مسائل مختارة
على هامش

الهندسة البيئية

ترجمة بتصرف
البروفيسور الدكتور : عصام حسن عبد الماجد

هدية من
مكتبة الجزيرة تأصيل المعرفة
التاريخ .....

مسائل مختارة على هامش الهندسة البيئية

Sudan Library
Acc. No. .....
Class Mark .....

ترجمه بتصرف

البروفيسور الدكتور عصام محمد عبد الماجد

محتويات كتاب مسائل مختارة على هامش الهندسة البيئية

الكتاب الأول: مسائل مختارة في امداد الماء

- قائمة المحتويات : ٣
- مقدمة : ٥
- الفصل الأول : خواص الماء والفضلات السائلة : ٨
  - أ) الخواص الطبيعية (الفيزيائية)
  - (ب) الخواص الكيميائية
  - تمارين عملية (١)
- الفصل الثاني : الترسيب والطفو : ٣٦
  - الترويب (الخثورة) والليود
  - تمارين عامة (٢)
- الفصل الثالث : الترشيح : ٥٦
  - تمارين عامة (٣)
- الفصل الرابع : التهوية : ٦٦
  - تمارين عامة (٤)
- الفصل الخامس : التطهير : ٧٦
  - تمارين عامة (٥)
- الفصل السادس: موازنة الماء : ٨٠
  - تمارين عامة (٦)

الكتاب الثاني: مسائل مختارة في هندسة الفضلات السائلة

- الفصل السابع : حجم الفضلات السائلة وجمعها ونقلها : ٨٨
  - (أ) إنسياب موسم الجفاف
  - (ب) المكافئ السكاني
  - (ج) جمع الفضلات السائلة ونقلها
  - تمارين عامة (٧)
- الفصل الثامن : معالجة الفضلات السائلة : ١٠٤
  - (أ) إزالة الرواسب غير العضوية
  - (ب) الحمأة النشطة
  - (ج) حوض النضيض

(د) برك موازنة الأوساخ
(هـ) أخاديد الأكسدة
(و) أحواض التحليل اللاهوائي
تمارين عامة (٨)
• الفصل التاسع : معالجة الحمأة والتخلص منها : ١٣٩
(أ) الهضم اللاهوائي
(ب) إزالة الماء من الحمأة
(ج) الإنتاج النظري للمرشحات الدوارة
(د) التخلص في المسطحات المائية
تمارين عامة (٩)
• المراجع والمصادر : ١٥٩
• مرفقات : ١٦٢
جدول (١) ضغط بخار الماء المشبع بدرجة الحرارة
جدول (٢) بعض الخواص الطبيعية للماء
جدول (٣) قيم تركيز الأكسجين الذائب في الماء
جدول (٤) بعض الأوزان الذرية لبعض العناصر
جدول (٥) معامل التوزيع للأكسجين في الماء
جدول (٦) جدول تحويل الوحدات
شكل (١) الجدول الدوري للعناصر
شكل (٢) معامل السحب لكرة لعدة أرقام رينولد
شكل (٣) رسم تخطيطي لحل صيغة ماننج لأنابيب دائرة ممتلئة
شكل (٤) بياني معدلة مبني على صيغة ماننج
شكل (٥) رسم بياني معادلة صممه هوفر
شكل (٦) منحنى تلمان
شكل (٧) معامل الاحتكاك لدفق تام في أنابيب
شكل (٨) رموز واشارات هامة
شكل (٩) معادلات هامة
شكل (١٠) العناصر الهيدروليكية لقطع دائري

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

إن المكتبة الانكليزية تعج بالكتب المتخصصة في أفرع وعلوم الهندسة البيئية غير أن معظمها ينحو للشرح والتبيان النظري مما يقلل من الاتيان بالمسائل العملية المفيدة لكل من الطالب والباحث ومهندس الحقل، ومن هنا نبعت أفكار صياغة واعداد كتيبات تعنى بهذا الأمر. ثم كان لثورة التعليم العالي فضل ترسيخ الدراسة بلغة القرآن مما أملى التفكر في ترجمة الكتب الهادفة والمعينة لطلاب الدبلوم العالي والبكالريوس والدراسات العليا، ولمساعدة المدرس المتخصص لقطف ما يساعده تيسيراً لتوصيل المعلومة العلمية لطلابه. ومن المتوقع أن يفيد هذا الكتاب من ذكرنا وغيرهم من أهل الصناعة الهندسية وأصحاب التخصصات ذات الصلة.

وقد جمع هذا الكتاب محتويات كتابين عالج أولهما المواضيع المتعلقة باستعذاب الماء، وتفرد الآخر بطرق مواضيع جمع ومعالجة الفضلات السائلة. وعليه نتج هذا السفر في قالب كتابين قُسّما على تسعة فصول. نظر الكتاب الأول في مسائل مختارة في امداد الماء عبر فصوله الستة: حيث عالج الفصل الأول خواص الماء والفضلات السائلة بالتركيز على الخواص الطبيعية والكيميائية. وتطرق الفصل الثاني لعمليات الترسيب والطفو. وباشر الفصل الثالث نظريات الترشيح. أما الفصل الرابع فقد انفرد بتوضيح علوم التهوية. وعولج أمر التطهير من خلال الفصل الخامس ليختم هذا الكتاب بالفصل السادس المتعلق بموازنة الماء. أما الكتاب الثاني فقد أبان مسائل مختارة في هندسة الفضلات السائلة عبر فصوله الثلاثة ، إذ اختص الفصل السابع بتبيان طرق قياس حجم الفضلات السائلة (بالتركيز على إنسياب موسم الجفاف والمكافئ السكاني) وجمع الفضلات السائلة ونقلها. وعين الفصل الثامن ليختص بعمليات ووحدات معالجة الفضلات السائلة (مثل إزالة الرواسب غير العضوية والحمأة النشطة وأحواض النضيض وبرك موازنة الأوساخ وأخاديد الأكسدة

وأحواض التحليل اللاهوائي. وقام الفصل التاسع بدراسة معالجة الحمأة والتخلص منها بالتركيز على أسس الهضم اللاهوائي وإزالة الماء من الحمأة والإنتاج النظري للمرشحات الدوارة ونماذج التخلص في المسطحات المائية.

ولكسب المهارة تضمن كل فصل من فصول الكتاب عدة تمارين عملية متنوعة تعين على تركيز المعلومة وزيادة الفهم واكساب أصول وفن التصميم الهندسي. ثم أدرجت في الكتاب قائمة بأهم المراجع والمصادر لزيادة المعلومات والاستزادة من السرد النظري لمواضيع الكتاب. ووضع في المرفقات جدول تحويل الوحدات وبعض المعادلات والرموز المفيدة والجداول التي لا غنى عنها للتصميم الهندسي.

إن اخراج هذا الكتاب نتاج فضل وجهد مقدر من أخوة كرام وهيئات يهمها أمر التعليم العالي بالبلاد ومن هؤلاء الأجلاء نخص بالشكر: الهيئات والمنظمات التي سمحت باعادة نشر بعض منتجاتها العلمية المكملة للمحتوى العلمي لهذا الكتاب، ومعالى البروفيسور الدكتور إبراهيم أحمد عمر وزير التعليم العالي والبحث العلمي لتشجيعه ولتفضله بدعوتنا لاصدار هذه الطبعة لصالح وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، والبروفيسور الدكتور عبد الكريم محمد صالح مدير المجلس القومي للبحوث والدكتور الحسين النور يوسف مدير دار النشر جامعة الخرطوم لتكرمهما بالتصديق على ترجمة الكتابين الصادرين من مؤسستيهما، والأخ الفاضل محمدين الطيب البدوي مدير مؤسسة التربية للطباعة والنشر للطباعة الفاخرة لهذا الكتاب ، والأخت حنان بابكر مبروك للمساعدة في تصوير بعض الأشكال ، والأبناء لبنى وهشام ومحمد وتغريد وتسنيم والزوجة الفضلى ليلى صالح محمود صالح لتحضير مسودة الكتاب على الحاسوب واخراج النسخة الجاهزة للتصوير. والشكر أجزله لكل من فاتنا ذكرهم ممن ساهموا في اخراج هذا الكتاب.

البروفيسور الدكتور المهندس عصام محمد عبد الماجد أحمد

الخرطوم في: ربيع ثاني ١٤١٩ هـ - يوليو ١٩٩٨

الكتاب الأول

مسائل مختارة في امداد الماء

الفصل الأول : خواص الماء والفضلات السائلة

تستخدم خواص المياه وخصائص الفضلات السائلة فى عدة مجالات تضم :

١. تقدير درجة التلوث الحالية والمتوقعة.

٢. تحديد طبيعة العينات المأخوذة لإجراء الإختبارات.

٣. التحكم الجيد فى معدل الدفق والتخلص النهائى.

٤. سن المؤشرات والمعايير والتشريعات والقوانين والخطوط التوجيهية.

٥. إنشاء وتصميم وحدات التنقية والمعالجة الملائمة.

٦. تقويم كفاءة عمل وحدات التنقية والمعالجة.

٧. وضع أنماط مناسبة للقياس والتحكم وضبط الجودة.

أ) الخواص الطبيعية (الفيزيائية)

مثال (المواد الصلبة) ١-١

ما مقدار تركيز كل من المواد الصلبة الكلية والمواد الطيارة وتلك الثابتة لعينة من ماء عكر على حسب المعطيات المبينة فى الجدول التالى.

البيان	القيمة
وزن البوتقة الفارغة	٤١,٣٠٨٠ جم
الوزن الثابت للبوتقة + وزن المواد الصلبة المجففة على درجة حرارة ١٠٤ °م	٤١,٣٧١١ جم
وزن البوتقة + لمواد المجففة على درجة حرارة ٥٥٠ درجة مئوية	٤١,٣٣٧٠ جم
حجم العينة التى تم تبخرها من البوتقة	١٠٠ مللتر

الحل

١- المعطيات: بيانات الأوزان وحجم العينة.

٢- أوجد كتلة المواد الصلبة الكلية = (كتلة البوتقة الفارغة + المواد الصلبة) - (كتلة البوتقة الفارغة) = ٤١,٣٧١١ - ٤١,٣٠٨٠ = ٠,٠٦٣١ جم

كتلة المواد الصلبة = ٠,٠٦٣١ جم = ٦٣,١ ملجم

٣- أوجد درجة تركيز المواد الصلبة الكلية = كتلة المواد الصلبة/حجم العينة = (١٠٠٠×٦٣,١) ÷ ١٠٠ = ٦٣١ ملجم/لتر

٤- أوجد كتلة المواد الصلبة الثابتة = (كتلة البوتقة الفارغة + المواد الصلبة الثابتة) - (كتلة البوتقة الفارغة) = ٤١,٣٣٧٠ - ٤١,٣٠٨٠ = ٠,٠٢٩٠ جم

كتلة المواد الصلبة الثابتة = ٠,٠٢٩ جم = ٢٩,٠ ملجم/لتر

٥- أوجد درجة تركيز المواد الصلبة الثابتة = ٢٩×١٠٠٠÷١٠٠ = ٢٩٠ ملجم/لتر

٦- أوجد درجة تركيز المواد الصلبة الطيارة = تركيز المواد الكلي - تركيز المواد الثابتة = ٦٣١ - ٢٩٠ = ٣٤١ ملجم/لتر

مثال (الموصلية الكهربائية) ١-٢

تبلغ درجة تركيز كل من المواد الصلبة والموصلية الكهربائية في عينة من الماء ١٥١٦ ملجم/لتر و٢٥٢٧ ميكروموهوس/سم على الترتيب. أوجد الموصلية الكهربائية لعينة ماء تصل فيها درجة تركيز المواد الصلبة ٤٠٩٢ ملجم/لتر.

الحل

١. المعطيات: TDS١ = ١٥١٦ ملجم/لتر، EC١ = ٢٥٢٧ ميكروموهوس/سم، TDS٢ = ٤٠٩٢ ملجم/لتر.

٢. أوجد الحد الثابت بإستخدم معادلة الموصلية الكهربائية للمحلول : TDS = a*EC ، حيث: TDS = تركيز المواد الصلبة (ملجم/لتر) و a = حد ثابت و EC = الموصلية الكهربائية للمحلول (ميكروموهوس/سم). وعليه a = ١٥١٦ ÷ ٢٥٢٧ = ٠,٦

٣. أوجد الموصلية الكهربائية للعينة الثانية من الماء بإستخدام نفس القانون:

$EC_2 = TDS_2 \div a = ٤٠٩٢ \div ٠,٦ = ٦٨٢٠$ ميكروموهوس/سم.

مثال (المعاير الحجمى أو معامل المرونة الحجمى) ١-٣

استخدم ضغط مقداره ١١٠٠ كيلو نيوتن/م٢ لضغط سائل حجمه ٨١٠ سم٣ في أسطوانة حجمها لتر. أوجد معامل المرونة الحجمى للسائل

الحل

١- المعطيات: حجم السائل = ٨١٠ سم٣، P = ١١٠٠×١٠٠٠ نيوتن/م٢، حجم الأسطوانة = ١ لتر

٢- أوجد معامل المرونة الحجمى للسائل من المعادلة $E_v = -\frac{dP}{\left(\frac{dV}{V}\right)} = -\frac{dP}{\left(\frac{\rho}{d\rho}\right)}$

حيث:

E_v = المعاير الحجمى (نيوتن/م٢)

dP = التغير التفاضلى فى الضغط (باسكال)

dV = التغير التفاضلى فى الحجم (م٣)

V = الحجم (م٣)

ρ = كثافة المائع (كجم/م٣)

$EV = -١٠٠٠\times١١٠٠ \div ((١٠٠٠ - ٨١٠) \div ١٠٠٠) = ٥,٧٩\times١٠^{٦}$ نيوتن/م٢

مثال (درجة اللزوجة) ١-٤

ما نوع إنسياب المواد التالية طبقا لبيانات القص وميل السرعة المبينة بالجدول التالي لدرجة حرارة ثابتة:

المادة الأولى		المادة الثانية	
ميل السرعة dv/dy (نقية/ث rad/s)	القص (كيلو باسكال)	ميل السرعة dv/dy (نقية/ث rad/s)	لقص (كيلو باسكال)
٠	٠	٠	٠
١	١,٦	٥	١,٣
٢	٤,٢	٦	٢,٥
٣	٦,٦	١٠	٣,٧
٤	١١,٢	١٤	٤,٩
٥	١٧,٤	٢٠	٦
٦	٢٩	٢٤	٧,١

الحل

١-المعطيات: تغير القص مع ميل السرعة للمادتين.

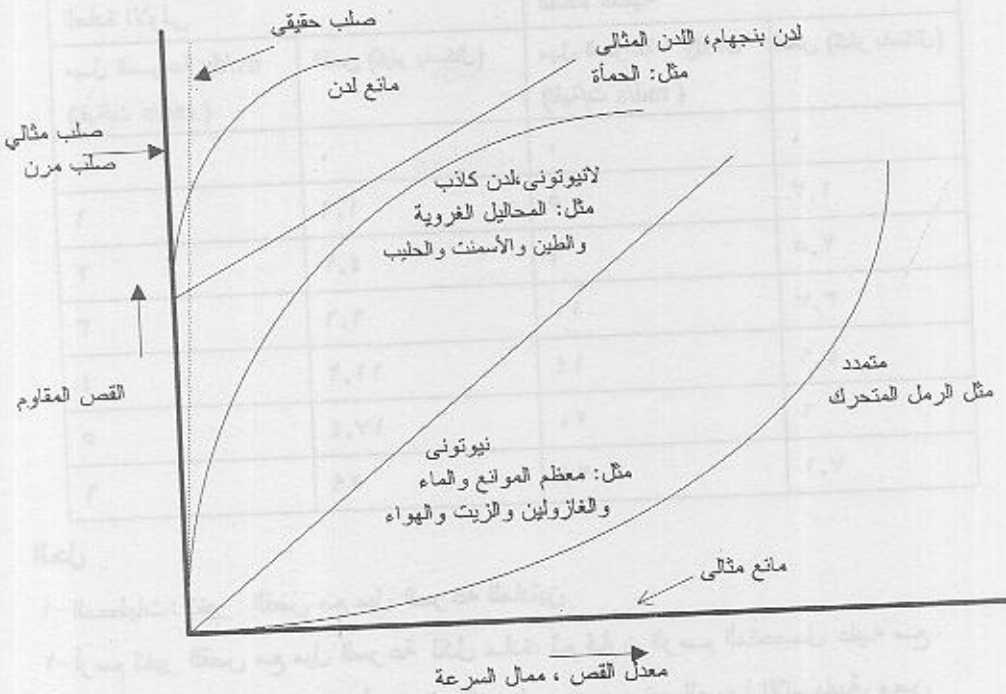
٢-أرسم تغير القص مع ميل السرعة لكل مادة، ثم قارن الرسم المتحصل عليه مع المنحنيات المبينة على شكل أنواع الموائع على حسب خصائصها الإنسيابية. ومن الرسم يتضح أن المادة الأولى لها خصائص إنسيابية تماثل تلك للسائل المتمدد، أما المادة الثانية فلها خصائص إنسيابية تماثل تلك للسائل النيوتوني.

