصرف ويمكن للهواء أن يتجدد.
- لها مساحة نوعية كبيرة (نسبة المساحة السطحية/الحجم) والتي تلتصق عليها المادة الحيوية.
- لها مقاومة للتعويم.
- لها مقاومة للتفاعلات الكيميائية والبيولوجية وللمياه العادمة.

**حل مهمة 3**

| | خبث البراكين : | التشكيلات البلاستيكية : |
|---|---|---|
| مجالات الاستخدام | المياه العادمة البلدية | مياه عادمه عاليه التحميل العضوي |
| المادة المالئة | جملة | مواد متكتلة وألواح بلاستيكية |
| الوزن | كثافة < 2 كيلوجرام/م$^3$ | اصغر بشكل كبير مقارنه بخبث البراكين |
| التصميم الإنشائي | بناء ضخم نتيجة أوزان الحجارة العالية | بناء خفيف |
| ارتفاع البناء | 5-4 م طول المادة المالئة | أبراج المرشحات قد تصل الى 10م |
| المساحة النوعية | 80 م$^2$/م$^3$ | حتى 200 م$^2$/م$^3$ |
| حجم الفراغات | | اكبر بشكل كبير مقارنه بخبث البراكين |
| زمن المكوث | 20 دقيقة | اقل مقارنه بخبث البراكين بمقدار ٥ دقائق |
| خطر الانسداد | | اصغر بشكل كبير مقارنه بخبث البراكين |
| معدل التحميل | 200 الى 1,000 جرام $BOD_5$ /م$^3$ في اليوم | حتى 10,000 جرام $BOD_5$/م$^3$ في اليوم |
| أداء التنقية | حتى 90 % | التحميل العالي يصل الى50-60 % |

**حل مهمة 4**

أ.




**شكل: 2/8.3: عملية المعالجة في مرشح حيوي ثابت**

ب. - يحدث تحلل وتحول محتوى المواد في المياه العادمة على ارتفاعات مختلفة
- حدوث المناطق الهوائية والأنوكسيه في وقت واحد أمر غير ممكن
- نقص المواد العضوية واللازمة للبكتيريا الهيتروتروفك لاختزال النيتروجين في الطبعة السفلية من المرشح

**حل مهمة 5** : (ه)

**حل مهمة 6** : (ب)

**حل مهمة 7** : (أ)

**حل مهمة 8** : (ج)

**حل مهمة 9**

التصرف (Q)= 0.05 م$^3$/ الثانية x 3,600 ثانية/الساعة= 180 م$^3$/الساعة

المساحة (A) = $\frac{Q}{q_A}$ = $\frac{180 \text{ م}^3/\text{ الساعة}}{0.573}$ = 314 م$^2$

القطر(D) = $\left(\frac{Ax4}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$ = $\sqrt{\frac{4x314}{3.14}}$ = 20 م

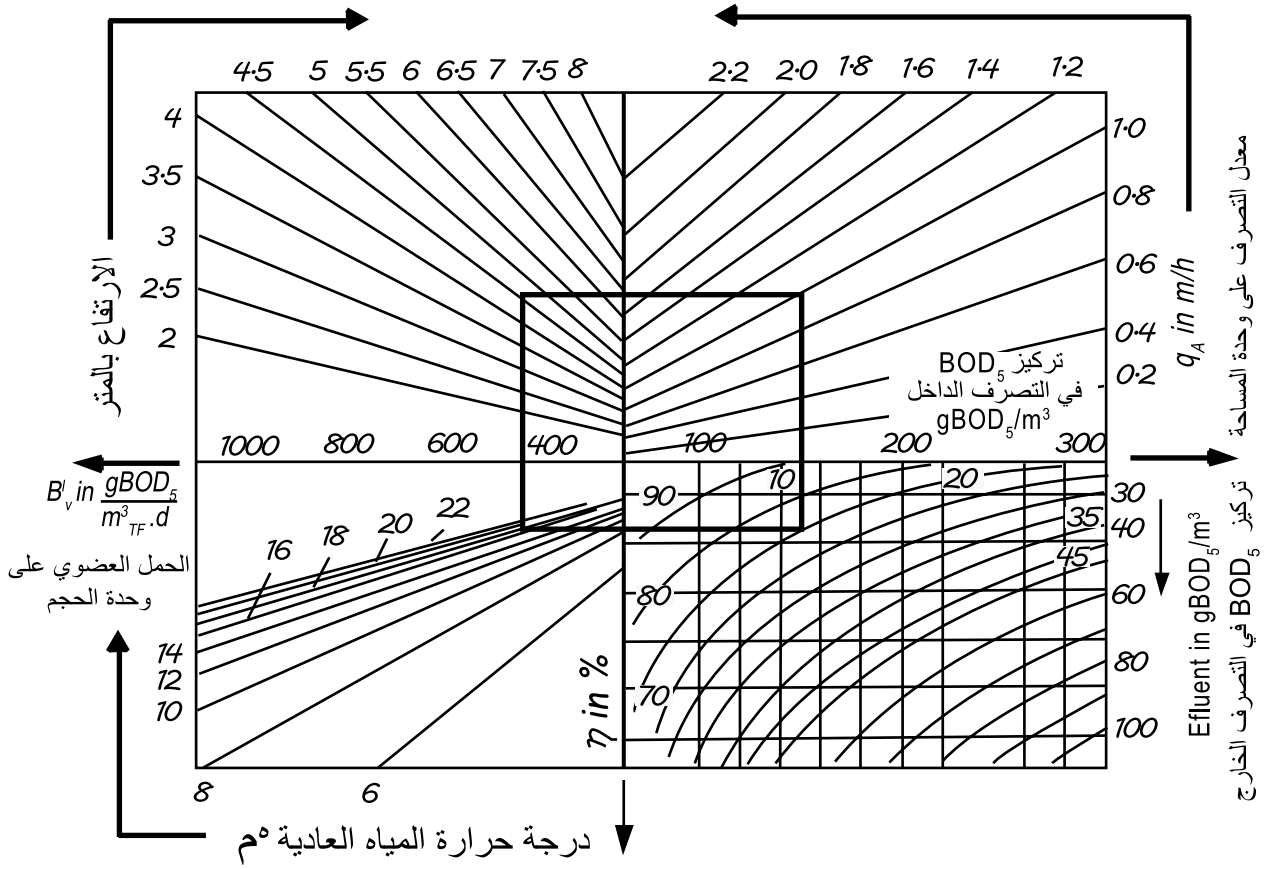
الحمل العضوي ($B_d$) = التصرف x التركيز

= 0.05 م$^3$/الثانية x 86,400 ثانية/اليوم x 0.15 كجرام/م$^3$ = 648 كجرام/اليوم

الحمل العضوي لوحدة المساحة ($B_V$) = $\frac{B_d}{V}$ = $\frac{B_d}{h \text{ x } A}$

العمق = $\frac{\text{648 كجرام/اليوم}}{\text{0.458 كجرام BOD}_5\text{/م}^3 \text{ في اليوم x 314 م}^2}$ = 4.50 م

**حل مهمة 10**




**شكل: 3/8.3: مخطط بياني لتحديد أبعاد المرشحات الحيوية الثابتة**

*Hosang; Bischof: Abwassertechnik, 9th Edition 1989 © Teubner, Stuttgart*

الإجابة هي 20 جرام/م$^3$

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

| | عملية المرشحات الحيوية | عملية أحواض التهوية |
|---|---|---|
| مرحلة الترسيب الابتدائي | حجز كل المواد المطلوبة | يحدث تحلل النيتروجين فقط بإزالة الحمأة الخشنة |
| المادة الحيوية | طبقة بيولوجية ثابتة | يتم التحكم بمحتوى المواد الصلبه المعلقة عن طريق إزالة الحمأة الزائدة |
| تخصيب وإغناء المادة الحيوية | يتم على المادة الحاملة | يتم من خلال تدوير الحمأة |
| معدل التحميل | تحميل قليل بمعدل 200 جرام/م$^3$ في اليوم<br>تحميل مرتفع بمعدل 400 جرام/م$^3$ في اليوم | تحلل الكربون هو 0.3 كجرام/كجرام في اليوم<br>تحلل النيتروجين هو 0.15 كجرام/كجرام في اليوم |
| التحكم | يتم فقط من خلال مقدار كمية المياه الراجعة | يتم من خلال نقل الأكسجين ومحتوى المواد الصلبة |
| نقل وتحويل الأكسجين | تهوية طبيعية نسبة المياه العادمة : الهواء هي 20:1 | يتم من خلال التهوية الاصطناعية |
| حجم المعالجة المعين (نسمة/ م$^3$) | تحميل قليل : 200 جرام/م$^3$ في اليوم: 40 جرام /النسبة في اليوم = 5 نسمه/م$^3$<br>تحميل مرتفع : 10 نسمه /م$^3$ | يتم تحليل الكربون عند حمل 25 نسمة/ م$^3$<br>يتم تحليل النيتروجين عند حمل 12.5 نسمه/م$^3$ |
| الكفاءة | $\eta = 93 - 0.017\, B_V$ | تحلل الكربون حسب رسم بياني لامهوف : 90% |
| استهلاك الطاقة | تكلفة الضخ للتحميل | تكلفة الضخ لنقل الحمأه المعاده وتكلفة ضخ الأكسجين |
| إزالة النيتروجين | في التربة بشكل عام ويحدث اختزال النيتروجين في مرشحات منفصلة | في عمليات متنوعة |
| مرحلة الترويق | حجمها صغير حيث يتم ترسيب الحمأة الزائدة فقط | حجمها كبير حيث يتم ترسيب الحمأة الراجعة والحمأة الزائدة معا |