مثال (درجة اللزوجة) ١-٥

أوجد درجة اللزوجة الديناميكية لسائل معين بافتراض أن درجة اللزوجة الكينماتيكية والثقل النوعي له يساويان: ٢,٦×١٠-٤ م٢/ث و ٠,٦٤ على الترتيب.

الحل

١-المعطيات: ν = ٢,٦×١٠-٤ م٢/ث، sg = ٠,٦٤



منحنيات الدفق

٢-أوجد كثافة السائل بافتراض أن كثافة الماء تساوى ١٠٠٠ كجم/م^{٣} وباستخدام العلاقة:

كثافة السائل = الثقل النوعى للسائل × كثافة الماء ، ρ = ١٠٠٠×٠,٦٤ = ٦٤٠ كجم/م^{٣}.

٣-أوجد درجة اللزوجة الديناميكية للسائل باستخدام المعادلة $\nu = \mu/\rho$

μ = ٢,٦×١٠$^{-٤}$ × ٦٤٠ = ٠,١٦٦ نيوتن×ث/م^{٢}.

مثال (التوتر السطحي) ١-٦

تم غمر أنبوب زجاجي نظيف مفتوح داخل حوض به زئبق على درجة حرارة ٥٢٠ م. أوجد الإنخفاض فى طول عمود الزئبق داخل الأنبوب علماً بأن قطر الأنبوب ٢,٥ ملم وقوة التوتر السطحى للزئبق لدرجة حرارة ٥٢٠ م تبلغ ٠,٤٦٦ نيوتن/م وكثافته ١٣٦٠٠ كجم/م^{٣} ووزنه النوعى ١٣٣ كيلونيوتن/م^{٣} ودرجة لزوجته الكينامتيكية ١,١٥×١٠$^{-٧}$ م^{٢}/ث.

الحل:

١- المعطيات D = ٢,٥×١٠$^{-٣}$ م، T = ٥٢٠ م، σ = ٠,٤٦٦ نيوتن/م، ρ = ١٣٦٠٠ كجم/م^{٣}، γ = ١٣٣٠٠٠ نيوتن/م^{٣}، ν = ١,١٥×١٠$^{-٧}$ م^{٢}/ث.

٢- أوجد طول إنخفاض الزئبق داخل الأنبوب من المعادلة:

$$\sigma = h(\rho_1 - \rho_2)\frac{g.r}{2\cos\phi} = h(\rho_1 - \rho_2)\frac{g.D}{4\cos\phi}$$

حيث:

σ = قوة التوتر السطحى (نيوتن/م)

h = الإرتفاع (أو الإنخفاض الشعرى) للسائل عبر الأنبوب (م)

ρ_1 = كثافة السائل (كجم/م^{٣})

ρ_2 = كثافة الغاز (أو السائل الأخف وزنا) (كجم/م^{٣})

g = عجلة الجاذبية الأرضية المحلية (م/ث٢)

r = نصف قطر الأنبوب الداخلى (م)

ϕ = زواية التلامس بين الأنبوبة والمائع الأثقل (ولمعظم السوائل العضوية والماء (مع الزجاج) = صفر متى ما ابتل الزجاج برقاقة من السائل، كما وأن زاوية التلامس تساوى ١٤٠° لتلامس الزئبق مع الزجاج)

D = قطر الأنبوب (م)

h =(٤×٠,٤٦٦×جتا ١٤٠) ÷ (١٣٣×١٠٠٠×٢,٥×١٠ $^{-٣}$) = ٤,٣ ملم

مثال (الإشعاعية) ١-٧

يزن عنصر مشع ٣ كيلوجرام وعمر نصفه ٢٤ يوم. أوجد المقدار المتبقي من العنصر بعد مضى فترة حفظ قدرها ١٤ يوم وفترة ٦٠ يوم. مامقدار الفترة الزمنية اللازمة لفقدان ١,٨٩ كيلوجرام من هذا العنصر؟

الحل

١- المعطيات: n_o = ٣ كجم، $t_{1/2}$ = ٢٤ يوم.

٢- أوجد قيمة ثابت التلاشي لتفاعل محدد: k = ٠,٦٩٣ ÷ ٢٤ = ٠,٠٢٨٩ /يوم

٣- أوجد القيمة المتبقية من العنصر بعد مضي ١٤ و ٦٠ يوم علي الترتيب من المعادلة:

$$\ln \frac{n_t}{n_o} = -k.t$$

حيث:

n_o = عدد النوى الموجودة في الزمن صفر

n_t = عدد النوى الموجودة في الزمن t

k = ثابت التلاشي لتفاعل محدد $\left(k = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}\right)$

$t_{1/2}$ = عمر النصف للعنصر المعين

وعليه: $n_{١٤}$ = $n_0 \times e^{-kt}$ = $٣ \times e^{-٠,٠٢٨٩ \times ١٤}$ = ٢ كجم

وكذلك: $n_{٦٠}$ = ٠,٥٣ كجم

٤- الكمية الموجودة في الزمن المطلوب n_t = ٣ - ١,٩٨ = ١,٠٢ كجم

أوجد المدة الزمنية المطلوبة لفقد ١,٨٩ كجم من العنصر: $t = -(\ln n_t/n_0) \div k$

t = (لو$_e$ (١,٠٢÷٣)) ÷ ٠,٠٢٨٩ = ٣٧,٣ يوم.

(ب) الخواص الكيميائية

مثال (الرقم الهيدروجيني) ١-٨

كم يبلغ تركيز أيون الهايدروكسيل بالمليجرام على اللتر لعينة معينة رقمها الهيدروجيني يساوى ٢,٤٦.

الحل

١- المعطيات: pH = ٢,٤٦

٢- أوجد مقدار pOH من المعادلة pH + pOH = 14

pOH = ١٤ - ٢,٤٦ = ١١,٥٤

٣- أوجد درجة تركيز الهايدروكسيل: $[OH^-] = ١٠^{-١١,٥٤} = ٢,٨٨ \times ١٠^{-١٢}$ مول/لتر

٤- أوجد درجة تركيز الهايدروكسيل بالملجم/لتر:

$[OH^-] = ٢,٨٨ \times ١٠^{-١٢} \times (١٦ + ١) = ٤,٩ \times ١٠^{-٨}$ ملجم/لتر

عسر الماء

عسر الماء يعنى عدم مقدرة الماء على تكوين رغوة مع الصابون. وتسبب عسر الماء أيونات المعادن الموجبة ثنائية التكافؤ، مثل أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والإسترونسيوم والحديد والمنجنيز (أنظر جدول ١).

جدول (١) أهم الشوارد (الأيونات) الموجبة والسالبة المسببة لعسر الماء {٣٢، ٣٦، ٥٣، ٥٤}

الشوارد الموجبة	الشوارد السالبة
كالسيوم Ca^{++}	بيكربونات HCO_3^-
حديد Fe^{++}	نترات NO_3^-
ماغنيسيوم Mg^{++}	كبريتات (سلفات) SO_4^{--}
منجنيز Mn^{++}	كلوريد Cl^-
استرونسيوم Sr^{++}	سليكات SiO_3^-

ويمكن تقسيم عسر الماء الى عسر مؤقت (عسر كربونى) وعسر دائم (عسر غير كربونى). حيث يحتوى العسر المؤقت على بيكربونات الكالسيوم وكربونات وبيكربونات المغنيسيوم. أما العسر الدائم فيحتوى على كبريتات وكلوريد كل من الكالسيوم والمغنيسيوم. تضم الآثار الضارة لعسر الماء التالي:

- إزدياد إستهلاك الصابون (مضار إقتصادية).
- تكوين مترسبات فى أجهزة وتوصيلات المياه الساخنة والغلايات والمراجل والمعدات المنزلية وأحواض المطبخ وغسالات الصحون وأحواض غسيل الأيدى وما شاكلها.
- تكوين ترسبات كلسية فى محطات توليد الكهرباء الحرارية.
- صبغ الملابس والصحون وغيرها من الأوعية والمعدات المنزلية.
- تعمل كملين ومسهل للمستهلكين الجدد خاصة عند وجود كبريتات المغنسيوم (قد تكون هذه فائدة لبعض المرضى).
- يمكن أن تمكث بقايا مترسبات العسر والصابون فى فتحات الأحواض مما يكسبها الملمس الخشن غير المرغوب فيه.
- إصابات معوية وجلدية فى بعض الحالات.
- تأثير على نسبة امتزاز الصوديوم.

ويمكن التحكم فى عسر الماء بعدة طرق من أهمها الترسيب: سواء بالغليان بالنسبة للعسر المؤقت أو بالطرق الكيميائية عن طريق إضافة الجير والصودا الكاوية بالنسبة للعسر المؤقت والدائم.

مثال (عسر الماء) ١-٩

تم الحصول على النتائج المبينة فى الجدول التالى عند تحليل عينة من الماء:

الشوارد الموجبة	درجة التركيز (ملجم/لتر)	الشوارد السالبة	درجة التركيز (ملجم/لتر)
Mg^{++}	٤٨,٦	SO_4^{--}	٩٦
Na^{+}	٣٤,٥	Cl^{-}	٧١
Sr^{++}	٨,٧	HCO_3^{-}	١٢٢
Ca^{++}	٦٠	NO_3^{-}	؟

أ) أحسب درجات تركيز الشوارد بالمللمكافئ/لتر.

ب) أوجد قيمة كل من العسر الكلى والكربونى وغير الكربونى لعينة الماء. ما هو تقديرك لدرجة العسر للعينة؟

ت) بإفتراض عدم وجود أى خطأ فى التجارب المخبرية المجرأة علي عينة الماء، أوجد قيمة درجة تركيز أيون النترات

ث) ارسم المخطط الخطى للعينة.

ج) بين الإتحادات الكيميائية المحتملة للشوارد الموجبة والسالبة للعينة.

الحل

١- المعطيات: درجات تركيز الشوارد الموجبة والسالبة للعينة.

٢- أوجد درجات تركيز العناصر مقدرة بالمللمكافئ على اللتر وذلك بإستخدام المعادلة :

$$C = \frac{C_o}{EW}$$

حيث:

C = درجة تركيز العنصر (ملليمكافئ/لتر)

C_0 = درجة تركيز العنصر المعطاة (ملجم/لتر)

EW = الوزن المكافئ للعنصر : $EW = \frac{MW}{Z}$

MW = الوزن الجزيئى للعنصر (يمكن إيجاده من الجدول الدورى للعناصر)

Z = تكافؤ العنصر

٣- حول درجات التركيز المقدرة بالملليمكافئ/لتر الي ملجم $CaCO_3$/لتر، وذلك بضرب درجات التركيز فى الوزن المكافئ لكربونات الكالسيوم:

الوزن المكافئ لكربونات الكالسيوم = الوزن الجزيئى÷التكافؤ = (٤٠+١٢+٣×١٦) ÷ ٢ = ٥٠ ، ويبين الجدول أدناه هذه التقديرات:

المكونات	الوزن المكافئ	الوزن	ملليمكافئ/لتر	ملجم/لتر $CaCO_3$
الشوارد الموجبة (كاتيون)				
Ca^{++}	٢٠	٦٠	٣	١٥٠
Mg^{++}	٢٤,٣	٤٨,٦	٢	١٠٠
Sr^{++}	٤٣,٨	٨,٧	٠,٢	١٠
Na^{++}	٢٣	٣٤,٥	١,٥	٧٥
الشوارد السالبة (أنيون)				
HCO_3^-	٦١	١٢٢	٢	١٠٠
SO_4^{--}	٤٨	٩٦	٢	١٠٠
Cl^-	٣٥,٥	٧١	٢	١٠٠
NO_3^-	٦٢	٤٣,٤	٠,٧	٣٥

٤- أوجد قيمة عسر الماء من المعادلة:

العسر الكلى = مجموع (أيونات الكالسيوم + أيونات المغنسيوم + أيونات الإسترونسيوم)

= ٣+٢+٠,٢ = ٥,٢ ملليمكافئ/لتر = ٥٠×٥,٢ = ٢٦٠ ملجم$CaCO_3$/لتر

العسر الكربونى = مجموع أيونات الكربونات والبيكربونات

= ٢ ملليمكافئ/لتر = ٥٠×٢ = ١٠٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

العسر غير الكربونى = العسر الكلى - عسر الكربونات

= ٢٦٠ - ١٠٠ = ١٦٠ ملجم/لتر $CaCO_3$ ، ومن الجدول (٢)

يتبين أن العينة لماء عسر (٢٦٠ ملجم$CaCO_3$/لتر)

معدل العسر	[illegible]
عسر	١٧٦ - ٣٠٠
شديد العسر	أكثر من ٣٠٠

٥- بافتراض عدم وجود أى خطأ فى التجربة فإن: مجموع الكاتيونات = مجموع الأنيونات،

وعليه: Na^+ + ٥,٢ = ٦,٧

ومنها: درجة تركيز أيون النترات = ١,٥ ملليمكافئ/لتر = ٦٢×١,٥ = ٩٣ ملجمNa^+/لتر

= ٥٠×١,٥ = ٧٥ ملجم$CaCO_3$/لتر

٦- أرسم المخطط الخطى للماء. ومنه يمكن ايجاد الإتحادات الكيميائية المحتملة للعينة على النحو التالى:

بيكربونات الكالسيوم = ٢ ملليمكافئ/لتر = ١٠٠ملجم/لتر $CaCO_3$

كبريتات الكالسيوم = ١ ملليمكافئ/لتر = ٥٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

كبريتات المغنسيوم = ١ ملليمكافئ/لتر = ٥٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

كلوريد المغنسيوم = ١ ملليمكافئ/لتر = ٥٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

كلوريد الإسترونسيوم = ٠,٢ ملليمكافئ/لتر = ١٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

كلوريد الصوديوم = ٠,٨ ملليمكافئ/لتر = ٤٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

نترات الصوديوم = ٠,٧ ملليمكافئ/لتر = ٣٥ ملجم/لتر $CaCO_3$

مثال (عسر الماء) ١-١٠

أشارت التجارب المجراة على عينة من المياه إلى البيانات التالية

البيان	التركيز جم/م^3
Ca^{++}	١٤٠
Mg^{++}	٢٤,٣
$H\,Co_3^-$	٣٠٥
CO_2	١٢

أوجد قيمة عسر الماء الكلي والكربوني وغير الكربوني

الحل

١- المعطيات: درجات تركيز الشوارد الموجبة والسالبة للعينة.

٢- أوجد درجات تركيز العناصر مقدرة بالملليمكافئ على اللتر وحول درجات التركيز المقدرة بالملليمكافئ/لتر الي ملجم $CaCO_3$/لتر كما مبين بالجدول التالي:

المكونات	الوزن	الوزن المكافئ	ملليمكافئ/لتر
الشـــوارد الموجبـــة			
(كاتيون)	١٤٠	٢٠	٧
Ca^{++}	٢٤,٣	١٢,١٥	٢
Mg^{++}			
الشوارد السالبة (أنيون)			
HCO_3^-	٣٠٥	٦١	٥
CO_2	١٢		

٤- أوجد قيمة عسر الماء من المعادلة:

العسـر الكلـى = مجمـوع (أيونـات الكالسـيوم + أيونـات المغنسـيوم) = ٧ + ٢ = ٩ ملليمكافئ/لتر

العسر الكربونى = مجموع أيونات الكربونات والبيكربونات = ٥ ملليمكافئ/لتر

العسر غير الكربونى = العسر الكلى - عسر الكربونات = ٩ - ٥ = ٤ ملليمكافئ/لتر

مثال (عسر الماء) ١-١١

بالإشارة إلى البيانات التالية لنتائج تحليل عينة من الماء

النتيجة	التركيز (ملجم/لتر)
Ca^{++}	٨٠
Mg^{++}	١٢,١٥
$H\,CO_3^-$	٣٠٥
CO_2	١٢

أحسب قيمة العسر الكلي والكربوني وغير الكربوني مقدراً بقيمة ملجم/لتر $CaCO_3$ لهذه العينة من الماء

الحل

١- المعطيات: درجات تركيز الشوارد الموجبة والسالبة للعينة.

٢- أوجد درجات تركيز العناصر مقدرة بالملليمكافئ على اللتر وحول درجات التركيز المقدرة بالملليمكافئ/لتر الي ملجم $CaCO_3$/لتر كما موضح على الجدول التالي:

التركيز	الوزن	الوزن المكافئ	ملليمكافئ/لتر	لجم/لتر $CaCO_3$
الشوارد الموجبة (كاتيون)	٨٠	٢٠	٤	٢٠٠
Ca^{++}	١٢,١٥	١٢,١٥	١	٥٠
Mg^{++}				
الشوارد السالبة (أنيون)				
HCO_3^-	٣٠٥	٦١	٥	٢٥٠
CO_2	١٢	٢٢	٠,٥٥	٢٨

٣-أوجد قيمة عسر الماء من المعادلة:

عسر الكلى = مجموع (أيونات الكالسيوم +أيونات المغنسيوم) = ٢٠٠ + ٥٠ = ٢٥٠ جم$CaCO_3$/لتر

عسر الكربونى = مجموع أيونات الكربونات والبيكربونات = ٢٥٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

عسر غير الكربونى = العسر الكلى - عسر الكربونات = ٢٥٠ - ٢٥٠ = صفر م/لتر $CaCO_3$

(عسر الماء) ١-١٢

البيانات التالية إلى نتائج تحليل عينة من الماء الخام المطلوب إزالة العسر منها خدام طريقة الجير ورماد الصوديوم . أوجد كمية الجير المطلوب لتيسير الماء علماً بأن المتوفر بالسوق المحلي نقي بدرجة ٩٠ ٪ أحسب قيمة العسر الكلي وغير الكربوني.