**حل مهمة 2**

أ. - تحميل عضوي مرتفع (تأثير المياه العادمة الصناعية)
- التصرف السطحي للمياه العادمة او قوة الدفع منخفض جداً
- ترسيب ابتدائي غير كاف
- تركيز عالي جدا للمواد العضوية في المياه الداخلة (التركيز > 150 مليجرام/اللتر)
- أوراق الشجر المتساقطة
- الثلوج

ب. - رحض النقطة ( تثبيت الموزع الدوار أو استخدام نفاث مائي قوي)
- زيادة قوة الرحض
- زيادة كمية المياه المدورة
- تفكيك ميكانيكي للمادة المتجمعة على السطح
- إضافة مواد كيماوية مثل ($Na\ NO_3$)
- التغطية بسبب تأثير الطقس
- في الحالات القصوى يمكن إزالة المادة المالئة

**حل مهمة 3**

أ. إن هذه التغيرات في نقل المياه المدوره أمر معتاد. ولكن يجب التنويه أن أداء الترسيب في مرحلة الترسيب الابتدائي هي كافية لضمان عدم حدوث تسديد في المرشح الحيوي بالمواد القابلة للترسيب والتي لم يتم حجزها.

ب. - تقليل الحمل العضوي من خلال التخفيف (التركيز الداخل < 150 مليجرام/اللتر)
- زيادة كفاءة المعالجة
- المحافظة على المستوى المطلوب من التصرف السطحي في الأوقات التي ينخفض فيها معدل التصرف خلال الليل
- تلامس مكثف بين المياه العادمة والمادة الحيوية
- سرعة التأقلم مع بداية تشغيل أحواض الترشيح الحيوية
- إغناء وتخصيب المياه الداخلة على المرشح الحيوي بواسطة استخدام الإنزيمات والأكسجين

**حل مهمة 4**: (د)

**حل مهمة 5** : (أ)

**حل مهمة 6** : (ه)

**حل مهمة 7**

التحميل الحجمي للمرشح ($B_V$) = التصرف x التركيز / الحجم = 10,000 م$^3$/اليوم x 200 جرام/م$^3$ / 5,000 م$^3$ = 400 جرام/م$^3$ في اليوم

$\eta$ = 93 - ( 0.0017 x 400 ) = 86.2 %

التركيز في المياه الخارجة = 200 مليجرام/ اللتر x 0.138 = 27.6 مليجرام/اللتر.

التركيز الأدنى = 10,000م$^3$/اليوم x 200 جرام/م$^3$ + 5,000 م$^3$/اليوم x 27.6 جرام/م$^3$ / 10,000 م$^3$ + 5000 م$^3$

= 142 .5 مليجرام/اللتر

التحميل الحجمي للمرشح = 15,000 م$^3$/اليوم x 142.5 جرام/م$^3$ = 427.5 جرام/م$^3$ في اليوم / 5,000 م$^3$

$\eta$ = 93 - (0.0017 x 427.5 ) = 85.7 %

التركيز في المياه الخارجة = 142.5 مليجرام/اللتر x 0.143 = 20.4 مليجرام/اللتر

**حل مهمة 8**

أ. حجم المرشح الحيوي ($V_F$) = التصرف / المساحة = 3,000 م³/الساعة / 10 x 34 م² = 8.82 م/الساعة

$$= \frac{7.5 - 8.82}{7.5} \times 100 = 17.6\ \%$$

ب. $Q_1$ = 20 م/الساعة x 34 م² x 2 دقيقة ÷ 60 دقيقة/الساعة = 22.7 م³

$Q_{II}$ = 50 م/الساعة x 34 م² x 5 دقيقة ÷ 60 دقيقة/الساعة = 141.7 م³

$Q_{III}$ = 80 م/الساعة x 34 م² x 2 دقيقة ÷60 دقيقة/الساعة = 90.7 م³

مجموع التصرف = 225.1 م³

## حلول الفصل 1.4

### مخطط بياني لوحدات تنقية الحمأة

**حل مهمة 1**

أ.

الحمأة الابتدائية

| | | |
|---|---|---|
| Q | $m^3$ /a | 2,111 |
| R | % | 5.60 |
| IL | % | 60.00 |
| $m_{DR}$ | $Mg_{DR}$ /a | 118.3 |
| $m_{oDR}$ | $Mg_{DR}$ /a | 71 |

الحمأة الزائدة

| | | |
|---|---|---|
| Q | $m^3$ /a | 13,140 |
| R | % | 0.70 |
| IL | % | 96.40 |
| $m_{DR}$ | $Mg_{DR}$ /a | 92.1 |
| $m_{oDR}$ | $Mg_{DR}$ /a | 88.8 |

الحمأة الخام

| | | |
|---|---|---|
| Q | $m^3$ /a | 4,782 |
| R | % | 4.4 |
| IL | % | 75.80 |
| $m_{DR}$ | $Mg_{DR}$ /a | 210.4 |

التحلل اللاهوائي

| | | |
|---|---|---|
| V | $m^3$ | 500 |
| T | °C | 36 |
| t | d | 38 |
| $Q_{out}$ | $m^3$/a | 4,782 |
| $DR_{out}$ | % | 3.20 |
| $IL_{out}$ | % | 48.70 |
| $m_{DRout}$ | $Mg_{DR}$ /a | 153 |
| $m_{oDRout}$ | $Mg_{DR}$ /a | 75 |
| $B_R$ | kg oDR/m | 0.87 |
| انتاجية الغاز | $m^3$/a | 64,308 |
| انتاجية الغاز | l/kg oDR | 404 |
| انتاجية الغاز المعينة | l/Id | 24.4 |
| $CO_2$ | % | 34 |

**شكل 1/1.4: الموازنة لكميات الحمأة في محطة تنقية مياه عادمة أ**

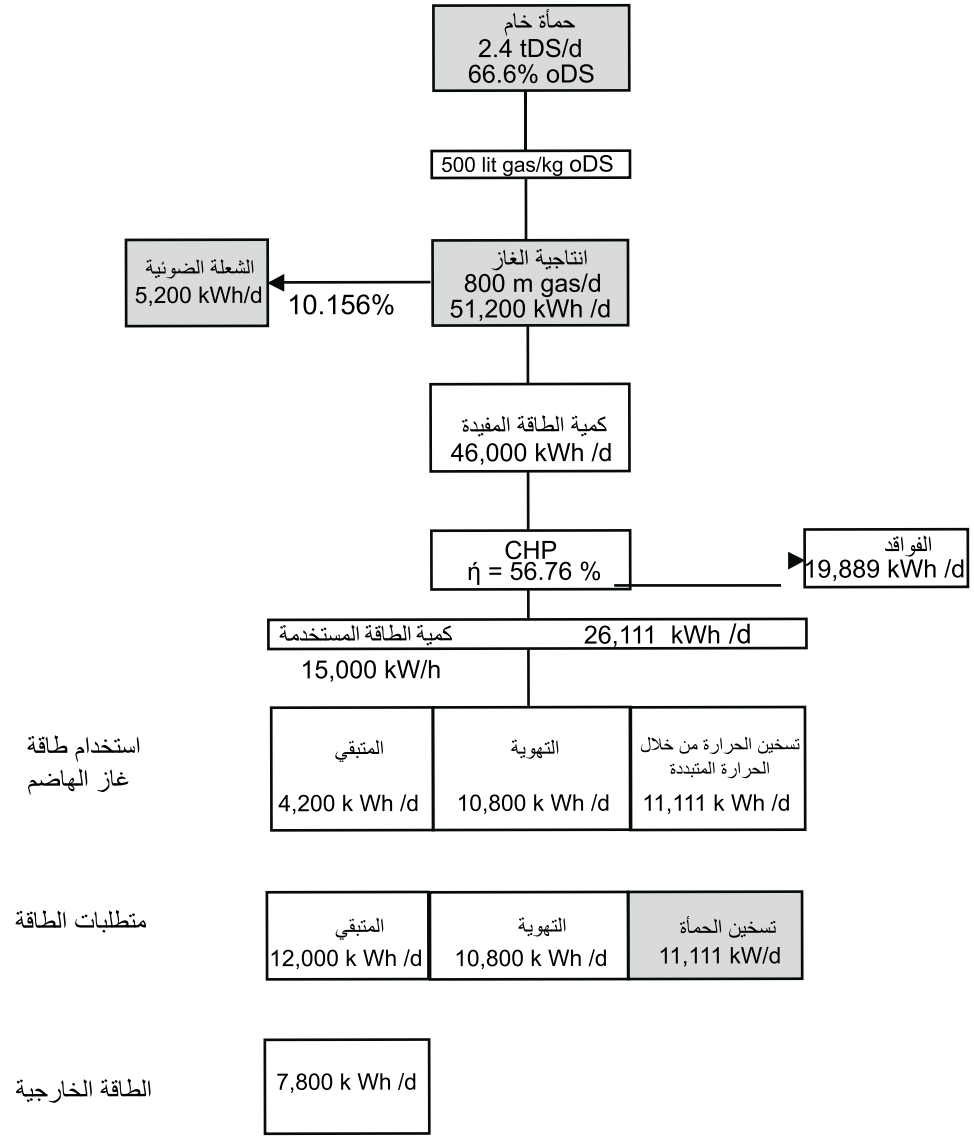
ب. كمية المواد العضوية الداخلة ($M_{oDS}$) = 4,782 م³/السنة x 0.044 x 0.758 = 160 م³/السنة
كمية المواد العضوية المتصرفة ($M_{oDS}$) = 4,782 م³/السنة x 0.032 x 0.487 = 75 م³/السنة
درجة التحلل oDS = (160-75) / 160 x 100% = 53.1 %