التحليل	جم/م^3
كالسيوم	١٤٠
ماغنسيوم	٢٤,٣
بيكربونات	٣٠٥
ثاني أكسيد الكربون	١٢

الحل

١- المعطيات: درجات تركيز الشوارد الموجبة والسالبة للعينة.

٢- أوجد درجات تركيز العناصر مقدرة بالمللمكافئ على اللتر وحول درجات التركيز المقدرة بالمللمكافئ/لتر الي ملجم $CaCO_3$/لتر كما موضح على الجدول التالي:

التركيز	الوزن	الوزن المكافئ	مللمكافئ/لتر
الشوارد الموجبة (كاتيون)			
Ca^{++}	١٤٠	٢٠	٧
Mg^{++}	٢٤,٣	١٢,١٥	٢
الشوارد السالبة (أنيون)			
HCO_3^-	٣٠٥	٦١	٥
CO_2	١٢	٢٢	٠,٥٥

٣-أوجد قيمة عسر الماء من المعادلة:

العسر الكلي = مجموع (أيونات الكالسيوم + أيونات المغنسيوم) = ٧ + ٢ = ٩ مللمكافئ/لتر = ٤٥٠ ملجم$CaCO_3$/لتر

العسر الكربونى = مجموع أيونات الكربونات والبيكربونات = ٥ مللمكافئ/لتر = ٢٥٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

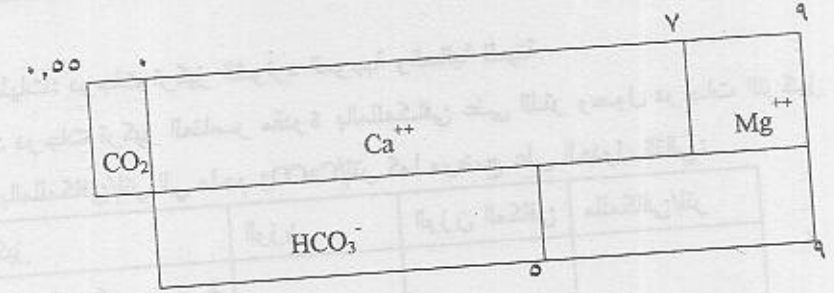
العسر غير الكربونـــى = العســر الكلــى – عســر الكربونــات = ٤٥٠ – ٢٥٠ = ٢٠٠ ملجم/لتر $CaCO_3$

التفاعلات الأساسية لطريقة الجير ورماد الصودا باستخدام الجير المطفأ :

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$$

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$

ويمكن عمل رسم مخطط للماء الخام كما مبين:



٤– أحسب كمية الجير المطفأ المطلوب ليساوي $Ca(HCO_3)_2 + CO_2$ في هذه الحالة = ٠,٥٥ + ٥ = ٥,٥٥ مكافئ/م^3

وبما أن الوزن المكافئ للجير المطفأ $(Ca(OH)_2)$ = ٣٧ عليه

كمية الجير المطلوبة = ٣٧×٥,٥٥ = ٢٠٥ جم/م^3

ومن الأفضل استعمال كمية أكبر من الجير لتعويض ذوبانية كربونات الكالسيوم. وعليه يمكن استخدام ٢١٥ جم/م^3 من الجير، وبما أن درجة نقاء الجير ٩٠٪ فتصبح كمية الجير المطلوب شراؤه من السوق = ٢١٥×١٠٠ ÷ ٩ = ٢٣٩ جم جير/م^3

مثال (ذوبانية الغاز) ١-١٣

أوجد درجة تركيز التشبع لغاز الأكسجين المذاب فى عينة من الماء غير مالحة عند درجة حرارة ٢٢° م وضغط جوى ٦٤٥ ملم زئبق، علما بأن درجة تركيز الأكسجين ٨,٣٣ ملجم/لتر.

الحل

١- المعطيات: T = ٢٢° م، P = ٦٤٥ ملم، C' = ٨,٣٣ ملجم/لتر.

٢- أوجد من الجداول ضغط بخار الماء المتشبع عند درجة حرارة ٢٢° م ليساوي ١٩,٨٢ ملم زئبق

٣- أوجد درجة تركيز الغاز عند التشبع بإستخدم المعادلة $C' = \frac{C_s(P - p_w)}{(760 - p_w)}$

حيث:

C = ذوبانية الغاز عند الضغط P ودرجة الحرارة المعطاة (ملجم/لتر)

Cs = درجة تركيز الغاز عند التشبع (ملجم/لتر)

P = الضغط القياسى (البارومترى) (ملم)

pw = ضغط بخار الماء المتشبع عند درجة حرارة الماء (ملم)

٨,٣٣ = Cs×(٦٤٥ - ١٩,٨٢) ÷ (٧٦٠ - ١٩,٨٢)

وعليه: Cs = ٩,٨٦ ملجم/لتر

(حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى)

يقيس هذا المعيار كمية الأكسجين التى تستهلكها الأحياء المجهرية عند أكسدتها الهوائية للمواد العضوية. ويفيد المعيار فى تحديد كمية الأكسجين التقريبية المطلوبة للتفتيت الحيوى للمواد العضوية، ولتصميم وحدات المعالجة، ولقياس كفاءة وتقويم عمل وحدات المعالجة المختلفة، ولتقدير التلوث العضوى. إن الأكسدة الحيوية للمواد العضوية طريقة

بطيئة، وتتطلب (نظريا) زمن لانهائى لبلوغ مداها. غير أن الإختبار يتم اجراؤه عادة عند درجة حرارة ٢٠°م ولمدة ٥ أيام. وقد أختيرت درجة حرارة ٢٠°م لأنها تمثل متوسط درجة حرارة الأنهار ذات السرعة البطيئة فى المناخ المعتدل، كما ويسهل مماثلتها فى جهاز الحضانة بالمخبر. وغالباً تصل الأكسدة إلى ٩٥ أو ٩٩ بالمائة فى مدة عشرين يوما، وتتراوح الأكسدة بين ٦٠ الى ٧٠ بالمائة فى مدة الخمسة أيام المعمول بها فى الإختبار. وتختلف نتائج الإختبار بإختلاف درجة الحرارة التى تؤثر على معدلات التفاعلات الحيوية. كما ويفضل إجراء الإختبار فى معزل عن الضوء أثناء فترة الحضانة، لمنع الطحالب من إنتاج الأكسجين.

مثال ١-١٤

أجريت تجربة لحاجة الأكسجين الحيا-كيميائى لعينة حمأة معينة لها ثابت معدل تفاعل يساوى ٠,١٥ على اليوم، أوجد حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى بعد مضى ٥ أيام مقارنة بحاجة الأكسجين الحيا-كيميائى القصوى للعينة .

الحل

١-المعطيات: $k_1 = 0,15$ /يوم، $t = 5$ يوم

٢-إستخدم معادلة الدرجة الأولى لحاجة الأكسجين الحيا-كيميائى:

$$BOD_5^{20} = L_o\left(1-10^{-5k'}\right)$$

ومنها: $BOD = L_o(1-10^{-0,15\times5})$ ، وعليه: $BOD \div L_o = 82,2\ \%$

وهذا يعني أن حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى بعد مضى ٥ أيام تعادل تقريباً ٨٢ بالمائة من حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى القصوى.

٣) عند غمر أنبوب زجاجي نظيف مفتوح داخل حوض به زئبق على درجة حرارة ٢٠°م. إنخفض طول عمود الزئبق داخل الأنبوب بمقدار ٣,٤٦ ملم إذا علم أن قوة التوتر السطحي للزئبق على درجة حرارة ٢٠° م تبلغ ٠,٤٦٦ نيوتن/م وكثافته ١٣٦٠٠ كجم/م^{3} ووزنه النوعي ١٣٣ كيلونيوتن/م^{3} ودرجة لزوجته الكينامتيكية ١,١٥×١٠$^{-٧}$ م^{٢}/ث، أوجد قطر الأنبوب الزجاجي. (الإجابة: ٣,١ ملم)

٤) أي من البيانات التالية مشكوك فيها عند إختبار تركيز المواد الصلبة لعينة من الماء العكر:

تركيز المواد الصلبة الكلية = ٢٧٣ ملجم/لتر.

تركيز المواد الصلبة العالقة = ٣٥٨ ملجم/لتر.

تركيز المواد الصلبة العالقة المتطايرة = ٢٦٤ ملجم/لتر.

تركيز المواد الصلبة العالقة الثابتة = ١٥٦ ملجم/لتر.

٥) إذا علم أن نصف العمر لنواة مادة مشعة يساوى ١٤,٢ يوم، أوجد المدة اللازمة لتخزين ١٥ كيلوجرامات من هذه المادة ليصل وزنها الي ١,٣ كيلوجرام. كم من الزمن يلزم للتخلص من ٨٥ بالمائة من هذه المادة؟ (الإجابة: ٢٩١ يوم، ٢٢٦ يوم)

٦) يتفاعل العنصران "أ" و"ب" لإنتاج العنصرين "جـ" و "د" حسب المعادلة الكيميائية التالية:

أ + ب ⇔ جـ + د

بافتراض أن ثابت التفاعل يساوي ٠,٢٤، أوجد تركيز كل من العنصرين "أ" و"ب" عند إتزان التفاعل، علما بأن درجتا تركيزهما عند بداية التفاعل ٧ و ٤,٥ مول/لتر على الترتيب، (الإجابة: ٥,٦٢، ٣,١٢، ١,٣٨، ١,٣٨ مول/لتر)

٧) يحتوى ماء على ١٠٤٠٠ ملجم/لتر من أيون الكلوريد عند درجة حرارة ٢١° م وتحت ضغط جوى ٦٩ سم زئبق.

أ- أوجد قيمة درجة تركيز الأكسجين المذاب فى الماء.

جدول (٣) شدة الفضلات والحمأة {٢٩، ٥٢}

الشدة	BOD (ملجم/لتر)
ضعيف	أقل من ٢٠٠
متوسط	٢٠٠ إلى ٣٥٠
قوي	٣٥١ إلى ٥٠٠
قوي جداً	أكبر من ٧٥٠

تمارين عملية (١)

١) تم استخدام ضغط ١٤٥٠ كيلو نيوتن/م٢ على سائل حجمه يعادل ٨٢٠ سم٣ داخل أسطوانة سعتها لتر واحد. أوجد معامل المرونة الحجمى للسائل (الإجابة: ٨,١×١٠ ٦ نيوتن/م٢)

٢) بين نوع إنسياب المواد التالية طبقا لبيانات القص وميل السرعة لها بافتراض ثبات درجة الحرارة :

المادة الأولى		المادة الثانية	
ميل السرعة dv/dy (زاوية نقية/ث rad/s)	القص (كيلو باسكال)	ميل السرعة dv/dy (زاوية نقية/ث rad/s)	القص (كيلو باسكال)
٠	٠	٠	٠
٥	٠,٩	٦	١,٦
٦	٢,٦	٧	٢,٥
٨	٣,٨	١١	٣,٥
٩	٥,٥	١٥	٤,١
١٠	٩,٥	٢١	٤,٨
١١	٢١	٣٠	٥,٢

مثال ١-١٥

حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى لعينة من الفضلات السائلة بعد مضى ٥ أيام تعادل ٢٧٠ ملجم/لتر ، وحاجة الأكسجين الحيا-كيميائية القصوى تقدر بمقدار ٣٩٠ ملجم/لتر . أوجد معدل أكسدة الفضلات.

الحل

١- المعطيات: BOD = ٢٧٠ ملجم/لتر ، L_o = ملجم/لتر

٢- إستخدم معادلة الدرجة الأولى لحاجة الأكسجين الحيا-كيميائى:

$$BOD_5^{20} = L_o\left(1-10^{-5k'}\right)$$

٢٧٠ = ٣٩٠×$(1-10^{-5k'})$ ، ومنها: $k' = ٠,١$ ، وعليه: ووجد أن حاجة الأكسجين الحيا-كيميائية للعينة

تعادل ٢٠٠ وحدة في المليون لدرجة حرارة ٢٠° م . أوجد حاجة الأكسجين الحيا-كيميائي بعد مضى ٥ أيام بافتراض أن ثابت معدل التفاعل ٠,١ على اليوم.

الحل

١- المعطيات: BOD_2 = ٢٠٠ وحدة في المليون، $k' = ٠,١$ /يوم، T = ٢٠° م

٢- إستخدم معادلة الدرجة الأولى لحاجة الأكسجين الحيا-كيميائى:

$$BOD_5^{20} = L_o\left(1-10^{-5k'}\right)$$

٢٠٠ = L_o ×$(1-10^{-٠,١×٢})$ ، ومنها : L_o = ٥٤١,٩ وحدة في المليون

BOD_5 = ٥١٤,٩ ×$(1-10^{-٠,١×٥})$ = ٣٧١ وحدة في المليون وطبقاً لجدول (٣) التالي تعتبر هذه العينة قوية درجة التلوث.

ب- مامقدار التغير المئوي لتركيز الأكسجين المذاب عند خفض الضغط الي ٥٠ سم زئبق؟ (الإجابة: ٧,٣ ملجم/لتر، ٢٩٪)

٨) ناقش أهمية عسر الماء. أخذت عينة من الماء للتحليل المخبري والذي أشار إلى أن بها ١٠٠ ملجم/لتر كالسيوم في على صورة Ca^{++} و٢٤٠ ملجم/لتر بيكربونات HCO_3 و٥٢ ملجم/لتر كبريتات في صورة $SO_4^{=}$ ولا توجد أيونات أخرى في الماء . أوجد درجة تركيز الكالسيوم مقدرة ملجم/لتر كربونات كالسيوم . كم مقدار كمية ماء الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) ورماد الصوديوم (كربونات الصوديوم) المطلوب إضافتها للتفاعل مع كل العسر الموجود . (الإجابة: ٢٥٠ ملجم$CaCO_3$/لتر، ٢٢٠ ملجم/لتر، ٥٩ ملجم/لتر)

٩) وضح برسم مخطط نتائج تحليل العينة التالية من الماء

التحليل	التركيز جم/م^3
كالسيوم	١٠١
مغنسيوم	٤,٧٥
صوديوم	١٤
بيكربونات	٢٢٠
كبريتات	٨٨,٤
كلوريد	٢١,٣

أوجد قيمة العسر الكلي والعسر الكربوني وغير الكربوني للماء . كم قيمة ماء الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) المطلوب لتيسير الماء علماً بأن درجة نقاء ماء الجير المتوفر محلياً ٨٥ ٪ (الإجابة: ٢٧٢ ملجم/لتر، ٩١,٥ ملجم/لتر، ١٨٠,٥ ملجم/لتر، ٢١٨ جم/م^3)

١٠) لماء سطحي المواصفات التالية

كالسيوم = ٨٢ ملجمCa^{++}/لتر

مغنسيوم = ٦١ ملجمMg^{++}/لتر

صوديوم = ٩,٢ ملجمNa^{+}/لتر

بيكربونات = ٣٦٦ ملجمHCO_3/لتر

كبريتات = ١٢٠ ملجم$SO_4^=$/لتر كلوريد = ٣٥,٥ ملجمCl^-/لتر

(أ) أوجد قيمة الميلمكافئ لكل لتر لكل عنصر.

(ب)أحسب قيمة العسر الكلي والعسر غير الكربوني والكربوني للماء لقيمة ملجم/لتر كربونات كالسيوم.

(ت)وضح بالرسم مخطط لهذه العينة من الماء السطحي.