ج.

| قيم معايير التشغيل لهاضم حيوي ميزوفيلك أحادي المرحلة | | | | |
|---|---|---|---|---|
| سعة المحطة < 50,000 نسمة | الوحـــدة | القيم التصميمية | القيم الحقيقية | التقـــييم |
| زمن الهضم الحيوي | يوم | 30 – 20 | 38 | وفير |
| التحميل العضوي لوحدة الحجم | كجرام مواد صلبة ($م^3$ x يوم) | 2 | 0.87 | قليل |
| درجة التحلل | % | 45 < | 53 | جيد |
| إنتاجية الغاز المعينة | لتر/كجرام مواد صلبة | 500 – 400 | 404 | ضمن المدى |
| إنتاجية الغاز للشخص | لتر/نسمة في اليوم | 20 | 24.4 | ضمن المدى |
| محتوى $CO_2$ في غاز الهاضم | % | 36 - 26 | 34 | ضمن المدى |

إن درجة التحلل جيده بسبب قيم التحميل القليل وزمن التحلل الطويل. وأن قيم إنتاجية الغاز المعنية وإنتاجيته لكل شخص تقع في مدى القيم المقترحة والتي تبينها القيم الحديه لتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون $CO_2$.

**حل مهمة 2**




**شكل 2/1.4: الموازنة الحرارية لمحطة تنقية مياه عادمة**

## حلول الفصل 2.4

### أنواع الحمأة وتثبيتها

**حل مهمة 1**

ا. الحمأة الخام هي الحمأة الناتجة من محطة تنقيه المياه العادمه قبل إحداث أي معالجة لها.

ب. الحمأة الابتدائية هي الحمأة المترسبة في حوض الترويق وهي تحتوي على جزء كبير من الموادة الصلبة العضوية.

ج. الحمأة المنشطة هي الحمأة الناتجة من نظام الحمأة المنشطة والمترسبة في حوض الترويق وهي تتكون بشكل رئيسي من البكتيريا الهوائية المكونة للكتل الحيوية ومحتواها من المواد الصلبة أقل من 1%.

د. الحمأة المثبتة هوائياً هي الحمأة التي تكون فيها المواد العضوية قد تحولت بشكل مكثف تحت الظروف الهوائية إلى ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) وماء ($H_2O$) ومواد معدنية.

ه. الحمأة المهضومة هي الحمأة المثبتة لاهوائيا ومحتواها من المياه يتراوح بين 94 الى 98%.

**حل مهمة 2**

ا. 1 الى 2 لتر/النسمة في اليوم

ب. 2 الى 2.5%، 2 لتر من الحمأة الخام في اليوم : 80 الى 100 لتر/النسمة في اليوم x 100%

ج. 3/1 : في عملية الهضم تقل كمية المواد الصلبة في الحمأة الخام بقيمة 50% ويكون ثلثيها من المواد العضوية الصلبة.

**حل مهمة 3**

- تحلل مكثف للمواد العضوية
- تقليل كمية الحمأه المنتجة
- تحويل المواد الغنية بالطاقة الى مواد أقل طاقة ومستقرة في الحمأه المهضومة
- تجنب انبعاث الرائحة (من خلال التعفن)
- تحسين خصائص التكثيف والتجفيف للحمأة
- توليد الطاقة في حاله التثبيت اللاهوائي

**حل مهم 4**

أ. التثبيت الهوائي للحمأة

يحدث التثبيت الهوائي من خلال التهوية المطولة للحمأة المنشطة حيث تقوم المواد العضوية بالتحلل ويجب أن يكون عمر الحمأة 25 يوم على الاقل ويمكن تحقيق ذلك بمقدار تحميل للحمأة قيمته 0.05 كجرام $BOD_5$ لكل كيلوجرام من المواد الصلبة في اليوم.

التثبيت اللاهوائي للحمأة

يحدث التثبيت اللاهوائي من خلال أربع مراحل تتحلل فيها المواد العضوية في غياب الأكسجين (ظروف لاهوائية) وتنتج الطاقة في هذه العملية على شكل غاز الهاضم.

ب. يستخدم التثبيت الهوائي للحمأة في محطات معالجة المياه العادمة الصغيرة (< 10.000 نسمة) حيث أن ظروف التشغيل الاقتصادي للهاضم تكون غير متوفرة ويستخدم ايضا في محطات المعالجة المستقبلة لمياه عادمة صناعية حيث تكون خصائص الهضم اللاهوائي للحمأة سيئة.

**حل مهمة 5** : (ج)

**حل مهمة 6** : (ه)

**حل مهمة 7** : (ب)

**حل مهمة 8** : (د)

**حل مهمة 9** : (ج)

**حل مهمة 10** : (د)

**حلول الفصل 3.4**

## المعالجة اللاهوائية للحمأة (الهضم)

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

ا. ← 2، ب ← 3، ج ← 4، د ← 9، ه ← 13

**حل مهمة 2**

1. مرحلة التحلل بالماء
2. مرحلة التحول الى أحماض
3. مرحلة هدم الأحماض الى خلات
4. مرحلة تكوين غاز الميثان

**حل مهمة 3**

المرحلة الأولى ← التحلل بالماء: الأحماض الامينية ، الجلسيرين ، الأحماض الدهنية وعديدات السكر

المرحلة الثانية ← مرحلة التحول إلى أحماض: $H_2$ ، $CO_2$ ، أحماض عضوية، حمض الخليك الكحوليات

المرحلة الثالثة ← مرحلة هدم الأحماض الى خلات: حمض الخليك ،$H_2$ ، $CO_2$

المرحلة الرابعة ← مرحلة تكوين غاز الميثان: $CH_4$ ، $CO_2$

**حل مهمة 4**

ا. - كميات الحمأة
- المواد المتبقية الجافة
- الأحماض العضوية
- احتياطي الجير
- درجة الحموضة
- درجة الحرارة
- مقدار الغاز المنتج
- مكونات الغاز ( $CO_2$ , $CH_4$)

ب . لكي تتجنب تداعيات عملية الهضم

**حل مهمة 5**

1. التحميل الزائد من خلال زيادة الحمأه الخام الداخلة
2. الاختلافات في درجة الحرارة
3. تراكيز عالية من غاز كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$).
4. مواد سامة مثل المعادن الثقيلة والأحماض والقلويات والمواد العضوية السامة مثل الكلوروفورم والفينول
5. تراكيز عاليه من الأمونيا
6. سعة حمضية قليلة جداً للحمأة المهضومة

**حل مهم 6** : (ج)

**حل مهمة 7**: (ه)

**حل مهمة 8**: (ب)

**حل مهمة 9**

$$T_M = ( m_1 x T_1 + m_2 x T_2 ) / m_m$$

$$T_M = \frac{1,200\ م^3 \times 11 + 50\ م^3 \times 36}{1,250\ م^3} = 35\ م^\circ$$

$$\Delta T = 36\ م^\circ - 35\ م^\circ = 1\ م^\circ$$

**حل مهمة 10**

أ. $\frac{5.7}{100} \times 1,050$ كجرام مواد صلبة/م$^3$ = 59.9 كجرام مواد صلبة/م$^3$

$110\ م^3 \times 59.9$ كجرام مواد صلبة/اليوم $\times 0.75 = 4,942$ كجرام مواد صلبة/اليوم

$$\frac{4,942\ \text{كجرام مواد صلبة / اليوم}}{2,500\ م^3/\text{اليوم}} = 1.98\ \text{كجرام مواد صلبة/م}^3\ \text{في اليوم}$$

ب. معتمداً على السعة التصحيحية لمحطة معالجة المياه العادمة:

| | |
|---|---|
| < 50,000 نسمة | 2.0 كجرام مواد صلبة /م$^3$ في اليوم |
| 100,000 – 50,000 نسمه | 3.0 كجرام مواد صلبة/م$^3$ في اليوم |
| > 100,000 نسمه | 4.0 كجرام مواد صلبة/م$^3$ في اليوم |

ج. التداعي:

كنتيجة للتحميل الزائد للهاضم بالمواد العضوية الموجودة في الحمأه يزداد تكوين الأحماض العضوية والتي ستؤثر سلباً على التوازن بين عملية تكوين الأحماض وتحللها لتكوين غاز الميثان. إذا أدت العملية إلى تكوين أحماض بشكل كامل فيمكن القول أن التداعي حصل في عملية الهضم.