(ث)كم مقدار الجير المطلوب لإزالة عسر الماء؟ (الإجابة: ٤,١، ٥، ٠,٤، ٦، ٢,٥، ١ ملمكافئ/لتر، ٤٥٥ ملجم/لتر، ١٥٥ ملجم/لتر، ٣٠٠ ملجم/لتر، ٣٦٨ جم/م^3)

١١) تم تحليل عينة من الماء السطحي في المخبر وأشارت التحاليل إلى أن عسر الماء بها بلغ ٤٠٠ ملجم/لتر كربونات كالسيوم وعسر المغنسيوم لها ١٦٥ ملجم/لتر كربونات كالسيوم ، وقيمة ثاني أكسيد الكربون المذاب فيها ١٠ ملجم/لتر CO_2 . أوجد الكميات الصحيحة من رماد الصوديوم والجير المائي المطلوب لتيسير الماء علماً بأن كمية القلوية الكلية للماء ٢٥٠ ملجم/لتر كربونات كالسيوم

(الإجابة: ٢١٠ ملجم/لتر، ١٥٩ ملجم/لتر)

١٢) إرسم مخطط لعينة من الماء لها الخواص التالية

التحليل	التركيز جم/م^3
Ca^{++}	٨٤
Mg^{++}	٦٢,٢
Na^+	١١,٥
HCO_3^-	٣٣٥,٥
$SO_4^=$	١٤٨,٨
Cl^-	٤٢,٦
CO_2	١٥

أوجد أيضاً قيمة العسر الكلي والكربوني وغير الكربوني. ما مقدار الجير التجاري المطلوب للتفاعل مع كل العسر علماً بأن درجة نقائه ٩٠ بالمائة؟ (الإجابة: ٤٦٥ ملجم/لتر، ١٩٠ ملجم/لتر، ٢٧٥ ملجم/لتر، ٣٤٧ جم/م^3)

١٣) أفادت نتائج تحليل عينة من الماء العسر على احتوائه على عسر كلي ٢٥٠ ملجم/لتر كربونات كالسيوم ، وعسر كالسيوم ١٣٠ ملجم/لتر $CaCO_3$ والقلوية ٢٠٠ ملجم $CaCO_3$/لتر والحمضية ٠,٣ ملمكافئ/لتر . أوجد أيضاً كمية الجير ورماد الصوديوم المطلوبة لتيسير الماء (الإجابة: ١٧٠ جم/م^3، ٥٣ جم/م^3).

١٤) أوجد قيمة الأكسجين الحيا-كيميائى الكلي لمحلول ٠,١ مولار من الإيثانول CH_3CH_2OH ومحلول ٠,١ مولار من حمض الأوكسالي COOHCOOH. . (الإجابة: ١١,٢ جم/لتر)

١٥) الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لدرجة حرارة ٢٠°م تساوي ٣٠٠ جزء في الميلون . بافتراض أن k1 = ٠,١٨ على اليوم أحسب نسبة الحاجة الحيا كيميائي النهائية للفضلات . (الإجابة: ٣٤٣ جزء في الميلون)

١٦) الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ودرجة الحرارة ٢٠°م تقدر بحوالي ٢٠٠ ملجم/لتر بافتراض k تساوي ٠,١٧ على اليوم أوجد الحاجة الحيا كيميائية النهائية للأكسجين . (الإجابة: ٢٣٣ ملجم/لتر)

١٧) تخدم محطة معالجة فضلات صغيرة سكان تعدادهم ١٠٠٠٠ ينتج كل شخص منهم حاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام في حدود ٠,٠٥٥ كجم/يوم . وأشارت سجلات عداد الماء أن استهلاك الماء في حدود ٢٠٠ لتر على الفرد على اليوم . وتقوم صناعة صغيرة مجاورة بالتخلص من سائل نهائي بمعدل ١٥ لتر/ث خلال فترة ٣ ساعات في اليوم . تم القياس التقريبي الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للصناعة في المخبر بعد تخفيف الفضلات السائلة بتخفيف ٢٪ وفي نهاية الخمسة أيام لمدة التفريخ وجد أن ٣ ملجم/لتر من الأكسجين المذاب قد اضمحلت في القارورة . علماً بأن الإحتياج النهائي للأكسجين لتفاعل من الدرجة الأولى للفضلات الصادرة من المحطة يساوي ٤٠٠ ملجم/لتر أوجد :

(أ) معدل أكسدة الفضلات بافتراض درجة حرارة ٢٠°م . وأوجد الساعات المطلوبة لإستهلاك ٦٠ بالمائة من الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين الحالي .

(ب) معدل الأكسدة لدرجة حرارة ٢٥°م علماً بأن $(k_1)_T=(k_1)_{20}(1.024)^{T-20}$

حيث $(k_1)_{20}$ هي معدل إعادة التهوية لدرجة حرارة ٢٠°م . (الإجابة: ٠,٠٩٥ /يوم، ١٠٠,٥ ساعة، ٠,١١٩٥ /يوم)

١٨) أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام لعينة من الفضلات المنزلية كنسبة من الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين النهائية علماً بأن ثابت التفاعل لدرجة حرارة ٢٠°م يساوي ٠,١١/يوم . (الإجابة: ٧٢ ٪)

١٩) تم تفريخ عينة من الحمأة لمدة يومين ولوحظ أن الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين تساوي ١٦٥ جزء في المليون لدرجة حرارة ٢٠°م . أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام بافتراض k_1 = ٠,١/يوم . (الإجابة: ٣٠٦ جزء في المليون)

٢٠) في اختبار الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لعينة من الفضلات المنزلية أُخذت ٦ مللتر من الفضلات في قارورة حجمها ٣٠٠ مللتر . إذا كان الأكسجين الذائب المبدئي ٨ ملجم /لتر في حين أن الأكسجين المذاب لمدة خمسة أيام يساوي ٤ ملجم /لتر ، أوجد:

(أ) الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام .

(ب) الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين النهائية بافتراض أن ثابت التفاعل k_1 يساوي ٠,١ على اليوم.

(الإجابة: ٢٠٠ ملجم/لتر، ٢٩٢ ملجم/لتر)

٢١) تقوم ثلاثة مصانع بتصريف فضلاتها في المصرف المجاور . ويبين الجدول التالي كمية وخواص الفضلات الناتجة من هذه المصانع

المصنع	كمية الدفق للفضلات السائلة م^3/ث	الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام لدرجة حرارة ٢٠°م (ملجم/لتر)
أ	٠,١	٤٠٠
ب	٠,٢	١٥٠
جـ	٠,٣	٢٧٥

أوجد الحاجة الحيا كيميائة للأكسجين لمدة خمسة أيام للخليط الذي يصل للمصرف . (الإجابة: ٢٥٤ ملجم/لتر)

٢٢)علماً بأن الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين النهائي ٣٠٠ ملجم/لتر أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة يوم ولمدة خمسة أيام لمعدل تفاعل ٠,١ و ٠,٣ و ١ على اليوم . (الإجابة: ٦٢، ١٥٠، ٢٧٠، ٢٠٥، ٢٩١، ٣٠٠ ملجم/لتر)

٢٣)الحاجة الحيا كميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ٢٠٠ ملجم/لتر ومعدل التفاعل ٠,١١ على اليوم . أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة يومين . (الإجابة: ١١١ ملجم/لتر)

٢٤) لماذا تم اعتماد اختبار حاجة الأكسجين الحيا كيمياني القياسي لتقدير شدة تلوث الفضلات .

٢٥) وجد أن الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين النهائية لفضلات ما ٦٠٠ جزء في المليون وتتبع تفاعل من الدرجة الأولى مع قيمة k_1 التي تساوي ٠,٢ على اليوم . أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام لهذه الفضلات . (الإجابة: ٥٤٠ جزء في المليون)

٢٦) بافتراض أن كل شخص يشارك بحمل للحاجة الحيا كيميائية للأكسجين بمقدار ٠,٠٦ كجم/اليوم وتحميل المواد الصلبة السائلة ٠,٠٨ كجم/يوم، أوجد حمل التلوث اليومي للفضلات المنزلية لمدينة يقطنها ٢٠٠٠٠ شخص . إذا كان إنسياب موسم الجفاف ١٢٠ لتر/شخص/يوم أوجد تركيز الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين والمواد الصلبة العالقة في الفضلات السائلة . (الإجابة: ١٢٠٠، ١٦٠٠ كجم/يوم، ٦٦٧ ملجم/لتر)

٢) لفضلات صناعية حاجة حياكيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام تعادل ٦٠٠ جزء في المليون و k_1 لدرجة حرارة ٢٠°م تساوي ٠,٢ على اليوم . أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين النهائية للفضلات . ما مقدار الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام إذا نقصت قيمة k_1 إلى ٠,١ على اليوم . (الإجابة: ٦٦٧، ٤٥٦ جزء في المليون)

) يقطن بلدة ١٥٠٠٠ شخص يتخلصون من الفضلات المنزلية المعالجة للنهر المجاور والذي يتدفق بأقل دفق ٠,٢١ م٣/يوم والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للنهر ٢ ملجم/لتر . ومتوسط استهلاك الماء بالمدينة ١٤٠ لتر/شخص/يوم ومشاركة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين ٠,٠٦ كجم/شخص/يوم . إذا كان الحاجة الحيا كيميائية للنهر أدنى مصب

الفضلات لا تتجاوز ٤ ملجم/لتر أوجد أقصى حاجة حيا كيميائية لأقق للسائل النهائي المسموح بها . (الإجابة: ٢١ ملجم/لتر)

٢٩) يتم التخلص من فضلات معالجة لعدد ٢٠٠٠٠ شخص في النهر المجاور والذي ينساب بمعدل ٠,١٥ م^{٣}/ث وله حاجة حيا كيميائية للأكسجين ٢ ملجم/لتر . استهلاك الماء بواسطة سكان المدينة يصل إلى ١٥٠ لتر/شخص/اليوم ومشاركتهم بالحاجة الحيا كيميائية للأكسجين ٠,٠٦٥ كجم/شخص/يوم . إذا كان الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين في النهر أدنى نقطة مصب الفضلات لايجب أن تتجاوز ٤ ملجم/لتر أوجد الكفاءة المطلوبة في محطة المعالجة لتواكب هذه الشروط . (الإجابة: ٩٧ ٪)

٣٠) الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين ليوم واحد ٦٠ ملجم/لتر لفضلات سائلة والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لنفس الفضلات ليومين ٩٨ ملجم/لتر أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للفضلات . (الإجابة: ١٤٦ ملجم/لتر)

٣١) أشار اختبار حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى لعينة مخففة من الفضلات السائلة للنتائج المبينة في الجدول التالي:

الزمن	حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى (ملجم/لتر)	الزمن	حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى (ملجم/لتر)
١	٩	٥	٣٣
٢	١٧	٦	٣٥
٣	٢٤	٧	٣٨
٤	٢٩	٨	٣٩

أ) أرسم منحنى حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى مع الزمن.

ب) أوجد ثابت معدل التفاعل وقيمة حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى النهائية مستخدما طريقة توماس.

جـ) أوجد قيمة ثابت معدل التفاعل للأساس ١٠. (الإجابة: ٠,٢١/يوم، ٥٠ ملجم/لتر، ٠,٠٩ /يوم)

الفصل الثاني : الترسيب والطفو

الترسيب هو عملية تنقية طبيعية، يتم فيها فصل المواد الصلبة والمواد العالقة والحبيبات الكبيرة الحجم (ذات الكثافة العالية) بالترسيب (من السائل الحاوى لها) تحت قوى الجاذبية الأرضية. وتفيد عملية الترسيب فى الآتى:

+ التخلص من الحبيبات الصلبة غير العضوية.

+ إزالة النمو الحيوى المجهرى بعد المعالجة الثانوية فى محطات معالجة الفضلات السائلة، وتغليظ المواد الصلبة فى مغلظ الحمأة.

+ إزالة المواد الصلبة وتقليل درجات تركيزها.

+ إزالة الملبودات الكيميائية.

ومن العوامل المؤثرة على عملية الترسيب: عوامل تتعلق بالحبيبة المراد ترسيبها (الحجم والمقاس والثقل النوعى والكمية والنوع ودرجة التركيز والشكل)، وعوامل تصميمية (زمن مكث الحبيبات المترسبة داخل حوض الترسيب، وسرعة دفق الماء عبر الحوض، وسرعة ترسيب الحبيبات وتركيز المواد الصلبة)، ونوعية الماء (الخواص الطبيعية: مثل درجة الحرارة ودرجة اللزوجة ...الخ، والتفاعلات والتغيرات الكيميائية والحيوية التى تحدث بين الحبيبات.

مثال ٢-١

أوجد سرعة ترسيب حبيبات كروية الشكل متفردة الترسيب ذات قطر ٠,٠٥ ملم علماً بأن كثافتها النوعية ٢,٦ تترسب فى الماء تحت درجة حرارة ٢٠° م .

الحل

١- المعطيات s.g. = ٢,٦، d = ٠,٠٥ ملم، T = ٢٠° م

٢- أوجد قيمة اللزوجة الكينامتيكية من جداولها لدرجة الحرارة ٢٠ه م لتساوى υ = ١٠×١,٠١١ $^{-٦}$ م٢/ث.

٣- أوجد سرعة الترسيب من معادلة استوك بإفتراض أن الدفق صفحى:

$$v = \frac{g \times d^2 (s.g - 1)}{18\upsilon}$$

v = {٩,٨١×(١٠×٠,٠٥$^{-٣}$)^{٢}×(٢,٦ - ١)}÷(١٨×١,٠١١×١٠$^{-٦}$) = ٢,١٦ ملم/ث

٤- راجع رقم رينولد على ضوء هذه السرعة من المعادلة $Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$

Re = ((٢,١٦ ÷ ١٠٠٠)×(٠,٠٥÷١٠٠٠))÷(١٠×١,٠١١$^{-٦}$) = ٠,١١

ونسبة لأن رقم رينولد يقل عن مقدار ٠,٥ فيصبح إفتراض أن الدفق صفحى إفتراضاً صحيحاً، مما يتحقق معه قانون استوك.

مثال ٢-٢

صمم حوض ترسيب لإزالة حبيبات كروية الشكل كثافتها النوعية ٢,٦٥ وقطرها ٠,٠٢ ملم متفردة الترسيب فى الماء تحت درجة حرارة ١٥ه م . علماً بأن درجة اللزوجة المطلقة لدرجة الحرارة تعادل ١٠×١,١ $^{-٣}$ نيوتن ث/م٢ . أوجد سرعة ترسيب هذه الحبيبات.

الحل

١- المعطيات s.g. = ٢,٦٥، d = ٠,٠٢ ملم، T = ١٥ه م، μ = ١٠×١,١ $^{-٣}$ نيوتن ث/م٢

٢- أوجد سرعة الترسيب من معادلة استوك بإفتراض أن الدفق صفحى:

$$v = \frac{\rho \times g \times d^2 (s.g - 1)}{18\mu}$$

v = {١٠×٩,٨١ ×^{٣}(١٠×٠,٠٢$^{-٣}$)^{٢}×(٢,٦٥ - ١)}÷(١٨×١,١×١٠$^{-٣}$) = ٠,٣٢٧ ملم/ث

٤- راجع رقم رينولد على ضوء هذه السرعة من المعادلة $Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$

$Re = ((١٠٠٠ \div ٣,٢٧) \times (١٠٠٠ \div ٠,٠٢) \times ١٠٠٠) \div (١,١ \times ١٠^{-٣}) = ٥,٩ \times ١٠^{٢}$

ونسبة لأن رقم رينولد يقل عن مقدار ٠,٥ فيصبح إفتراض أن الدفق صفحى إفتراضاً صحيحاً، مما يتحقق معه قانون استوك.

مثال ٢-٣

تم تحليل عينة من مياه نهر ما للمواد الصلبة العالقة وأشارت النتائج إلي احتواء الماء على ١٦٠ جم/م^{٣} منها . واقترح المهندس البيئي المسئول استعذاب الماء بوحدة الترسيب. وعند الحصول على قيمة معدل الترسيب بالتجربة المخبرية أشارت إلي أن التوزيع المتردد التراكمى للحبيبات يتبع خطاً مستقيماً له الخواص التالية:

١٠٪ من الحبيبات المترسبة لها سرعة ترسيب أكبر من ١,٥ م/ساعة

١٠٪ من الحبيبات المترسبة لها سرعة ترسيب أصغر من ٠,٥ م/ساعة

علماً بأن كمية الماء المراد تنقيتها ١٥٠٠ م^{٣}/ساعة فقد اقترح المهندس البيئي تصميم حوض ترسيب طوله ٥٠ م وعرضه ٢٥ م وعمقه ٣ م . بافتراض أن الحوض يعمل تحت ظروف ترسيب مثالي أوجد درجة تركيز المواد الصلبة في السائل الخارج من وحدة الترسيب.

الحل

١- المعطيات: C_o = ١٦٠ ملجم/لتر، Q = ١٥٠٠ م^{٣}/ساعة، مواصفات حوض الترسيب: B = ٢٥ م، L = ٥٠ م، H = ٣ م

٢- من البيانات المعطاة أرسم منحنى التوزيع المتردد التراكمى للحبيبات كما موضح في الرسم .

٣- بافتراض دفق مثالي أوجد سرعة الدفق الرأسية عبر الحوض من المعادلة $v_{so} = Q/B^*$

v_{so} = ١٥٠٠ ÷ (٥٠×٢٥) = ١,٢ م/ساعة

٤- أوجد من المنحنى ولسرعة ترسيب v_{so} = ١,٢ م/ساعة قيمة X_o = ٦٦٪

٥- أوجد الإزالة الكلية X_T من المعادلة $X_T = 100 - X_o + \frac{1}{v_{so}} \int_0^{X_o} v dx$

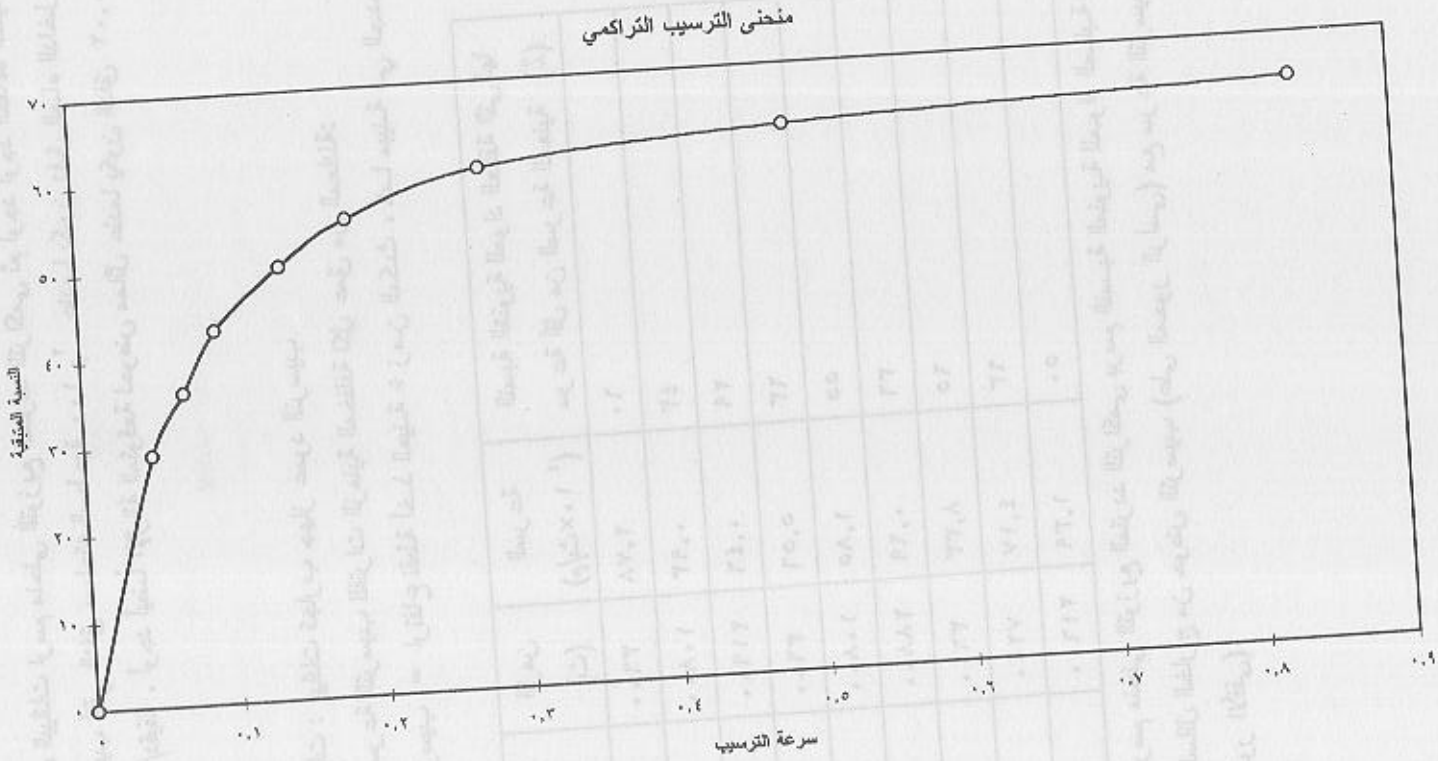
X_T = ١٠٠ - ٦٦ + [(١,٢ + ٠,٣٧)×(٢÷١)]÷١,٢×٦٦ = ٧٧٪

٦- أوجد درجة تركيز المواد الصلبة فى السائل الخارج من المعادلة

$C_c = C_o*(1 - X_T)$

أوضحت تجارب جهاز عمود الترسيب لحبيبات عالقة متفردة الترسيب النتائج المبينة فى الجدول التالى:

عمق العينة (سم)	الزمن (دقيقة)	درجة تركيز المواد الصلبة العالقة المتبقية (٪)
١٠٠	٦٠	٦٠
	١٨٠	٤٣
	٣٦٠	٢٩
٢٠٠	٦٠	٦٣
	١٨٠	٥٥
	٤٨٠	٣٦
٣٠٠	٦٠	٦٥
	١٢٠	٦٣
	٣٦٠	٥٠


منحنى الترسيب التراكمي
النسبة المتبقية
٧٠
٦٠
٥٠
٤٠
٣٠
٢٠
١٠
٠
٠
٠,١
٠,٢
٠,٣
٠,٤
٠,٥
٠,٦
٠,٧
٠,٨
٠,٩
سرعة الترسيب

باستخدام هذه البيانات ارسم منحنى التوزيع المتردد التراكمى ثم أوجد أوجد الكفاءة الكلية لحوض ترسيب أفقي الدفق مساحته السطحية ١٠٠ م^{٢} عندما يكون دفق الماء الداخل إليه ٤,٨ م^{٣}/دقيقة . أوجد أيضاً الإزالة المتوقعة لحوض مماثل عندما يكون الدفق ٠,٠٢ م^{٣}/ث.

الحل

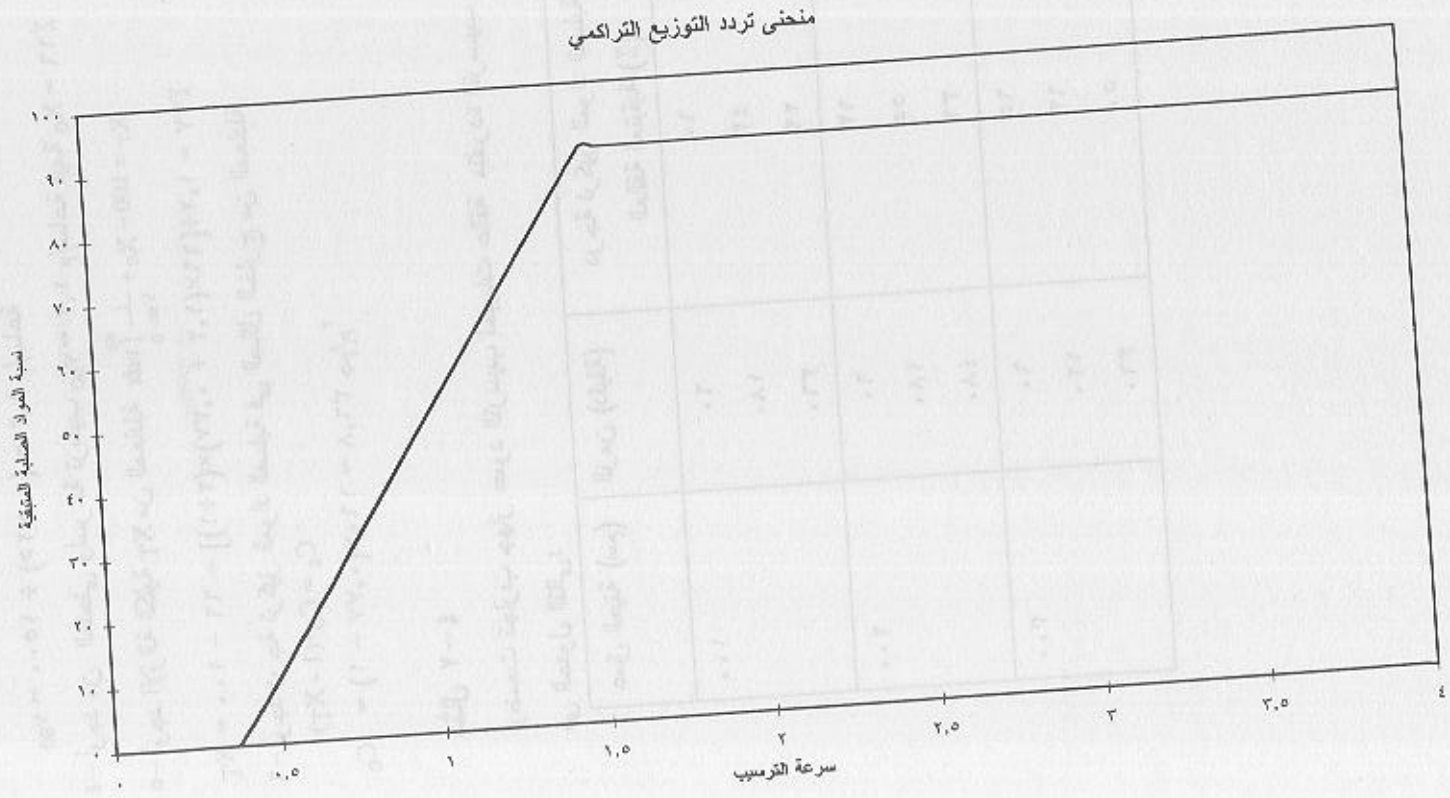
١- المعطيات : بيانات تجارب جهاز عمود الترسيب.

٢- أوجد سرعة الترسيب للفترات الزمنية المختلفة لكل عمق من المعادلة:

سرعة الترسيب = ارتفاع نقطة أخذ العينة ÷ زمن المكث ، كما مبينة في الجدول التالى:

العمق (م)	الزمن (ث)	السرعة (م/ث×١٠^{٤})	النسبة المئوية للمواد العالقة التى لها سرعة أقل من السرعة المعنية (٪)
١	٣٦٠٠	٢,٧٨	٦٠
١	١٠٨٠٠	٠,٩٣	٤٣
١	٢١٦٠٠	٠,٤٦	٢٩
٢	٣٦٠٠	٥,٥٦	٦٣
٢	١٠٨٠٠	١,٨٥	٥٥
٢	٢٨٨٠٠	٠,٦٩	٣٦
٣	٣٦٠٠	٨,٣٣	٦٥
٣	٧٢٠٠	٤,١٧	٦٣
٣	٢١٦٠٠	١,٣٩	٥٠

٣- أرسم منحنى التوزيع المتردد التراكمى برسم النسبة المئوية للمواد الصلبة المتبقية فى السائل الخارج من حوض الترسيب (على المحور الرأسى) مع سرعة الترسيب (على المحور الأفقى).


منحنى تردد التوزيع التراكمي
نسبة المواد المصلبة المتبقية
١٠٠
٩٠
٨٠
٧٠
٦٠
٥٠
٤٠
٣٠
٢٠
١٠
٠
٠
٠,٥
١
١,٥
٢
٢,٥
٣
٣,٥
٤
سرعة الترسيب

٤- أوجد سرعة البدال v = ٠,٦ × (سرعة طرف البدال) = ٠,٧×٠,٦ = ٠,٤٢ م/ث

٥- أوجد مساحة البدال المطلوبة من المعادلة : $A = (2w) / (\rho * C_D * v^3)$

$A = (٤٩٦٣,٢ \times ٢) \div (٠,٤٢)^٣ \times ١,٥ \times ٩٩٨,٤) = ٣٧,٦$ م^٢

ترسيب اللبود: اختلاف كثافة الجسيمات العالقة يجعل لكل حبيبة سرعة ترسيب تختلف عن الحبيبات الأخرى مما يمكن الحبيبات السريعة (التى لها حجم أو وزن أكبر) من اللحاق بالحبيبات البطيئة (ذات الكثافة القليلة). وفى وجود الظروف الملائمة تتولد عدة تصادمات تؤدى الى إتحاد الحبيبات ومن ثم تكوين الملبودات . ومن العوامل المؤثرة على سرعة ترسيب الحبيبات الملبودة: سرعة الدفق، وإنسياب الماء عبر الحوض، وزمن المكث (زمن الترسيب)، وعمق الحوض. يمكن إستخدام جهاز عمود الترسيب لدراسة الترسيب الملبود. ومن النتائج المستقاة من تجارب عمود الترسيب يمكن حساب نسبة المواد الصلبة العالقة المترسبة. وتستخدم هذه النسب لرسم منحنيات متساوية الإزالة أو ما يسمى بالخطوط متساوية التركيز Isoconcentration lines . ومن هذه الخطوط يمكن إيجاد الإزالة الكلية كما موضح فى المعادلة التالية:

$$R_T = \frac{\Delta h_1}{h_t} \times \frac{(R_1 + R_2)}{2} + \ldots + \frac{\Delta h_n}{h_t} \times \frac{(R_n + R_{n+1})}{2}$$

حيث:

R_T = الإزالة الكلية للملبودات (٪)

Δh_i = عمق نقطة أخذ العينة رقم i (م)

n = عدد نقاط أخذ العينات

h_t = الإرتفاع الكلى لحوض الترسيب (م)

طين البنتونيت، ودقيق السيلكا، والحجر الجيرى، والكربون النشط)، والمواد المؤكسدة (الكلور، والأوزون، وبرمنجنات البوتاسيوم)، والمواد متعددة الكتروليت). وينجم ميل السرعة فى جهاز اللبود بواسطة بدالات دوارة. وعليه فإن الحبيبات ذات المسار السريع يمكن أن تلحق وتصطدم مع الحبيبات ذات المسار البطئ الإندفاق.

مثال ٢-٥

تتكون محطة استعذاب ماء: أحواض ترويب وترسيب للتخلص مما بها من مواد صلبة عالقة. أوجد القدرة المطلوبة للنظام ومساحة البدال لإتمام عملية الترويب طبقاً للبيانات التالية علماً بأن سرعة البدال النسبية ٦٠٪ من سرعة طرفه.

البيان	القيمة
درجة حرارة الماء	١٩ ° م
معامل السحب لبدال مستطيل	١,٥
سرعة طرف البدال	٤٢ م/دقيقة
ميل السرعة	٤٠ على الثانية
حجم جهاز الترويب المستخدم	٣٠٠٠ متر مكعب

الحل

١- المعطيات: T = ١٩، C_D = ١,٥، v_p = ٤٢ ÷ ٦٠ = ٠,٧ م/ث، G = ٤٠ ث، V = ٣٠٠٠ م٣

٢- أوجد درجة اللزوجة الديناميكية والكثافة من الجدول فى الملاحق لدرجة الحرارة ١٩ ° م: $\mu = ١,٠٣٤ \times ١٠^{-٣}$ نيوتن×ث/م٢، ρ = ٩٩٨,٤ كجم/ م٣

٣- أوجد متطلب القدرة النظرية بإستخدام المعادلة $w = \mu * G2 * V$

$w = ١,٠٣٤ \times ١٠^{-٣} \times (٤٠)^{٢} \times ٣٠٠٠ = ٤٩٦٣,٢$ كيلووات.

٤- أوجد سرعة الترسيب التصميمية للحبيبات لكل حوض ترسيب من المعادلة= v_S Q/A

$v_S = ٤,٨ \div (١٠٠ \times ٦٠) = ٨ \times ١٠^{-٤}$ م/ث

٥- أوجد من منحنى التوزيع المتردد التراكمى ولسرعة تصميمية = ٨×١٠^{-٤} م/ث قيمة X_O لتساوى ٦٦٪

٦- أوجد الكفاءة الكلية لحوض الترسيب من المعادلة: $X_T = 100 - X_0 + \frac{1}{v_{so}} \int_0^{x_0} v dx$

أوجد مقدار $\int v \times dX$ بتقدير المساحة المحصورة بين المحور الصادى لمنحنى التوزيع المتردد التراكمى والخط الأفقى من نقطة تقاطع المنحنى مع السرعة التصميمية ٦٤×١٠^{-٤}، ثم أوجد الكفاءة الكلية للحوض:

$X_T = ١٠٠ - ٦٦ + (٦٤ \times ١٠^{-٤} \div ٨ \times ١٠^{-٤}) = ٤٢٪$

٧- أستخدم نفس الأسلوب لدفق ماء ٠,٠٢ م٣/ث لتقدير الكفاءة الكلية للحوض والتي تعادل تقريباً ٦٠ ٪.

الترويب (الخثورة) واللبود

تستخدم عمليات الترويب (الخثورة) واللبود للتخلص من المواد الغروانية الملونة للماء، ولإزالة الحبيبات الصغيرة الحجم والمواد المسببة للعكر والبكتريا، ولترفيغ كفاءة ترسيب المواد الصلبة من الماء الخام. وتتم العملية بإضافة كميات بسيطة من مواد مساعدة طبيعية أو مواد مروبة مصنعة (عضوية وغير عضوية) مثل: الطين أو البنتونيت أو بعض المفتتات الصغيرة أو مواد كيميائية. كما ويمكن زيادة كفاءة الطفو بإدخال هواء أو غاز (مثل غاز الكلور) عبر قعر جهاز الترسيب. ومن أمثلة المروبات المستخدمة: مروبات الألمونيوم (كبريتات الألمونيوم، وشب النشادر، وشب البوتاسيوم، وألومنات الصوديوم)، ومروبات الحديد (تضم الكوبراس المكلور، وكلوريد الحديد، وكبريتات الحديد، وكبريتات الحديد) ومساعدات المروبات (السيلكا النشطة، والمواد المخثرة (مثل

مثال ٢-٦

باستخدام البيانات التي حصل عليها المهندس البيئي في مثال ٢-٣ أوجد لترسيب مثالي:

١. كمية الحمأة المترسبة في قعر الحوض بعد مضي سنة من التشغيل ومتوسط سمك المترسبات بالمتر علماً بأن كمية الرطوبة للأوساخ تقدر بحوالي ٩٨٪ وكثافة الكتلة للأوساخ اليابسة ٢٥٠٠ كجم/م^{٣}.