زيادة في تكوين الرغوة

نتيجة للتحميل الزائد للحمأة فإن البكتيريا تقوم بإنتاج الإنزيمات بغزارة مما يؤدي إلى تكوين الرغوة.

د. زمن المكوث $T = \frac{\text{الحجم}}{\text{التصرف}} = \frac{2,500\ م^3}{110\ م^3/\text{اليوم}} = 23$ يوم

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

| الخطر | الأسباب |
|---|---|
| خطر الانفجار | خليط الميثان والهواء بنسبة 85-95 % هواء و5 – 15% ميثان |
| خطر الاختناق | نقص في الأكسجين كنتيجة لتكوين غاز الهاضم وبشكل خاص غاز ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) في المناهل والغرف |
| خطر الاندفاع فجأة | ضغط منخفض أو مرتفع عند تصريف الحمأة إلى الهاضم بكمية اكبر من السعة المخصصة أو نتيجة عطل في نظام الغاز أو الشعله أو عطل في محبس الطوارئ |

**حل مهمة 2**

أ. حيث لم تجرى بعد عملية التنظيف الكاملة للهاضم فإن عملية انبعاث الغازات من الحمأة المتبقية ما زال ممكناً ولذلك يجب مراعاة الانتباه الى ضمان حدوث تهوية جيده بإجراء قياسات منتظمة للأكسجين وتوفير أجهزة أمان لعمال الصيانة.

ب. نعم لذلك يجب التأكد من حدوث تهوية جيدة.

**حل مهمة 3**

أ. اعد ملء الهاضم بالمياه المعالجة وارفع درجة حرارته الى درجة حرارة التشغيل بعد ذلك احضر بذور الحمأة من نفس المحطة وادخل زيادة تدريجية للحمأة الخام مع الملاحظة المستمرة لكل الخصائص ذات العلاقة بتشغيل الهاضم.

ب. - درجة الحرارة.
- تركيز ايون الهيدروجين.
- الأحماض العضوية / احتياطي الجير.
- المواد الصلبة الذائبة / فاقد الاشتعال للداخل والخارج.
- محتوى غاز الميثان.
- إنتاجية الغاز.

**حل مهمة 4**

أ. - بدفع غاز الهاضم.
- مضخة لولبيه.
- مضخات خارجية.
- أجهزة التقليب.

ب. - تسخين البخار منخفض الضغط.
- مبادل حراري خارجي.

**حل مهمة 5** : (ب)

**حل مهمة 6** : (ج)

**حل مهمة 7** : (ج)

**حل مهمة 8** : (أ)

**حل مهمة 9**

أ. التصرف(Q)= 2.0 لتر/النسمة في اليوم x ( 40,000 + 20,000).

= 120,000 لتر/اليوم.

زمن الهضم = $\frac{1,600 \text{ م}^3}{120 \text{ م}^3/\text{اليوم}}$ = 13.3 يوم

ب. تقليل كمية الحمأة أو زيادة محتوى المواد الصلبة وزيادة درجة حرارة الهاضم ايضاً.

**حل مهم 10**

أ. $CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$

44 جرام /المول ($CO_2$) ← 60 جرام / المول ($CH_3COOH$)

X ← 100 جرام

$$X = \frac{100 \text{ جرام} \times 44 \text{ لتر/ جرام/المول } CO_2}{60 \text{ جرام/المول}} = 73.3 \text{ جرام } CO_2$$

ب. 1 x 22.4 لتر/المول ($CH_4$) ← 60جرام / المول ($CH_3COOH$)

Y ← 100 جرام

$$Y = \frac{22.4 \text{ لتر/المول} \times 100 \text{ جرام } CH_4}{60 \text{ جرام/المول}}$$

= 37.3 لتر $CH_4$ في الظروف العادية

$$V_1 = \frac{V_o \times P_o \times T_1}{p_1 \times T_1}$$

$$V_1 = \frac{37.3 \text{ لتر } CH_4 \times 1,013 \text{ باسكال} \times 293 \text{ كلفنت}}{990 \text{ باسكال} \times 273 \text{ كلفنت}}$$

= 41.0 لتر $CH_4$

## حلول الفصل 4.4

## إنتاج الغاز ومعالجته وتخزينه والاستفادة منه

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

- تسخين الهاضم
- استخدامه في الآلات الغازية (توليد الطاقة و توليد الحرارة)
- خلط الهاضم
- تدفئة البنايات السكنية

**حل مهمة 2**

أ - خزانات الغاز الرطبة
- خزانات الغاز الجافة
- خزانات الغاز المضغوطة
- خزانات الغاز بوسادات التخزين

ب. - المياه في الخزان يمكن أن تتجمد لذا يجب تسخينها عند انخفاض درجات الحرارة
- خزان الحديد يكون عرضه الى التآكل المتزايد

**حل مهمة 3**

أ. يخدم غطاء الغاز في الجزء العلوي من الهاضم لتخزين الغاز وكموازن للضغط في النظام
ب. يعمل وعاء الزلط في انبوب الغاز على إجراء تنظيف أولي للغاز ويساعد أيضاً في تكثيف بخار الماء الموجود في الغاز
ج. بواسطة مشعل الغاز يتم حرق غاز الهاضم الزائد ويعمل ايضاً كجهاز أمان لتنظيم ضغط الغاز الزائد في النظام

**حل مهمة 4**

ا. 60 - 70 % ميثان ($CH_4$)
30 - 35 % ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$)
1 % غازات أخرى
ب. 350 إلى 500 لتر من غاز الهاضم لكل كيلوجرام من المواد العضوية االجافة وتساوي 15 الى 25 لتر لكل نسمة في اليوم.

**حل مهمة 5**

أ. كمية غاز الهاضم صغيرة جداً (< 350 نانو م$^3$/اليوم)
ب. مكونات غاز الهاضم ليست مثالية (القيم المفضلة: ميثان = 60-70%، ثاني أكسيد الكربون = 30-40%)
ج. مقدار حمل الهاضم أقل بكثير من القيم المفضلة وهي 1.7 كجرام مواد عضوية صلبة لكل متر مكعب في اليوم

**حل مهمة 6** : (ه)

**حل مهمة 7** : (د)

**حل مهمة 8** : (ج)

**حل مهمة 9**

10,000 لتر x 0.65 = 6.500 لتر ميثان

$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$

36 جرام $\rightarrow$ 22.4 لتر

6,500 لتر $\rightarrow$ X

X = $\frac{\text{6,500 لتر x 36 جرام}}{\text{22.4 لتر}}$ = 10,446 جرام ماء = 10.45 كجرام ماء

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

أ. إن كمية الغاز الناتج من المواد الدهنية العضوية هو ضعف كمية الغاز الناتج من المواد الكربوهيدراتيه والمواد البروتينية
ب. إن الدهون الحيوانية والنباتية والزيوت على عكس الزيوت المعدنية هي مواد قابله للتحلل. ان الزيوت المعدنية تمنع إنتاج غاز الهاضم وتؤدي الى الزيادة في تكوين الحمأه الطافية في الهاضم الحيوي

**حل مهمة 2**

أ. من خلال الاحتراق الغير كامل لغاز الهاضم نتيجة لدرجة حرارة الاحتراق المنخفضة
ب. يكون لون شعله الغاز في المشعل اصفر بدلا من الأزرق الذي ينتج عادة عند الاحتراق الكامل

**حل مهمة 3**

أ. سام : غازثاني أكسيد الكبريت ($H_2S$) له تأثير مميت حتى عند التراكيز القليلة مثل 0.1 %
ب. يسبب التآكل من خلال تحوله الى حامض الكبريتيك
ج. تتم عملية إزالة غاز كبرتييد الهيدروجين باستخدام هيدروكسيد الحديد

$$H_2S + Fe(OH_2) \rightarrow FeS + H_2O$$

**حل مهمة 4**

أ. حتى يوازن بين الإنتاج المتغير للغاز
ب. يحسب حجم التخزين للغاز معتمداً على تصرف الغاز من الهاضم ومجالات استخدامه (عند استخدام محطة تسخين مزدوج مثلاً يستهلك 30% من الغاز الناتج)