٢. طول هدار السائل الخارج المطلوب وضعه بالحوض.

٣. رقم فرود.

٤. رقم رينولد للدفق الأفقي لرجة حرارة ماء تعادل ٢٥° م.

٥. قيمة سرعة النحر الحرجة . هل تم تجاوز سرعة النحر الحرجة هذه في تصميم المهندس البيئي؟

الحل

١) اوجد كمية الأوساخ المترسبة من المعادلة: $a_s = QCX_T$

as = ٠,٧٧×١٦٠×١٥٠٠ = ١٠×١٨,٤٨ ^{٤} جم/الساعة

كمية الحمأة المترسبة في قعر الحوض بعد مضي سنة من التشغيل

= (١٠×١٨,٤٨ ^{٤}× ٢٤×٣٦٥) ÷ ١٠٠٠ = ١٠×١٦١,٨٨٥ ^{٤} كجم/سنة

وعليه فكمية الحمأة المترسبة في وحدة المساحة = (١٠×١٦١,٨٨٥ ^{٤}) ÷ (٢٥×٥٠) =

١٢٩٥ كجم/م^{٢} سنة

علماً بأن كمية الرطوبة للأوساخ تقدر بحوالي ٩٨٪ فمتوسط سمك المترسبات يساوي

٦٥ م^{٣}/م^{٢} سنة

٢) طول هدار السائل الخارج المطلوب وضعه بالحوض لابد أن يكون أكبر من $\frac{Q}{5Hv_o}$

(١٥٠٠ ÷ (١,٢×٣×٥)) = ٨٣ متر

رقم فرود يمكن ايجاده من المعادلة : $Fr=\frac{v_H^2}{gRh}$

حيث:

Rh = نصف القطر الهيدروليكي = المساحة ÷ المحيط المبتل

= (٣×٢٥) ÷ (٣×٢ + ٢٥) = ٢,٤٢ م

vH = السرعة الأفقية = ١٥٠٠ ÷ (٣×٢٥) = ٢٠ م/ساعة = ١٠×٥,٥٦ $^{-٣}$ م/ث

وعليه: vH = ((١٠×٥,٥٦ $^{-٣}$)^{٢}) ÷ (٢,٤٢×٩,٨١) = ١٠×٠,١٣ $^{-٥}$

٤) أوجد رقم رينولد من المعادلة: $Re = \frac{v \times d}{\nu}$

حيث ν اللزوجة الحركية (م^{٢}/ث) والتي يمكن ايجادها من جداول لدرجة حرارة ماء تعادل ٢٥° م لتساوي ١٠×٠,٨٩٨ $^{-٦}$ م^{٢}/ث ، وعليه: Re =(٢,٤٢×١٠×٥,٥٦ $^{-٣}$) ÷ (١٠×٠,٨٩٣ $^{-٦}$) = ١٤٩٧٢

ويمكن زيادة الاتزان وتفادي مخاطر تشغيل الحوض بزيادة رقم فرود لدرجة لا تؤثر على كفاءة الحوض بالدفق المضطرب أو بالنحر السفلي وهذه تستدعي التالي: $Fr > 10^{-5}$ ، و $Re < 2000$ وفي الحالة قيد الذكر لا يتحقق هذان الشرطان. وعليه يمكن تحسين التصميم الأولي للمهندس البيئي دون تغيير الحمل السطحي باستخدام عوارض طولية على سبيل المثال، إذ تقوم هذه العوارض بتوجيه الماء لتتخلص من عدم انتظام الدفق ريثما يكون الضغط ثابتاً على الجانبين.

٥) قيمة سرعة النحر الحرجة يمكن ايجادها من المعادلة:

$$v_{sr} = \sqrt{\left[\frac{40}{3}(s.g.-1) \times g \times d\right]}$$

وللدفق الصفحي : $v = \frac{g \times d^2 (s.g-1)}{18\upsilon}$

وبربط هاتين المعادلتين ينتج: $v_s^2 = 177.18 \sqrt{\left(v\, v \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right)}$ ، وعليه:

vs^2 = ١٧٧,١٨×(١٠×٠,٨٩٨ $^{-٦}$)×(٣٦٠٠÷١,٢)×(١٠٣٠ - ١٠٠٠) ÷ (١٠٠٠) ^{٠,٥}

ومنها ينتج vs = ١٠×٢٣ $^{-٣}$ م/ث

تمارين عامة (٢)

١) تم تصميم حوض ترسيب لإزالة جسيمات كروية متفردة الترسيب ذات قطر ٠,٦ ملم وكثافة نوعية ١,٠١ في ماء على درجة حرارة ٢٥° م . بافتراض ترسيب مثالي في حوض الترسيب، أحسب إزالة جسيمات كروية متفردة أخرى ذات قطر ٠,٣ ملم وكثافة نوعية ١,٠٣ في ذات الحوض ولنفس الشروط . (الإجابة: ٧٥ ٪)

٢) أجرى تحليل لترسيب عالق مخفف لحبيبات غير متلبدة . ويوضح الجدول التالي البيانات المجمعة لعمق ١,٤ متر .

زمن الترسيب (دقيقة)	٠,٥	١	٢	٦	٨
نسبة الوزن المتبقي	٠,٦٦	٠,٥٨	٠,٤٧	٠,١٥	٠,١٢

جد نسبة الإزالة الكلية لمعدل ترسيب ٢٤,٥١ لتر/م^2/ث. (الإجابة: ٦٠ ٪)

) تعتبر قوة السحب العاملة على كرة متحركة ولأرقام رينولد قليلة دالة في اللزوجة المطلقة وسرعة تريب الكرة وقطرها . أوجد العلاقة للسرعة النهائية لحبيبة متفردة الترسيب في الماء.

أوجد سرعة الترسيب لحبيبة كروية متفردة الترسيب في ماء على درجة حرارة ١٥° م إذا كانت الكثافة النسبية ١,٠٠١ وقطر الحبيبة ٠,٥ ملم. أوجد أيضاً سرعة الترسيب لجسيمات لها كثافة نسبية ١,٤٢ وقطر ٠,١ ملم. (الإجابة: ٠,١٢ ملم/ث، ٧ ملم/ث)

٤) طلب من المهندس البيئي المسئول تصميم حوض ترسيب لمدينة بمحافظة الجزيرة يقطنها ٢٠٠٠٠ شخص ومتوسط الإستهلاك المنزلي للماء لكل شخص ٢٠٠ لتر على اليوم. أوضحت تجارب جهاز عمود الترسيب لحبيبات عالقة متفردة الترسيب النتائج المبينة فى الجدول التالى:

زمن العينة (ثانية)	٪ المواد المزالة على عمق			
	٠,٥(م)	١(م)	١,٥(م)	٢(م)
صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
٣٦٠٠	٧٢	٥٥	٤٣	٤٠
٧٢٠٠	٨٣	٦٩	٦٢	٥٦
١٠٨٠٠	٩٠	٨٨	٧١	٧٠

وبناءً على هذه البيانات قام المهندس البيئي بتصميم حوض ترسيب مستطيل عمقه ٢,٥ م طوله ٥٠ م وزمن المكث فيه ٢ ساعة. أوجد المساحة المطلوبة للحوض وأقل إزالة يتمكن من تحقيقها. أكتب أي نقد مناسب يساعد المهندس البيئي في التصميم. (الإجابة: ١٣٣ م^2، ٧٠ ٪)

٦) تمت غربلة حبيبات رملية لتحليل توزيع حجم الحبيبات. وتم حساب سرعة ترسيب متوسطة لكل جزء من الحجم المتحصل كما مبين في الجدول التالي:

سرعة الترسيب (ملم/ث)	١٨٠	٩٠	٣٦	١٨	١٣	٩
نسبة الوزن المتبقي	٠,٤٥	٠,٥٤	٠,٦٥	٠,٧٩	٠,٨٩	٠,٩٧

أوجد الازالة الكلية لمعدل دفق ٦٠٠٠ م^3 لكل وحدة مساحة في اليوم. (الإجابة: ٧٢ ٪)

٧) تم تحليل عالق مخفف لجسيمات متلبدة في جهاز عمود الترسيب . ويبين الجدول التالي البيانات التي تم الحصول عليها لثلاثة أعماق مقدرة كمتبقي مئوي:

	زمن الترسيب (دقيقة)					
العمق (سم)	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٦٠	١٠٠
٥٠	٦٩	٤١	٣٧	٣٠	٢٧	٢٢
١٥٠	٨٢	٥١	٣٩	٣٥	٣١	٢٥
٢٠٠	٨٢	٦٠	٣٩	٣٤	٣٢	٢٩

ما مقدار الإزالة الكلية لحوض ترسيب عمقه ٢٠٠ سم لأوقات مكث ٢٥، و٤٠، و٦٥ دقيقة. (الإجابة ٦٠٪، ٧٠٪، ٨٠٪)

٨) في تجربة ترسيب حبيبات متلبدة تم الحصول على البيانات التالية:

زمن العينة (دقيقة)	عمق الحوض (م)	النسبة المئوية للمواد الصلبة المزالة(٪)
١٠	١	٣٠
	٢	٢٥
	٢,٥	٢٠
٢٥	١	٥٣
	٢	٤٥
	٢,٥	٤٠
٤٠	١	٦٥
	٢	٥٥
	٢,٥	٥٤
٥٠	١	٧٩
	٢	٦٨
	٢,٥	٦٥

مامقدار النسبة المئوية للمترسبات التي يمكن ازالتها في ٣٠ و٤٥ دقيقة لعمق ٢,٥ متر بافتراض أن الدفق أفقي. (الإجابة ٦٠٪، ٧٣٪)

٩) تم تحليل ماء نهر للمواد الصلبة العالقة ووجد أنها تصل إلى ١٤٠ جم/م^{٣}. أوضحت تجارب عمود الترسيب الى أن التوزيع المتردد التراكمى للحبيبات يتبع خطا مستقيما له الخواص التالية:

١٠٪ من الحبيبات المترسبة لها سرعة ترسيب أكبر من ٠,٦ ملم/ث

١٠٪ من الحبيبات المترسبة لها سرعة ترسيب أصغر من ٠,٢ ملم/ث

ولترسيب بمقدار ماء ٣٥٠ م٣/ساعة تم انشاء حوض ترسيب أفقي الدفق عرضه ١٠ م وطوله ٣٠ م وعمقه ٣ م . بإفتراض أن الترسيب مثالي أوجد مايلي:

أ) درجة تركيز المواد الصلبة في السائل الخارج من وحدة الترسيب

ب) معدل تراكم الأوساخ علي بعد ٢٥ م من مدخل الحوض.

ت)رقم فرود

ث) رقم رينولد للدفق الأفقي للماء بافتراض أن لزوجة الماء ١,٣١×١٠$^{-٦}$ م^{٢}/ث

ج)طول حوض الترسيب اللازم إزالة ٧٥٪ من الحبيبات الصلبة العالقة

ح)نسبة الحبيبات في الماء الخارج لسرعة ترسيب تقل عن ٠,٣ ملم/ث

خ)زمن مكث الماء في الحوض

د) اقتراح محدد لتحسين أداء هذا الحوض

(الإجابة: ١٢,٦ جم/م^{٣}، ٥٧٣ كجم/م^{٢}/سنة، ٦×١٠$^{-٨}$، ٤٦٣٧، ١٩ م، ٩٩٪، ٢,٦ ساعة)

١٠)أوجد سرعة الترسيب لحبيبات كروية متفردة الترسيب في ماء على درجة حرارة ١٥°م علماً بأن الكثافة الترسيبية للحبيبات ١,٤٢ وقطرها ٠,١ ملم . (الإجابة: ٢ ملم/ث).

١١) في اختبار عمود الترسيب لحبيبات عالقة متفردة الترسيب موضحة في النتائج التالية

عمق العينة (م)	زمن العينة (ساعة)	المواد الصلبة العالقة المزالة من العينة (٪)
١	١	٤٠
١	٢	٥٧
١	٦	٧١
٢	١	٣٧
٢	٢	٤٥
٢	٨	٦٤
٣	١	٣٥
٣	٢	٣٨
٣	٦	٥٠

ارسم المنحنى التراكمي للترسيب وأوجد الإزالة الكلية النظرية لحوض ترسيب أفقي الدفق مساحته ١٠٠ م^{٢} عندما يدخله دفق بمعدل ٢,٧ م^{٣}/دقيقة . (الإجابة: ٤٨ ٪)

١٢) نتائج إختبار عمود الترسيب التي تمت على فضلات منزلية من مدينة معينة كما موضحة أدناه وقد أجريت التجارب على عينة من الفضلات تمت غربلتها بغربال ١,٢ ملم لإزالة المواد الصلبة الإجمالية التي تقوم بقفل وانسداد الصمامات . وكان وزن ٥٠ لتر من العينة الناشفة ١,٣٥٢ جم.

زمن العينة (دقيقة)	نتائج التجارب لقيم المواد الصلبة العالقة المتبقية في العينة (ملجم/لتر)			
	عمق العينة (سم)			
	١٠٠	٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠
صفر	٢٣٠	٢٣٠	٢٣٠	٢٣٠
٦٠	١٥٠	١٥٢	١٥٩	١٥٧
١٨٠	١١٨	١٤٣	١٤٧	١٥٢
٣٦٠	٩٠	١١٦	١٣٤	١٤٥

وتضم محطة معالجة الفضلات حوضي ترسيب قطر كل منهما ٢٥ م لتنساب الفضلات فيها بمعدل ٠,٣ م^3/ث أوجد النسبة المئوية لإزالة المواد الصلبة العالقة بواسطة المحطة . (الإجابة: ٥٣ ٪)

١٣) في اختبار ترسيب في مخبر لمادة متبلرة في عمود ترسيب له ثلاث نقاط أخذ عينة تم الحصول على النتائج التالية :

العمق (م)	المواد الصلبة العالقة للزمن المحدد (ملجم/لتر)				
	صفر	١٥ دقيقة	٣٠ دقيقة	٤٥ دقيقة	٦٠ دقيقة
١	١٢٠	٩١	٦٥	٥٠	٤٢
١,٥	١٢٠	٩٤	٧٤	٦٥	٥١
٢	١٢٠	٩٨	٧٧	٦٧	٥٦

أوجد كفاءة إزالة المواد الصلبة في حوض أفقي الدفق له زمن مكث ٣٥ دقيقة لعمق ٢ م . أوجد أيضاً الإزالة لعمق ٣ متر . (الإجابة: ٥٨، ٥١ ٪)

١٤) تم إجراء إختبار عمود ترسيب لحبيبات عالقة متفردة الترسيب وتم الحصول على النتائج المسجلة لعمق ١,٨

زمن العينة (ث)	٤٨٠	٦٠٠	١٢٠٠	٢٤٠٠	٣٦٠٠	٤٨٠٠
المواد الصلبة العالقة المزالة من العينة (٪)	٥١	٥٣	٦٣	٨١	٩٥	٩٨

أوجد الإزالة النظرية للمواد الصلبة من هذا العالق في حوض ترسيب أفقي الدفق له معدل دفق سطحي ٢١٦ م^{٣}/م^{٢}/يوم . (الإجابة: ٧٣ ٪)

أوجد سرعة ترسيب عالق عضوي له كثافة نسبية ١,٠٠١ وقطر ٠,٥ ملم في ماء علماً بأن اللزوجة المطلقة ١,١ × ١٠$^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢} باقتراض أن الحبيبات كروية الشكل . (الإجابة: ٠,١٢٤ ملم/ث)

١٥) تم الحصول على البيانات التالية من اختبار ترسيب على عوالق متفردة الترسيب

عمق العينة (م)	زمن العينة (ساعة)	المواد الصلبة العالقة المتبقية في العينة (٪)
كل الأعماق	صفر	١٠٠
١	١	٣٦
١	٢	٦
١	٤	٢
٢	١	٦٩
٢	٢	٣٥
٣	١	٧٢
٣	٢	٥٤
٤	١,٥	٧١
	٢	٦٨
	٤,٥	٢٩

ارسم منحنى إزالة المواد الصلبة العالقة مع معدل الدفق الفائض لحوض ترسيب أفقي الدفق للمدى النظري لسرعات الترسيب الموضحة . أوجد الإزالة الكلية لحمل سطحي ٠,٣ ملم/ث . (الإجابة: ٨٧ ٪)

١٦) في تحليل ترسيب مادة متلبدة في المخبر تم الحصول على النتائج التالية للإزالة المئوية للمواد الصلبة العالقة

عمق العينة (سم)	زمن العينة (دقيقة)			
	١٥	٣٠	٤٥	٦٠
١٠٠	٢٩	٥٥	٧٠	٧٨
١٥٠	٢٦	٤٦	٥٥	٦٩
٢٠٠	٢٢	٤٣	٥٣	٦٤

أوجد كفاءة إزالة المواد الصلبة في حوض أفقي الدفق لزمن ٣٥ دقيقة وعمق ٢ متر . (الإجابة: ٦٤ ٪)

١٧)تترسب حبيبات كروية متفردة الترسيب قطرها "ق" في حوض ترسيب مثالي . تصل سرعة ترسيب الحبيبات إلى ٥ ملم/ث وكثافتها النسبية ٢,٦ إذا كانت درجة الحرارة ثابتة على ٢٠°م أوجد القطر "ق" للحبيبات . (الإجابة: ٠,٠٧٦ ملم)

الفصل الثالث : الترشيح

يهدف ترشيح الماء الخام الى فصل الحبيبات الصلبة العالقة فيه وذلك بحجز العوالق على سطح وسط مسامي والسماح للراشح النظيف بالمرور خلال مسامه. ومن مهام المرشح: تحسين نوع الماء وترفيع مواصفاته، وإزالة المواد الصلبة العالقة والجسيمات الغروانية، وتقليل أعداد البكتريا الضارة والحمات الممرضة، وإزالة اللون والطعم والرائحة، والتغيير الكيميائى لخواص المواد الموجودة بالماء، وإزالة الحديد والمنجنيز خاصة من المياه الجوفية العميقة. ومن أهم خواص الطبقة الترشيحية الجيدة: قلة التكاليف، والتواجد بكميات مناسبة، والخمول الكيميائي، وسهولة الإستخدام والنظافة، وتحمل الضغط. ومن المواد المستخدمة كوسط ترشيحى: الرمل، والأنثراسيت، والحجارة المكسرة، والزجاج، واللدائن، والخرسانة المسامية، والتراب الدياتومي. وللرمل محاسنه مقارنة بالمواد الأخرى المستخدمة كمادة ترشيحية، نسبة للأسباب المذكورة آنفاً بالإضافة الى الخبرة الطويلة المستقاة من الإستخدام المكثف له فى محطات التنقية والمعالجة.