**حل مهمة 5**

- نتيجة للتـآكل العـالي الذي يسـببه غاز الهـاضم لذلك يجب استخدام أنابيب الحديد المطلي (stainless) أو البلاستيك في نقل الغاز
- نتيجة لتكون ماء متكثف لذلك يجب توفير ميل مناسب لأنابيب الغاز. كما أنه من الضروري جداً تخطيط أماكن أجهزة إزالة الماء في الأماكن المنخفضة
- يجب وضع علامة مميزة لأنابيب الغاز بشكل واضح (لونها اصفر)

**حل مهمة 6** : (د)

**حل مهمة (7)** : (ج)

**حل مهمة (8)** : (ه)

**حل مهمة 9**

$$V = \frac{V_{max} \times P_{max} \times T}{T_{max} \times P}$$

الحجم = $\frac{250 \text{ م}^3 \times 8 \text{ بار} \times 310 \text{ كلفنت}}{293 \text{ كلفنت} \times 1.035 \text{ بار}}$ = 2,044.48 م$^3$

الزمن = $\frac{\text{الحجم}}{\text{التصرف}}$ = $\frac{2,044.48 \text{ م}^3}{510 \text{ م}^3/\text{اليوم}}$ = 4 أيام

**حل مهمة 10**

المواد الصلبة: 0.08 كجرام مواد صلبة/النسمة في اليوم x 15,000 نسمة x 0.65
= 768 كجرام مواد صلبة في اليوم

حجم الغاز: 768 x 0.460 م$^3$ غاز/كجرام مواد صلبة = 353.5 م$^3$ غاز في اليوم

مقدار الطاقة السنوية: 353.3 م$^3$ غاز/اليوم x 0.00585 ميجاوات ساعة/م$^3$ غاز x 365 يوم/السنة
= 754.5 ميجاوات ساعة/السنة

## حلول الفصل 5.4

## تكييف وتكثيف وتخزين وتجفيف الحمأة

**القسم أ**

**حل مهمة 1**

أ. 1 ← المياه الواقعة بين شقين
2 ← المياه الداخلية
3 ← المياه المحجوزة والملامسة للسطح
4 ← المياه الشعرية

ب. المياه الخارجية ← 1،3، 4 – قوة تماسك قليلة إلى مرتفعة
المياه الداخلية ← 2 – قوة تماسك عاليه جداً

**حل مهمة 2**

أ. 3، ب. 2، ج. 1

**حل مهمة 3**

أ. 1. $Fe\ Cl_3$
2. $Fe\ Cl\ SO_4$
3. $Fe\ SO_4$
4. $Al_2(SO_4)_3$
5. $Ca\ O$
6. $Ca\ (OH)_2$

ب. إن الايونات الموجبة الشحنة من الملبدات تعادل جزئيات الحمأة السالبة الشحنة والطبقة المائية الملامسة لها بالطريقة الكهروكيميائية. وبذلك تنتج كتل كبيرة قادرة على الترسيب و يزداد تحرر المياه الملامسة للحمأة.

**حل مهمة 4**

1. 1. منطقة محلول الحمأة
2. منطقة الفصل
3. منطقة الانتقال
4. منطقة التكثيف
5. منطقة الترسيب

ب. 1. منطقة التصرف أو المدخل
2. إزالة محلول الحمأة إما من مخارج متدرجة أو من ارتفاع قابل للتعديل
3. محبس بوابة عند مخرج محلول الحمأة
4. أنبوب إزالة الحمأة المتكثفة

**حل مهمة 5** : (ب)

**حل مهمة 6** : (ه)

**حل مهمة 7**: (د)

**حل مهمة 8** : (ج)

**حل مهمة 9** : (ج)

**حل مهمة 10**

20,000 نسمة x 2 لتر/النسمة في اليوم = 40 م$^3$/اليوم

الحجم المطلوب = $\frac{\text{40 م}^3\text{/اليوم x 2.5 \%}}{\text{4.5 \%}}$ = 22.2 م$^3$

**حل مهمة 11**

مساحة مقطع الانبوب (A) = $\frac{\pi \text{ x (0.15 م)}^2}{4}$ = 0.0177 م$^2$

التصرف (Q) = المساحة x السرعة = 0.0177 م$^2$ x 0.8 م/الثانية = 0.01416 م$^3$/الثانية

= 51.0 م/الساعة.

## حلول الفصل 6.4

### الاستفادة والتخلص من الحمأة والمواد المتبقية

**حل مهمة 1**

أ. المواد المتبقية في أنظمة الصرف الصحي:
- محتويات أنظمة الصرف والأخاديد
- الترسبات في أنظمة الصرف الصحي وأحواض المطر
- الترسبات من حجر شفط المضخات

ب. المواد المتبقية في محطات تنقية المياه العادمة:
- المواد المحجوزة على المصافي (2 إلى 30 لتر/النسمة في السنة)
- المواد المحجوزة في غرف الرمال
- الدهون (إنتاجية متغيرة)
- الحمأة (كمية الحمأة الخام تساوي 1% من كمية المياه العادمة)

**حل مهمة 2**

- الحرق: استخدام الطاقة ( قيمة الحرارة المتولده > 11.000 كيلو جول/كجرام)
- استخدامات زراعية: أسمدة وتحسين التربة
- الديبال: أسمده وتحسين التربة

**حل مهمة 3**

أ. المزايا:
إعادة تدوير المواد في الدورة الطبيعية (الاستفادة أفضل من التخلص)
التخلص من الحمأة بأسعار مناسبة وتقليل إضافة الأسمدة الاصطناعية
تحسين التربة
العيوب:
تلويث التربة باستعمال الحمأة على المدى الطويل
مشاكل صحية
لا يمكن استخدام هذه الطريقة على مدار السنة وخصوصاً في الأراضي التي تغطيها الثلوج

ب. المزايا:
التخلص من الحمأة بطريقة لا تضر بالبيئية
تقليل حجم الحمأة
استغلال الطاقة الموجودة في الحمأة
إنتاج مواد يمكن تدويرها
العيوب :
لا يوجد تدوير للمواد في النظام البيئي
ارتفاع مصاريف الطاقة
تكاليف مرتفعة للحفاظ على حماية البيئة

**حل مهمة 4**: (أ)

**حل مهمة 5**: (أ)

**حل مهمة 6**

5,000 نسمة × 0.5 م$^3$ /النسمة في السنة = 2,500 م$^3$/السنة

2,500 م$^3$/السنة × $\frac{4}{100}$ × 1.05 طن/م$^3$ = 105 طن مواد صلبة/السنة.

المساحة المطلوبة (A) = (105 طن مواد صلبة/السنة×3 سنوات)/(5 طن مواد صلبة/هكتار) = 63 هكتار

**حل مهمة 7**

مقدار السعرات الحرارية للمواد الصلبة = 9,500 كيلو جول/كجرام مواد صلبة × 0.4
= 3,800 كيلو جول/كجرام مواد صلبة

الطاقة اللازمة للتبخير = 3,000 كيلو جول/كجرام مواد صلبة × 0.6
= 1,800 كيلو جول/كجرام مواد صلبة

مقدار السعرات الحرارية للحمأة = 3,800 - 1,800
= 2,000 كيلو جول/كجرام مواد صلبة

## حلول الفصل 1.5

## أخـــذ العيـــــنات

### حل مهمة 1

أ - القياسات التي يراد فحصها
- كمية ومحتوى المواد في العينة
- طريقة أخذ العينات (النوع والمكان والزمن)
- نوع المادة المصنوع منها وعاء أخذ العينات
- طريقة حفظ العينة

ب - تعطي العينة الممثلة وصف دقيق لخصائص المواد الكلية في العينة وهي في الواقع تطابق وتماثل في محتواها ذلك المحتوى الموجود في المياه العادمة أو الحمأة التي أخذت منها العينة

### حل مهمة 2

أ - موت البكتيريا وتحللها في الماء يؤدي إلى زيادة المواد الذائبة
- تقوم البكتيريا بإجراء تحويلات للمواد الموجودة في المياه العادمة
- حدوث تفاعلات بين المواد الموجودة مع بعضها البعض
- حدوث تفاعلات مع المادة المصنوع منها وعاء جمع العينات
- التصاق المواد في العينة بجدار وعاء جمع العينات
- حدوث تحلل للمادة المصنوع منها وعاء جمع العينات

ب. - $BOD_5$: تجميد عميق
COD: إضافة حمض $H_2SO_4$ لتصبح قيمة $pH < 2$ ثم التبريد عند درجة حرارة 2 الى 5 $^{O}$م
$NO_3$-N: إضافة حمض $H_2SO_4$ لتصبح قيمة $pH < 2$ ثم التبريد عند درجة حرارة 2 الى 5 $^{O}$م