مثال ٣-١

بإستخدام المعادلات المطورة بروس وكارمان أوجد فقد السمت خلال المرشح الرملي عمقه ٠,٨م. بافتراض أن المرشح وحيد الحجم، وحبيبات الرمل كروية قطرها ٠,٥ ملم واللزوجة التحريكية ١٠×١,٠٠٣ $^{-٦}$ م^{٢}/ث ومسامية الطبقة الترشيحية ٤٠٪ ومعدل الترشيح ٢٥٠ لتر/م^{٢} دقيقة.

الحل

١) المعطيات : 1 = ٠,٨م، ϕ = ١، d = ٠,٥ ملم ، ν = ١٠×١,٠٠٣ $^{-٦}$ م^{٢}/ث ، e = ٤٠٪ ، vf = ٢٥٠ لتر/م^{٢} دقيقة = ١٠×٤,١٧ $^{-٣}$ م^{٣}/م^{٢} ث

٢) أوجد فقد السمت عبر الطبقة الترشيحية بإستخدام معادلة روس كما يلي:

$$h_f = \frac{1.067\ C_D\ v_f^2 L}{g\ d\ \phi\ e^4}$$

حيث:

h_f = فقد السمت للمرشح (م)

C_D = معامل السحب أو معامل نيوتن للسحب، وتبين المعادلة التالية طريقة تقدير معامل السحب: $C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$

v_f = سرعة الترشيح (م / ث)

L = إرتفاع الطبقة الترشيحية (م)

g = عجلة الجاذبية الأرضية (م / ث٢)

d = قطر حبيبات الرمل (م)

ϕ = معامل شكل الحبيبات (=مساحة السطح لحجم كرة مماثل ÷ مساحة السطح الفعلية)

e = معامل المسامية (لا بعدي)

Re=رقم رينولد $\frac{\phi\ \rho v_a d}{\mu}$

* أوجد رقم رينولد = (١٠×٤,١٧ $^{-٣}$ × ١٠×٠,٥ $^{-٣}$) ÷ ١٠×١,٠٠٣ $^{-٦}$ = ٢,٠٧٩

* أوجد معامل نيوتن للسحب من معادلته:

C_D = (٢,٠٧٩÷٢٤) + (٢,٠٧٩)^{٠,٥}÷٣) + ٠,٣٤ = ١٣,٩٦

* أوجد فقد السمت عبر هذه الطبقة بإستخدام المعادلة : $h_f = \frac{1.067\ C_D\ v_f^2 L}{g\ d\ \phi\ e^4}$

h_f = {١,٠٦٧×١٣,٩٦×(١٠×٤,١٧ $^{-٣}$)^{٢}×٠,٨} ÷ {٩,٨١×٠,٥×١٠ $^{-٣}$×٠,٤ ^{٤}}

= ١,٦٥ م

٣) أوجد فقد السمت عبر الطبقة الترشيحية بإستخدام معادلة كارمن وكوزنى كما يلي:

*أوجد قيمة رقم رينولد: Re = ٢,٠٧٩

*أوجد قيمة الثابت E من المعادلة $E = \frac{150(1-e)}{Re} + 1.75$

E = {١٥٠×(١-٠,٤) ÷ ٢,٠٧٩} + ١,٧٥ = ٤٥,٠٤

*أوجد قيمة فقد السمت من معادلة كارمان-كوزني: $h_l = \frac{E_1 L\ (1-e) v_a^2}{\phi\ d\ e^3 g}$

hf = {٤٥,٠٤(١-٠,٤)×(١٠×٤,١٧ ^-٣) ÷ {٠,٨×٢} ^٣ ٠,٤×١×٣-١٠×٠,٠٥×٩,٨١}

= ١,٢ م

مثال ٣-٢

إذا علم أن سرعة ترسيب المقاسة لحبيبات رمل المرشح المذكور في مثال ٣-١ تساوي ٠,١٢ م/ث ، أوجد مقدار تمدد الطبقة الترشيحية عندما يتم تنظيف المرشح بالاجتراف الخلفي بمعدل ٤٥٠ م٣/م٢ يوم

الحل

١) المعطيات: v = ٠,١٢ م/ث ، v_b = ٤٥٠ م٣/م٢ يوم

٢) أوجد سرعة التنظيف بالاجتراف الخلفي = ٤٥٠ ÷ (٢٤×٦٠×٦٠) = ٥,٢١×١٠ ^-٣ م/ث

٣) أوجد عمق تمدد الطبقة الترشيحية من المعادلة: $\frac{L_e}{l}\frac{1-p}{1-\left(\frac{vb}{v}\right)^{0.22}}$

حيث:

L_e = عمق تمدد الطبقة الترشيحية (م)

l = عمق الطبقة الترشيحية (م)

p = مسامية الطبقة الترشيحية

v_b = سرعة ترسيب الحبيبة (م/ث)

v = سرعة التنظيف بالاجتراف الخلفي (م/ث)

عمق تمدد الطبقة الترشيحية =

$$L_e = 0,8 \times (1 - 0,4) \div [1 - (0,12 \div 5,21 \times 10^{-3})^{0,22}] = 0,96 \text{ م}$$

مثال ٣-٣

أوجد فقد السمت للماء الصافي في مرشح رملي ثنائى الوسط الترشيحي والذي يتكون من طبقة انثراسايت إرتفاعها ٠,٦ م ومتوسط قطر حبيباتها ١,٦ ملم وكثافتها النوعية ١,٥ . فيما تتكون الطبقة الأخرى من رمل منتظم إرتفاعها ٤٠ سم ومتوسط قطر حبيباتها ٠,٦ ملم وكثافتها النوعية ٢، علماً بأن معدل الترشيح ١٥٠ لتر/م^2 دقيقة ودرجة الحرارة التشغيلية ١٥° م والمسامية ٠,٣٥ . إستخدام معادلة روس لتقدير فقد سمت الماء الصافي.

الحل:

١- المعطيات: طبقة الإنثراسايت: L = ٠,٦م، D = ١,٦ × ١٠$^{-3}$ م، طبقة الرمل:

L = ٠,٤م، D = ٠,٦ × ١٠$^{-3}$ م، vf = ١٥٠ لتر/م^2 دقيقة، T = ١٥° م ، e = ٠,٣٥

٢- أوجد قيمة السرعة الترشيحية: vf = ١٥٠ ÷ ٦٠ = ٢,٥ × ١٠$^{-3}$ م/ث.

٣- أوجد من الجداول قيم درجة اللزوجة الديناميكية والكثافة للماء على درجة حرارة ١٥° م كمل يلى: ν = ١,١٤٦ × ١٠$^{-6}$ م^2/ث

٤- أوجد فقد السمت عبر الطبقة الترشيحية بإستخدام معادلة روس كما يلي:

طبقة الإنثراسايت:

*أوجد قيمة رقم رينولد من المعادلة $Re = \rho * v * d / \mu$

$$Re = (2,5 \times 10^{-3} \times 1,6 \times 10^{-3}) \div (1,146 \times 10^{-6}) = 3,49$$

*أوجد معامل نيوتن للسحب من المعادلة $C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$

$$C_D = (24 \div 3,49) + (3 \div \sqrt{3,49}) + 0,34 = 8,82$$

* أوجد فقد السمت عبر هذه الطبقة بإستخدام المعادلة $h_f = \frac{1067\ C_D\ v_f^2 L}{g\ d\ \phi\ e^4}$

$\{^{٤}$ ٠,٣٥×١×$^{-٣}$١٠×١,٦×٩,٨١$\}\div\{$٠,٦×^{٢}(١٠×٢,٥$^{-٣}$)×٨,٨٢×١,٠٦٧$\}$ = hf

= ٠,١٥ م

طبقة الرمل:

* باستخدام نفس المعادلات السابقة أوجد قيمة رقم رينولد Re = ١,٣ ومعامل نيوتن للسحب C_D = ٢١,٢٨ وفقد السمت عبر هذه الطبقة hf = ٠,٦٤ م

* أوجد فقد السمت الكلى على الطبقة الترشيحية = فقد السمت عبر طبقة الرمل + فقد السمت عبر طبقة الإنثراسايت = ٠,١٥ + ٠,٦٤ = ٠,٧٩ م

مثال ٣-٤

تبين للمهندس البيئي أهمية اضافة مرشح رملي للتنقية النهائية لمياه النهر المذكورة في المثال ٢-٣ . عمق الطبقة الترشيحية ١,٢ م وتتكون من رمل منتظم له قطر فعال ٠,٧٥ م. وارتفاع الماء الفوقي ١,٥ م عند سرعة ترشيحية ٥ م^{٣}/م^{٢}/ساعة.

أ. أوجد عدد المرشحات الرملية التي ينبغي للمهندس البيئي استخدامها ومساحة كل منها.

ب. ما مقدار المقاومة الأولية للطبقة الترشيحية علماً بأن مسامية الطبقة ٣٥ بالمائة. إذا حدث أقل ضغط على عمق ٠,٣ م تحت قمة الطبقة الترشيحية بنهاية دورة تشغيل المرشح ، أوجد أقصى مقاومة للطبقة الترشيحية يسمح بها . يمكن أخذ درجة الحرارة ٢٥ ° م كما مبين في مثال ٢-٣ .

الحل .

١- المعطيات: لمثال ٢-٣ Q = ١٥٠٠م^{٣} / الساعة = ٠,٤١٧ م^{٣} /ث. L = ١,٢م، D = ١٠×٠,٧ $^{-٣}$م، v_f = ٥ م/ساعة =١,٤×١٠ $^{-٣}$م/ث

٢- أوجد عدد المرشحات من المعادلة التجريبية التالية: $n=12\sqrt{Q}$

حيث:

N = عدد مرشحات الرمل السريع (لابعدى)

Q = معدل دفق الماء (م^{٣}/ث)

وعليه $n = 12\sqrt{0.417}$ ومنها N = ٨

يمكن أخذ ١٠ مرشحات بحيث أنه عند التنظيف بالاجتراف الخلفي لمرشحين تتمكن بقية المرشحات من الايفاء بمتطلبات الاستهلاك.

٣- أوجد مساحة الترشيح الكلية = السعة المتوسطة ÷ معدل الترشيح = ١٥٠٠ ÷ ٥ = ٣٠٠ م^{٢}

٤- أوجد مساحة كل مرشح = ٣٠٠ ÷ (١٠-٢) ≅ ٣٨ م^{٢}

٥- أوجد مقاومة الطبقة الترشيحية من معادلة كوزني وكارمان :

$$H=180\frac{(1-p)^2}{p^3}\frac{v}{gd^2}L$$

ومنها H = (١٨٠×٠,٨٩٣×١٠×١٠$^{-٦}$×(١-٠,٣٥)^{٢}×١,٤×١٠$^{-٣}$×١,٢) ÷ (٠,٣٥^{٣}×(٠,٧٥×١٠$^{-٣}$)^{٢}×٩,٨١×٠,٣٥) = ٠,٤٨ م

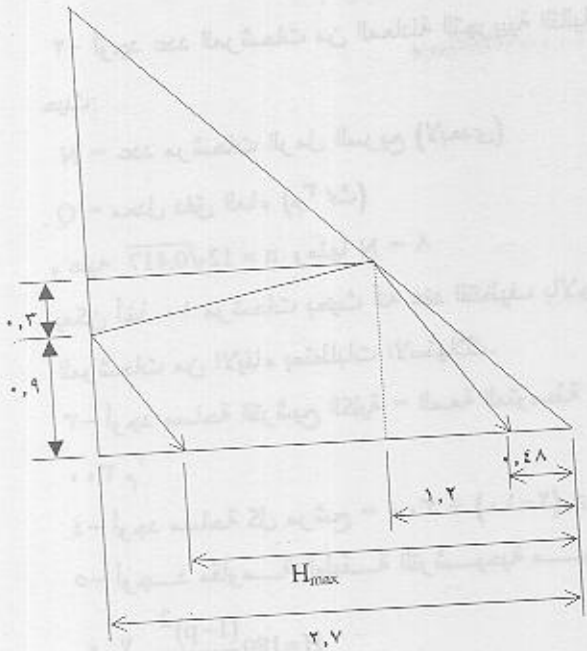
٦- أوجد أقصى مقاومة للطبقة الترشيحية من الرسم المرفق

H_{max} = ٢,٧ - [١,٢ ÷ (٠,٤٨-١,٢)×٠,٩] = ٢,١٦ م

تمارين عامة (٣)

١) تم تصميم أنموذج لمرشح رملي في أحد المخابر متكوناً من أنبوب قطره ١٥ ملم ممتلئ بالرمل إلى عمق ٠,٨ م. حبيبات الرمل كروية ومنتظمة وقطرها الفعال ٠,٦ ملم . عند قياس المسامية وجد أنها تساوي ٤٠ ٪، ودرجة حرارة الماء التي سجلت

الماء الفوقي
١,٥
الوسط الترشيحي
قعر المرشح


٠,٣
٠,٩
٠,٤٨
١,٢
H_{max}
٢,٧

كانت ٥٢٠° م . أوجد فقط السمت خلال المرشح باستعمال كل من معادلتي روس وكارمن-كوزيني إذا علم أن معدل الترشيح تم ضبطه على ١٥٠ م^3/م^2 يوم. (الإجابة: ٠,٤٥ م، ٠,٣٤ م) .

٢) إذا كانت سرعة الترسيب لحبيبات الرمل في المرشح المشار إليه في السؤال (١) تساوى ١٠٠ ملم/ ث ، أحسب تمدد الوسط الترشيحي علماً بأن سرعة تنظيف المرشح تساوي ١٠ ملم /ث . (الإجابة: ١,٢ م) .

٣) باستخدام معادلة كارمن-كوزني أحسب فقد السمت الأولي خلال مرشح يتكون من حبيبات رمل متوسط قطرها ٠,٥ ملم ، ومساميتها ٠,٣٥ . عمق الوسط الترشيحي ٠,٥ م ومساحة مقطعه ١٤ م^2 . بمقدرة المرشح أن يعالج دفق ماء يبلغ ٨٥٠ م^3 يومياً عند درجة حرارة ٢٥° م . يمكن أخذ معامل الشكل للرمل مساوياً ٠,٩٥ (الإجابة: ٠,٢ م) .

٤) إذا تم وضع طبقة انثراسايت ذات ارتفاع ٠,٦ م فوق طبقة الرمل المذكورة في السؤال (٣) أعلاه ، أوجد فقد السمت الكلي علماً بأن قطر حبيبات الأنثراسايت يساوي ٢ ملم ومساميتها تساوي ٠,٤ . (الإجابة: ٠,٢٠٩ م) .

٥) في إحدى قرى الجزيرة اقترح المهندس البيئي المسئول استخدام مرشحات الرمل البطئ لتنقية المياه لأهل القرية . لمرشح سعته ١٢٠٠ م^3 /ساعة أحسب :

أ) مساحة السطح الكلية للمرشح المقترح بواسطة المهندس البيئي .