ج. - $BOD_5$ : التصرف الداخل: خشن / بلاستيك
التصرف الخارج: عنق عريض و دائري/ بولي اثيلين
COD: خشن / بلاستيك
$NO_3$-N: بولي اثيلين أو زجاج

### حل مهمة 3

أ - تعيين معلومات التشغيل
- مراقبة ذاتية للمياه المتصرفة

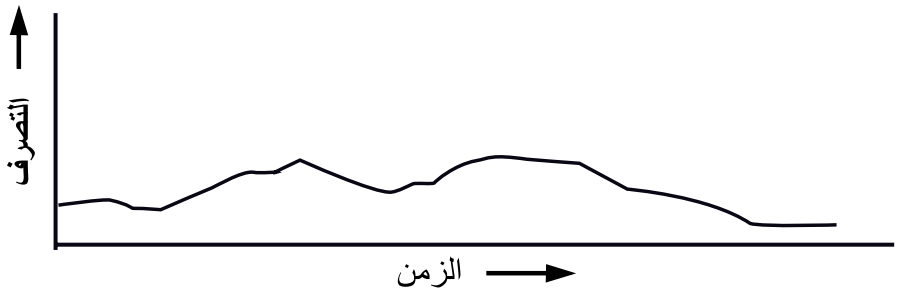
ب - أهمية ودلالة الفحوصات
- سعة المحطة
- العملية التكنولوجية ذات العلاقة

ج - يسهل التعامل معها
- لا يدرس استخدامها عادة في علم الكيمياء
- متوفرة ويمكن إستخدامها بسرعة ولا تتطلب وقت ومجهود مثل قياسات $BOD_5$

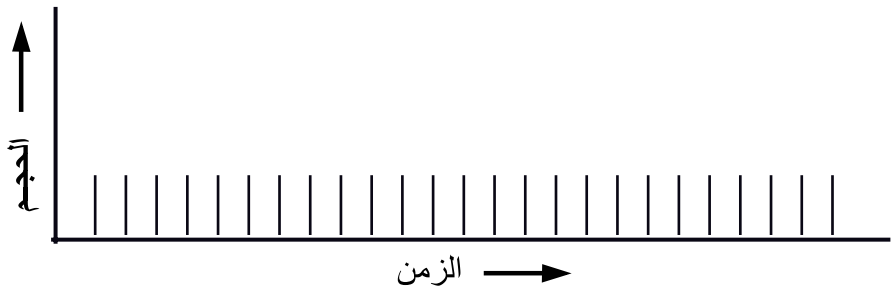
**حل مهمة 4**

أ. - المتناسبة مع الزمن: نفس الحجم عند فترات زمنية متساوية
المتناسبة مع التصرف: حجم متناسب مع مقدار التصرف عند فترات زمنية متساوية
المتناسبة مع الحجم: نفس الحجم عند فترات زمنية مختلفة (في حالة التصرف الثابت)

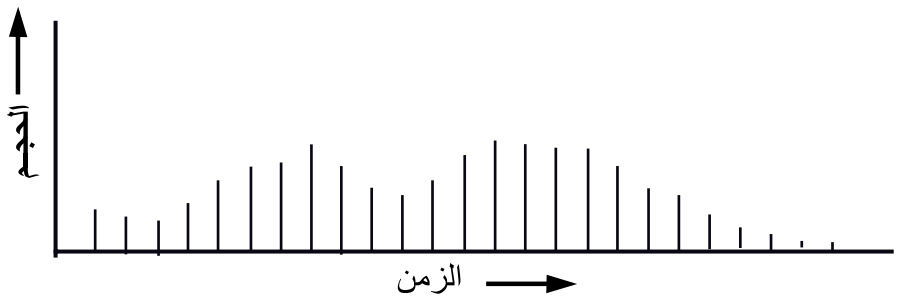
ب.




حجم العينات متناسبا مع الحجم




حجم العينات متناسبا مع الزمن




حجم العينات متناسبا مع التصرف

**شكل 1/1.5: طرق أخذ العينات**

**حل مهمة 5**: (د)

**حل مهمة 6:** (د)

**حل مهمة 7**: (ج)

**حل مهمة 8**

الزمن النظري = $\frac{V}{Q} = \frac{6{,}000 \text{ م}^3}{0.120 \text{ م}^3 / \text{الثانية} \times 3{,}600 \text{ ثانية / ساعة}}$ = 13.9 ساعة

الزمن العملي = الزمن النظري × 0.79 = 13.9 × 0.79 = 11 ساعة

الزمن الذي يجب عنده البدء بأخذ عينة المخرج هو: 8:00 + 11 = 19:00

**حل مهمة 9**

أ. $\frac{60 \text{ دقيقة}}{2 \text{ دقيقة}}$ = 30 مرة - وبالتالي فالحد الأقصى هو 31 غرفة

ب. 20 لتر × 0.75 = 15 لتر

$\frac{15 \text{ لتر}}{2 \text{ غرفة}}$ = 0.48 لتر/الغرفة، وبالتالي حجم المغرفة = 0.5 لتر

ج.
- إغسل وعاء العينات بالمياه العادمة
- في نهاية أخذ العينة يجب ملء الوعاء والذي حجمه 2 لتر مع مراعاة إجراء عملية خلط المكان الذي تؤخذ منه العينة
- ضع المعلومات على وعاء العينة

## حلول الفصل 2.5

### القياسات والفحوصات المخبرية

**حل مهمة 1**

1. قياس كمية التحول
   - تحويل الكميات الفيزيائية أو الكيميائية إلى كميات كهربائية

2. قياس قيمة التكبير/ التحويل
   - تكبير/ تحويل الاشارى المزودة في بند (1) أعلاه الى قيمة مناسبة للنقل أو الاشارة أو التسجيل أو التحويلات اللاحقة

3. تحول القيمة المقاسة (العمليات الحسابية)
   - تحويل القيمة المقاسة الى أخرى مثل تحويل قياس منسوب سطح الماء الى تصرف

4. مخرجات القيمة المقاسة للعملية اللاحقة.
   - إشارة
   - تسجيل
   - مراقبة وتنظيم

**حل مهمة 2**

تأثيرات جهاز القياس: المادة المصنع منها الجهاز ومكان التصنيع وعملية التصميم
تأثيرات بيئية: درجة الحرارة، الضغط الجوي، الرطوبة، المجالات الكهرومغناطيسية
أخطاء في القياس: خطأ في إجراءات القياس، خطأ في التركيب
تأثيرات شخصية: خطأ في القراءة، خطأ في الحسابات

**حل مهمة 3**

- تعرف قيمة درجة الحموضة pH بأنها اللغرثم السالب لتركيز أيون الهيدروجين.
- إذا كانت قيمة pH تساوي 7 في عينة حجمها لتر واحد فهذا يعني وجود $10^{-7}$ أيون هيدروجين
- لحساب متوسط قيم pH نقوم بحساب أيونات الهيدروجين لكل قيمة وبعدها نحسب المتوسط الحسابي ويكون اللوغرثم السالب لهذه القيمة هي قيمة pH.

| قيمة pH | تركيز أيون الهيدروجين |
|---|---|
| 7.0 | $10^{-7}$ = 0.000,000,1 |
| 6.5 | $10^{-6.5}$ = 0.000,000,316,2 |
| 6.3 | $10^{-6.3}$ = 0.000,000,501,1 |
| 4.0 | $10^{-4}$ = 0.000,1 |
| 6.3 | $10^{-6.3}$ = 0.000,000,501,1 |
| 6.5 | $10^{-6.5}$ = 0.000,000,316,2 |
| المجموع | = 0.000,101,734,6 |
| المتوسط | = 0.000,101,734,6 / 6 = 0.000,016,956 |

لوغرثم 0.000,016,956 = -4.77
القيمة المتوسطة لـ pH = 4.77

**حل مهمة 4**

أ - طرق التخفيف
- طرق التنفس (البارومترك ، المانوميتر)

ب - ماء التخفيف
- يجب عدم إضافة الكلور عليه
- يجب أن يحتوي على مغذايات كافية
- يمكن أن يحتوي على مواد عضوية على أن لا يزيد استهلاكها للأكسجين في خلال 5 أيام عن1-1.5 مليجرام أكسجين/ اللتر
- ألاّ يحتوي على تراكيز عالية من المواد الغير عضوية القابلة للأكسدة مثل أملاح الحديد ($Fe^{2+}$)
- أن لا تكون درجة حرارتها مرتفعة حتى يكون تركيز الأكسجين المذاب كافياً

ج - تضاف مادة ATH لمنع استهلاك الأكسجين المذاب بواسطة عملية أكسدة الأمونيوم ، حيث تعمل كمانع لعملية الأكسدة.

د - كمية الأكسجين المستهلكة في العينة : 6.3 مليجرام/اللتر
كمية الأكسجين المستهلكة في مياه التخفيف: - 0.7 مليجرام/اللتر

$$\frac{1{,}000 \times 5.6}{20} = 280 \text{ مليجرام أكسجين/اللتر}$$

**حل مهمة 5**: (ب)

**حل مهمة 6**: (أ)

**حل مهمة 7**: (ج)

**حل مهمة 8**: (ه)

**حل مهمة 9**

1. المواد الصلبة المتبقية $= \frac{27.18 - 30.75}{27.18 - 78.18} = \frac{3.57}{51.0} = 0.07 = \%7$
2. المواد المتطايرة $= \frac{27.18 - 28.43}{27.18 - 30.75} = \frac{1.25}{3.57} = 0.35 = \%35$
3. المواد الثابتة $= 1.0 - 0.35 = 0.65 = \%65$

**القسم ب**

**حل مهمة 1**

أ - يحول الضوء متعدد الألوان الى ضوء أحادي اللون بمساعدة مرشح
- بمرور الضوء أحادي اللون خلال العينة الملونة في الوعاء تتم عملية الامتصاص بناءً على سمك الطبقة وتركيز المحلول.
- تقاس شدة الضوء المتبقية وتقارن بالضوء المنبعث (نسبة الانتقال)
- يحدث التقييم بواسطة امتصاص الضوء وهو اللوغرثم السالب للانتقال وهذا يتناسب بشكل مباشر مع تركيز المواد المذابة في العينة

ب - $K_2Cr_2O_7$ عامل مؤكسد
- $H_2SO_4$ لجعل العينة حامضية
- $Ag_2SO_4$ محفذ
- $HgSO_4$ لمنع تأثير أيونات الكلورايد

ج - سخونة السحاحة
- الوعاء غير نظيف
- خطأ في الحجم المأخوذ
- لم يتم الحفاظ على زمن التفاعل أو درجة حرارة التفاعل
- تبديل في المواد الكيميائية أو نسيان إضافة بعض المواد أو عدم خلط بعض المواد عند إضافتها
- أن يتم القياس باستخدام الفلتر الخطأ للفوتوميتر
- تأثير العكارة وعدم تعديل الخطأ الناتج عن ذلك
- فحص العينة بعد انتهاء فترة الحفظ المحددة
- استمرار استخدام الفلتر بعد حصول تلوث أو عطل فيه

**حل مهمة 2**

أ. - عدم التماثل ودرجة الميل

ب. - استخدام محلولي معايرة: الأول له قيمة pH تساوي 7 والثاني 4 وذلك للمحاليل الحمضية بالإضافة إلى وجود ميزان قياس درجة الحرارة

ج. - عند إجراء قياسات دقيقة لدرجة الحموضة قبل كل قراءة
- عند تغيير مدى القياسات من محاليل حمضية الى محاليل قاعدية
- يجب إتباع دليل جهاز القياس على الأقل.

**حل مهمة 3**

أ. - الضغط الجزئي للأكسجين في المحلول
ب. - من خلال تقليص تركيز الأكسجين على القطب السالب المصنوع من الذهب بإطلاق أربع الكترونات لكل جزيئ أكسجين ويتزامن ذلك بأكسدة القطب الموجب المصنوع من الفضة باكتسابه لأربع الكترونات
ج. - يحدد تركيز الأكسجين والذي يعتمد على درجة الحرارة (تركيز الاشباع) من ضغط الأكسجين الجزئي المقاس
د. - من خلال تقليص تركيز الأكسجين على القطب السالب المصنوع من الذهب ويحدث هذا التقليص على سطح غشاء المجس المحمي

## حل مهمة 4

أ. هي صورة مكبرة ومعكوسة وواقعية
ب. موضوعي وبواسطة عدسة المجهر
ج. حساسية الجهاز
إن الفتحة الرقمية للهدف وطول الموجة للضوء المستخدم هي عناصر مهمة لتحديد حساسية الجهاز
د. - الحساسية والإضاءة وعمق المجال
- تقليل فتحة الغشاء يؤدي إلى تقليل الإضاءة والحساسية والزيادة في عمق المجال
ه. لفحص الأشياء الشفافة وقليلة التباين

## حل مهمة 5

أ. المواد الصلبة الجافة: هي قياس لكتلة المواد المحجوزة على ورقة الترشيح (جرام/اللتر) حيث يتم قياس الأجزاء الغير ذائبة فقط
المواد المتبقية الجافة: هي قياس لكتلة المادة الكلية حيث يتم قياس الأجزاء الذائبة والغير ذائبة معاً
ب. فاقد الإشعال للمواد الجافة الكلية
ج. - يجب إجراء الفحص فوراً بعد أخذ العينة
- إملأ بعناية أسطوانة زجاجية أو بلاستيكية سعة لتر واحد بعينة ممزوجة جيداً
- ضع أسطوانة القياس في مكان ساكن ومحمي من أشعة الشمس المباشرة (تجنب الاختلاف في درجة الحرارة)
- قس حجم الحمأة (ملليتر/اللتر) عند السطح الفاصل بين الحمأة والماء بعد 30 دقيقة من الترسيب
- عندما يكون حجم الحمأة أكبر من 250 ملليتر/اللتر فيجب عمل تخفيف للعينة بمياه مترسبة وبناءً على مقدار التخفيف الحاصل يتم ضرب النتائج بالعامل المناسب

## حل مهمة 6

أ. - نظارات الحماية
- حماية شاملة
- قفازات المختبر

ب. - اسم المادة
- اسم المركبات
- رمز الخطر ودلالات الخطورة
- معلومات الخطورة والأمان
- اسم المصنع والوكيل وعناوينهم
- معلومات إضافية عن: - المواد المسرطنة
- مستحضرات تحتوي على الاسبست
- مواد يتحرر منها الفورملدهايد

ج. مبادئ الخطورة والأمان:
- مبادئ الخطورة: معلومات عن الأخطار المحددة
- مبادئ الأمان: إرشادات الأمان والسلامة

**حل مهمة 7:** (ه)

**حل مهمة 8**: (ه)

**حل مهمة 9**: (ج)

**حل مهمة 10**: (أ)

## 6 . قائمة المراجع

[ تم ترجمة عنوان المرجع وإضافته بين قوسين ]


§ Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H.: Handbuch für Umwelttechnische Berufe, Band 3, Abwassertechnik [ كتاب أعمال الهندسة البيئية - المجلد الثالث-هندسة المياه العادمة ]; F. Hirthhammer Verlag, München

§ DWA Set of Rules and Standards, Standards and Advisory Leaflets [مجموعة القوانين والمعايير والنصائح]
[ يمكن الحصول على قائمة المراجع المتوفرة باللغة الانجليزية من الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات فيHennef]

§ DWA-Schulungsunterlagen für Abwassermeister/innen DWA [مراجع توجيهية لرؤساء الفنيين البيئيين]; DWA, Hennef

§ DWA-Schulungsunterlagen für Electrofachkräfte DWA [مراجع توجيهية لفنيي الكهرباء]; DWA, Hennef

§ Fachkaft für Abwassertechnik und Wasserversorgungstechnik, Handbuch für die Ausbildung im Bereich “Elektrische Anlagen“
[فنيين في هندسة المياه العادية و هندسة تزويد المياه، كتاب للمتدربين في مجال كهرباء المحطات] المكتب الفيدرالي البيئي في Essen.

§ Hosang/Bischof: Abwassertechnik [هندسة المياه العادمة]; B. G. Teubner, Stuttgart

§ Imhoff, K. and K. R.: Taschenbuch der Stadtentwässerung [كتاب لتصريف المياه البلدية], R. Oldenbourg Verlag, München

§ “Korrespondenz Abwasser” (KA) (مياه عادمة ومياه شرب ومخلفات صلبة), Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik (GFA), Hennef

§ Ka-Betriebs-Info [KA operating information], Supplement to the KA

§ Lenz, G.: DWA-Broschüre für Fachkraft der Abwassertechnik, Qualifikation des Betriebspersonals auf Kläranlagen, Grundbegriffe/-kenndaten
منشورات الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات لفنيّ هندسة المياه العادمة وتأهيل عمال التشغيل في محطات المعالجة والبنود الأساسية والخصائص المختلفة

§ Mudrack, K.; Kunst, S.: Biologie der Abwasserreinigung [بيولوجيا معالجة المياه العادمة], Verlag Gustav Fischer, Stuttgart-Jena-New York

§ Ver- und Entsorger, Aufgaben zur Kenntnisprüfung [ فنيين بيئيين - مسائل امتحانات];
المكتب الفدرالي البيئي في Essen

## 7 . مختصرات المعادلات

A : المساحة (م$^2$ أو ملم $^2$)

$B_d$ : الحمل العضوي (كجرام COD أو $BOD_5$/م$^3$يوم)

$B_{DS}$ : معدل تحميل الحمأة (كجرام $BOD_5$/مواد صلبة في اليوم)

Bv : معدل التحميل على وحدة الحجم (كجرام $BOD_5$ /م$^3$يوم)

c : السعة الحرارية النوعية (كيلو جول/كجرام كلفن)

cos ϕ : معامل الكفاءة (-)

$DS_a$ : كمية المادة الصلبة الجافة بعد إزالة الماء (كجرام/م$^3$)

$DS_b$ : كمية المادة الصلبة الجافة قبل إزالة الماء (كجرام/م$^3$)

$ES_d$ : كمية إنتاج الحمأة الزائدة (كجرام/اليوم)

F : القوة (نيوتن)

G : الميلان (%)

g : التسارع بفعل الجاذبية (م/الثانية$^2$)

h : الارتفاع (م)

$MLSS_{AT}$ : المحلول المختلط للمادة الصلبة المعلقة (كجرام مواد صلبة جافة)

$MLSS_{ES}$ : المحلول المختلط للمادة الصلبة المعلقة للحمأة الزائدة (كجرام مواد صلبة جافة)

$MLSS_{RS}$ : المحلول المختلط للمادة الصلبة المعلقة للحمأة الراجعة (كجرام مواد صلبة جافة)

m : الكتلة (كجرام)

$m_1$ : كتلة المحلول 1 (كجرام)

$m_2$ : كتلة المحلول 2 (كجرام)

P : القوة (نيوتن متر/الثانية)

$P_{el}$ : الطاقة الكهربائية (وات)

$P_{in}$ : الطاقة الكهربائية الداخلة (نيوتن متر/الثانية)

$P_{out}$ : الطاقة الكهربائية الخارجة (نيوتن متر/الثانية)

p : الضغط (نيوتن/م$^2$)

$p_1$ : ضغط الغاز عند الحالة 1 (Pa)

$p_2$ ضغط الغاز عند الحالة 2 (Pa)

Pop : عدد السكان (نسمة)

PE : عدد السكان المكافئ (نسمة)

PT : عدد السكان الكلي والمكافئ (نسمة)

Q : التدفق (م$^3$/الساعة أو لتر/الثانية)

$Q_{ES}$ : كمية تدفق الحمأة الزائدة (م$^3$/اليوم)

$Q_H$ : كمية الحرارة (كيلو جول)

$Q_{RS}$ : كمية تدفق الحمأة الراجعة (م$^3$/اليوم)

$q_A$ : معدل التحميل السطحي للحمأة (م/الساعة)

RR : نسبة الترجيع (-)

s : الممر (م)

$T_M$ : درجة حرارة الخليط (°C)

$T_1$, $T_2$ : درجة الحرارة عند الحالة 1 و2 (كلفن)

t : الزمن (ثانية)

$t_{DS}$ : عُمر الحمأة (يوم)

V : الحجم (م$^3$)

$V_a$ : الحجم بعد إزالة الماء (م$^3$)

$V_b$ : الحجم قبل إزالة الماء (م$^3$)

$V_{AT}$ : حجم حوض التهوية (م$^3$)

$V_S$ : حجم الحمأة (مليلتر/اللتر)

$V_1$; $V_2$ : حجم الغاز عند الحالة 1 و2 (م$^3$)

W : الشغل (نيوتن متر)

C : التركيز (كجرام/م$^3$)

ρΔ : مقدار التغير في درجة الحرارة (كلفن)

η : الكفاءة (-)

# 8 . قائمة المعادلات

| المعادلات العامة | المعادلات الخاصة بهندسة المياه العادمة |
|---|---|
| 1. الوزن: (كجرام x م/الثانية$^2$ = نيوتن) $F = m \times g$ | 1. التدفق ($م^3$/اليوم أو لتر/الثانية) التدفق = الحجم/الزمن = السرعة x المساحة $Q = V / t;$ $Q = v \times A$ |
| 2. الضغط: (كجرام/م x ثانية$^2$=نيوتن/متر$^2$) ضغط هيدروستاتي $p = F / A$ $p = \rho \times g \times h$ | 2. الحمل (كجرام/اليوم) الحمل العضوي = التدفق x التركيز $B_d = Q \times C$ |
| 3. الشغل: (كجرام/م$^2$ x ثانية$^2$=نيوتن متر) $W = F \times s$ | 3. معدل التحميل على وحدة الحجم: ($BOD_5$ كجرام/$م^3$ في اليوم) معدل التحميل على وحدة الحجم = الحمل العضوي/الحجم $B_V = B_d / V$ |
| 4. الكفاءة الميكانيكية: (كجرام/م$^2$ x ثانية$^3$=نيوتن متر/الثانية) $P = W / t$ | 4. معدل تحميل الحمأة: ($BOD_5$ كجرام/كجرام مواد صلبة في اليوم) معدل تحميل الحمأة= التدفق x التركيز/تركيز المواد الصلبة في المحلول المخلوط x حجم حوض التهوية $B_{DS} = \frac{Q \times C}{MLSS_{AT} \times V_{AT}}$ |
| 5. كمية الحرارة:(كيلوجول) $Q_H = c \times m \, \Delta\rho$ | 5. عُمر الحمأة (يوم) عمر الحمُأة= حجم حوض التهوية x تركيز المواد الصلبة للمحلول المخلوط في حوض التهوية/ التدفق الزائدللحمأة x تركيز المواد الصلبة للمحلول المخلوط في الحمأة الزائدة $t_{DS} = \frac{V_{AT} \times MLSS_{AT}}{Q_{ES} \times MLSS_{ES}}$ |
| 6. الكفاءة: [-] $\eta = p_{in} / p_{out}$ | 6. نسبة الترجيع: [-] $RR = Q_{DS} / Q$ $RR = MLSS_{AT} / (MLSS_{RS} - MLSS_{AT})$ |
| 7. قانون الغازات العام $\frac{p_1 \times V_1}{T_1} = \frac{p_2 \times V}{T}$ | 7. معدل التدفق على وحدة المساحة: (م/الساعة) $qA = Q / A$ |
| 8. الميلان: [%] $G = h/length \times 100\ \%$ | 8. كمية إنتاج الحمأة الزائدة: (كجرام مواد صلبة/اليوم) $ES_d = MLSS_{ES} \times Q_{ES}$ |
| | 9. دليل حجم الحمأة: (مليلتر/جرام) $SVI = V_S / MLSS_{AT}$ |
| | 10 . التغير في الحجم: ($م^3$) $Va = Vb \times DSa / DSb$ |
| | 11. درجة حرارة الخليط: (كلفن) $T_M = \frac{m_1 \times T_1 + m_2 \times T_2}{m_1 + m_2}$ |
| | 12. عدد السكان الكلي والمكافئ: (نسمة) $PT = Pop + PE$ |

**عمر زمو** (ترجمة ومواءمة للاحتياجات المحلية والإقليمية)
**هندسة المياه العادمة في سؤال وجواب**
تم مواءمة هذا الإصدار المعرب ليتناسب مع الوضع في فلسطين والبلدان المجاورة.

لقد تم ترجمة ومواءمة هذا الإصدار من كتاب بعنوان "هندسة المياه العادمة في سؤال وجواب" عن الطبعة العاشرة المنشورة باللغة الألمانية من قبل الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات (DWA) ليتناسب مع الاحتياجات المحلية والإقليمية. ويأتي نشر ومواءمة هذا الإصدار الجديد ضمن إطار الدعم من التعاون الإنمائي الألماني الفلسطيني لسلطة المياه الفلسطينية في إدارة وتنسيق التدريب في قطاع المياه الفلسطيني.

وتهدف الطبعة الحادية عشرة المعربة من كتاب "هندسة المياه العادمة في سؤال وجواب" إلى توفير المعرفة والخبرة العملية لطلبة الجامعات والمدربين. كما تهدف إلى تمكين الموظفين الفنيين والمهنيين للاضطلاع بمهامهم ومسؤولياتهم بشكل مستقل والمساهمة في تحسين المهارات القيادية والإدارية لرؤساء الفنيين.

هذه الطبعة التي تصدر باللغة العربية تغطي المجالات الرئيسية لتصريف ومعالجة مياه الصرف الصحي ومعالجة الحمأة وكذلك كيفية أخذ العينات وتحليلها وتتألف من جزأين : المهام والحلول حيث استحوذ التنوع قي مواضيع هندسة المياه العادمة على تغطية واسعة.

صادرعن الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات (DWA) وبدعم من التعاون الإنمائي الألماني الفلسطيني

التعاون الإنمائي الألماني الفلسطيني

German Palestinian Development Cooperation

تنسيق التدريب بواسطة سلطة المياه الفلسطينية (PWA) و الوكالة الالمانية للتعاون التقني gtz
www.watertraining-palestine.org
www.pwa.ps