ب)عدد المرشحات المستخدمة وحجم كل منها .(الإجابة: ٣٣٣٣ م^2، ١٠، ٣٧٠ م^3)

٦) تحتوي مياه سطحية لنهير على مواد صلبة عالقة بمقدار ١٧٠ ملجم/لتر ويحتاج المستهلكون في القرية المجاورة لمقدار من الماء يقدر بحوالي ١٣٠٠ م^3/ساعة . ولإستعذاب هذه المياه إقترح المهندس البيئي المسئول أن تحوي محطة التنقية أجهزة ترسيب وترشيح سريع وتطهير . على أن تتكون المرشحات المقترحة من حبيبات رمل منتظم قطرها الفعال ٠,٨ ملم ويكون عمق الطبقة الترشيحية ١,٢ م والماء الفوقي

لإرتفاع ١,٥ م أعلى الطبقة الترشيحية على أن يتم تثبيت سرعة الترشيح على ٤ م/ساعة.

أ) ما عدد المرشحات المقترحة بواسطة المهندس البيئي.

ب) ما مقدار مساحة كل مرشح مقترح.

جـ) أوجد المقاومة الأولية للطبقة الترشيحية علماً بأن المسامية ٠,٤.

د) لُوحظ في نهاية دورة الترشيح أن أقل ضغط يحدث على عمق ٢٥ سم تحت قمة الطبقة الترشيحية . أوجد أقصى مقاومة مسموح بها في المرشح لهذه الحالة.

هـ) يتغير إستهلاك المواطنين للماء لإستخدام ثابت بمعدل ٢٨٠٠ م^3/ساعة أثناء فترة تسع ساعات واستخدام ثابت بمعدل ٤٠٠ م^3/ساعة لفترة خمسة عشر ساعة . أوجد أقل حجم تخزين مطلوب لمواكبة متطلبات الأهالي.

و) عند ضخ الماء بمعدل ٢٨٠٠ م^3/ساعة يبلغ السمت الذي تعطيه المضخات للماء للمرشح ٣٥ متر عمود ماء . أوجد الطاقة اللازمة من مولد البلدة.

(الإجابة: ١٠، ٤١ م^2، ٠,١٩ م، ١,٩ م، ١٣٥٠٠ م^3، ٢٦٧ كيلووات) .

٧) تحتوي مياه نهر على مواد صلبة عالقة بمقدار ١٥٠ جم/م^3 . وسئل المهندس المستشار ليقوم بتصميم محطة تنقية تتألف من أجهزة ترسيب وترشيح سريع وتطهير . كمية الماء المطلوب تنقيتها ١٦٠٠ م^3/ساعة واقترح المهندس المستشار تصميم حوض ترسيب يمكنه إزالة ٩٠ ٪ من الحمل العالق . ثم يدخل السائل الخارج من أجهزة الترسيب لمرشحات بمعدل ٨,٥ م/ساعة . تتكون الطبقة الترشيحية من انترسايت مفتت كثافته ١٦٠٠ كجم/م^3 ومساميته ٣٥ بالمائة وحبيباته ذات قطر ١,٣ ملم ولها معامل نفاذية ١٥ م/ساعة . طول الطبقة الترشيحية ١,٢ م والماء الفوقي إلى ارتفاع ١,٥ م . وفي نهاية دورة الترشيح وجد المهندس أن أقل ضغط مائي يحدث على عمق ٠,٣٥ م تحت قمة الطبقة الترشيحية . تتكون الطبقة التحتية (الحاملة للطبقة الترشيحية) من عوارض مخرمة لها قطر داخلي ٠,٠٠٨ م وبها ٥٠ فتحة لوحدة المساحة

(أ) أوجد مقاومة الطبقة الترشيحية في بداية ونهاية الدورة الترشيحية عند إجازة ضغط سالب ٠,٤٥ متر عمود ماء .

(ب) احسب مقاومة الطبقة الترشيحية أثناء عملية الاجتراف الخلفي إذا كان تمدد الطبقة الترشيحية ٢٠ بالمائة. (الإجابة: ٠,٣٩٧ م، ٢,٥٨ م، ٠,٤٧ م) .

٨) يعمل مصنع في محلية الخرطوم لمدة ٤ أيام في الأسبوع بطاقة كلية ويعمل لمدة يومين في الأسبوع بنصف طاقته . كمية الماء المطلوبة بالمصنع ١٦ مليون متر مكعب سنوياً. ويتم الحصول على هذه المياه من نهر النيل بعد خضوعها لتنقية بترشيح سريع عبر أيام الأسبوع بمعدل ترشيح ثابت ٥ م^{٣}/م^{٢}/ساعة وعبر طبقة ترشيحية عمقها ١,٢ م وتتكون من مادة مساميتها ٣٥ بالمائة وقطر حبيباتها ٠,٦ ملم وكثافتها ٣١٠٠ كجم/م^{٣} . وقد لوحظ أن المسامية تتناقص أثناء التشغيل وافترض مبدئياً أن انسداد الطبقة الترشيحية منتظم عبر الطبقة العلوية لمسافة ٢٥ سم لتضمحل عبر بقية عمق المرشح . أما ارتفاع الماء الفوقي فقد عمل لثباته على ١,٥ م.

(أ) أوجد عدد ومرات الترشيح المستخدمة لتنقية الماء المصنع وحجمها .

(ب) صمم خزان الماء النظيف ليتمكن من التشغيل المستمر للمرشح بمعدل ثابت .

(جـ) أوجد مقاومة المرشح عندما تبدأ دورة الترشيح وتنتهي إذا سمح بحدوث ضغط سالب مقداره ٠,٤ عمود من الماء .

(الإجابة: ١٠، ٣٦٥ م^{٢}، ٢٦٣٠٢ م^{٣}، ٣,٠٢ م) .

٩) يستخدم مرشح أبعاده ٤ × ٨ م للترشيح المستمر لدفق كميته ٨٠٠٠ متر مكعب من الماء يومياً . معدل الاجتراف الخلفي للمرشح ٢٥ م^{٣}/م^{٢}/ساعة لمدة خمس دقائق. أوجد معدل الترشيح لكمية الماء المستخدم لنظافة المرشح بالاجتراف الخلفي . (الإجابة: ٢,٩ لتر/م^{٢}.ث، ٦٧ م^{٣}).

الفصل الرابع : التهوية

التهوية طريقة اصطناعية مستمرة تهدف الي التالي :

+ زيادة نقل جزيئات الهواء عند ملامسته لسطح الماء
+ زيادة أكسجين الماء الجوفي وذلك لأكسدة أى حديد أومنجنيز بغية تسهيل إزالتهما
+ إزالة ثانى أكسيد الكربون لتقليل تآكل المواد ولموازنة الرقم الهيدروجينى.
+ التخلص من الغازات غير المرغوب فيها مثل: كبريتيد الهيدروجين لتفادى الطعم والرائحة ولتقليل تآكل الفلزات وتفتيت المواد الخرسانية.
+ إزالة الزيوت الطيارة ومثيلاتها من مسببات الطعم والرائحة.
+ إزالة غاز الميثان لتقليل مخاطر الحريق.
+ إزالة غاز الأمونيا من الفضلات السائلة لتقليل أي مخاطر محتملة.

مثال ٤-١

أوجد درجة تركيز تشبع الأكسجين في ماء نقي على درجة حرارة ٢٠°م معرض لهواء على ضغط ١٠١,٣ كيلو باسكال . إفترض أن الهواء الجاف يحوي ٢٠,٩٤٨ بالمائة أكسجين بالحجم . أوجد أيضاً ثابت هنري لهذه الشروط ومعيار بنزن للإمتصاص .

الحل

١- المعطيات: T = ٢٠ °م، ضغط الهواء = ١٠١,٣ كيلوباسكال،
نسبة الأكسجين = ٠,٢٠٩٤٨

٢- أوجد درجة الحرارة بالكلفن: T = ٢٠ + ٢٧٣,١٦ = ٢٩٣,١٦ كلفن

٣- أوجد من الجداول معامل التوزيع للأكسجين على درجة حرارة ٢٠°م:
k_D = ٠,٠٣٣٧

٤- أوجد ضغط بخار الماء لدرجة حرارة ٣٠° م p_w = ٤,٢٤ كيلوباسكال

٥- أوجد الوزن الجزيئي للأكسجين MW = ١٦×٢ = ٣٢

٦- أوجد مقدار الضغط المؤثر $x(P - p_w)$ = ٠,٢٠٩٤٨ (١٠١,٣ - ٤,٢٤) × ١٠٠٠

= ٢٠٧٣٢,٢ باسكال

٧- أوجد درجة تركيز التشبع للأكسجين باستخدام المعادلة: $C_s = \frac{k_D MW(P-p_w)}{RT}$

C_s = ٠,٠٣٣٧ × ٢٠٧٣٢,٢ × ٣٢ ÷ (٨,٣١٤٣ × ٢٩٣,١٦) = ٩,٢ جم/م^3

٨- أوجد ثابت هنرى من المعادلة $\left(k_H = \frac{k_D MW}{RT}\right)$

k_H = ٠,٠٣٣٧ × ٣٢ ÷ (٨,٣١٤١ × ٢٩٣,١٦) = ٤,٤ × ١٠$^{-٤}$ جم/جول

٩- أوجد ثابت بنز من المعادلة: $k_b = k_D*(T_o/T)$

k_b = ٠,٠٣٣٧ × ٢٧٣,١٦ ÷ ٢٩٣,١٦ = ٠,٠٣١٤

مثال ٤-٢

بإفتراض أن الهواء على الضغط الجوي يحتوي ٢١ بالمائة أكسجين بالحجم أوجد درجة تركيز تشبع الأكسجين في ماء على عمق ٨ م علماً بأن درجة حرارة الماء ٣٠°م .

الحل

١- المعطيات: نسبة الأكسجين = ٠,٢١ ، H = ٨ م، T = ٣٠° م

٢- أوجد درجة الحرارة بالكلفن: T = ٣٠ + ٢٧٣,١٦ = ٣٠٣,١٦ كلفن

٣- أوجد من الجداول معامل التوزيع للأكسجين على درجة حرارة ٣٠° م: k_D = ٠,٠٢٩٦

٤- أوجد ضغط بخار الماء لدرجة حرارة ٣٠° م p_w = ٤,٢٤ كيلوباسكال

٥- أوجد الوزن الجزيئي للأكسجين MW = ١٦×٢ = ٣٢

٦-أوجد مقدار الضغط المؤثر:

$x(P-p_w)$=٠,٢١× (٤,٢٤ − ٨×٩,٨١+١٠١,٣) = ١٠٠٠× ٣٦,٨٦ كيلو باسكال

٧- أوجد درجة تركيز التشبع للأكسجين باستخدام المعادلة: $C_s=\frac{k_D MW(P-p_w)}{RT}$

C_s = ٠,٠٢٩٦×٣٦,٨٦×١٠ ÷ (٣٠٣,١٦×٨,٣١٤٣) ×٣٢ = ١٣,٩ جم/م^٣

مثال ٤-٣

في محطة تنقية ماء تمت تهوية ماء جوفي - تركيز الأكسجين فيه ١٠ بالمائة من درجة التشبع على درجة حرارة ٢٥°م - بمسقط يتكون من ثلاثة درجات متماثلة يمكنها رفع درجة تركيز الأكسجين من صفر إلى ٣٠ بالمائة من التشبع . أوجد درجة تركيز الأكسجين في الماء الخارج من المسقط .

الحل

١-المعطيات: المياه الجوفية C_o = ٠,١×C_s = ٠,١×٨,٤ = ٠,٨٤

كل درجة C_o = ٠,٠ ، C_e = ٠,٣×C_s ، T = ٢٥° م.

٢-أوجد درجة تركيز التشبع عند الحرارة ٢٥° م من الجداول C_s = ٨,٤ جم/م^٣.

٣-أوجد قيمة K لكل درجة من المعادلة: $K=\frac{C_e - C_o}{C_s - C_o}$

K = (٠ − C_s) ÷ (٠ − ٠,٣×C_s) = ٠,٣ = ٣٠٪

٤-أوجد درجة الأكسجين الخارج من الدرجة الأولى باستخدام المعادلة: $C_c = C_o + K(C_s - C_o)$

C_{e1} = ٠,١×C_s + ٠,٣×(C_s − ٠,١×C_s) = ٠,٣٧×C_s ملجم/لتر

يمثل الماء الخارج من الدرجة الأولى نفس الماء الداخل للدرجة الثانية، وعليه يمكن إيجاد درجة تركيز الأكسجين في الماء الخارج من الدرجة الثانية على النحو التالي:

C_{eII} = ٠,٣٧×C_s + ٠,٣×(C_s − ٠,٣٧×C_s) = ٠,٥٥٩×C_s ملجم/لتر

ومن ثم تساوى درجة تركيز الأكسجين فى الماء الخارج من الدرجة الثالثة:

$C_{eIII} = (C_s \times ٠,٥٥٩ - C_s) \times ٠,٣ + C_s \times ٠,٥٥٩ = C_s \times ٠,٦٩١$ ملجم/لتر

أما درجة تركيز الأكسجين فى الماء الخارج من الدرجة الرابعة فتساوى:

$C_{eIV} = ٨,٤ \times ٠,٦٩١ = ٥,٨$ ملجم/لتر

أو يمكن إيجاد درجة تركيز الأكسجين في الماء الخارج من الدرجة الثالثة باستخدام المعادلة:

$$C_N = C_s - (C_s - C_o)*(1 - K_n)^N$$

بمقدرة مسقط تهوية تخفيض تركيز ثاني أكسيد الكربون لمياه جوفية من ٢٠ إلى ١٢ جم/م^٣ . ويمكن لرشاش تهوية تخفيض ثاني أكسيد الكربون لنفس الماء إلى ٨ جم/م^٣ . علماً بأن الهواء يحتوي على ٠,٠٣٢ بالمائة ثاني أكسيد كربون ذوبانيته في الماء ٢٥٠٠ جم/م^٣ للضغط الجوي . أوجد المستوى الذي يمكن أن يصله ثاني أكسيد الكربون عند استخدام جهازي التهوية على التوالي . وأي ترتيب للأجهزة يفضل تفعيله ؟

الحل

١-المعطيات: مسقط تهوية: C_o = ٢٠، C_e = ١٢ جم/م^٣، رشاش تهوية: C_o = ٢٠، C_e = ٨ جم/م^٣

٢-أوجد درجة تركيز التشبع لثاني أكسيد الكربون :

C_s = (٢٥٠٠×٠,٠٣٢) ÷ ١٠٠ = ٠,٨ جم/م^٣

٣-أوجد درجة تركيز التشبع عند الحرارة ٢٥ م من الجداول C_s = ٨,٤ جم/م^٣

٤-أوجد قيمة كفاءة كل جهاز تهوية من المعادلة: $K = \frac{C_e - C_o}{C_s - C_o}$

بالنسبة للمسقط : Kc = (١٢ - ٢٠) ÷ (٠,٨ - ٢٠) = ٠,٤٢

بالنسبة للرشاش : Ks = (٨ - ٢٠) ÷ (٠,٨ - ٢٠) = ٠,٦٢

٥-إذا استخدام المسقط في البداية فيمكن ايجاد تركيز الأكسجين الخارج منه من المعادلة:

$$C_e = C_o + K (C_s - C_o)$$

$$C_e = ١٢ + ٠,٦٢ \times (٠,٨ - ١٢) = ٥,١ \text{ جم/م}^٣$$

٦-إذا استخدام الرشاش في البداية فيمكن ايجاد تركيز الأكسجين الخارج منه من المعادلة:

$$C_e = C_o + K (C_s - C_o)$$

$$C_e = ٨ + ٠,٦٢ \times (٠,٨ - ٨) = ٥ \text{ جم/م}^٣$$

وعليه يتضح أن أي من الجهازين يمكن ضعه في البداية دونما تفضيل.

مثال ٤-٥

استخدم مسقط تهوية لتهوية ٥٠٠ م^٣ من الماء الجوفي في الساعة وتحتوي هذه المياه على ٢,٣ جم/م^٣ من الأكسجين . تحتوي المياه التي تتم تهويتها على ٩,٣ جم/م^٣ من الأكسجين على درجة حرارة ١٠°م .

(أ) أوجد درجة تركيز الأكسجين المتوقعة للماء الخارج إذا كانت المياه الجوفية لاهوائية .

(ب) أوجد القدرة الكهربائية المطلوبة عند سمت ١,٢٥ م في المسقط علماً بأن كفاءة المضخة ٧٠ ٪ وكفاءة الموتور ٩٠ ٪ .

(ج) أوجد كفاءة الأكسجة (مقدرة كجم أكسجين/كيلووات ساعة) لجهاز التهوية لدرجة تركيز أكسجين تعادل صفر بأخذ كفاءة المضخة والموتور في الإعتبار .

الحل

١-المعطيات: Q = ٥٠٠ م^٣، Ce = ٩,٣ جم/م^٣، Ci = ٢,٣ جم/م^٣، T = ١٠°م، الماء الجوفي Co = ٠، H = ١,٢٥م، ζ = ٠,٧، ε = ٠,٩

٣-أوجد درجة تركيز التشبع عند الحرارة ٢٥ ° م من الجداول C_s = ٨,٤ جم/م^3

٤-أوجد قيمة كفاءة جهاز التهوية من المعادلة: $K = \frac{C_e - C_o}{C_s - C_o}$

$K = (٩,٣ - ٢,٣) \div (١١,٣ - ٢,٣) = ٠,٧٨$

٥- أوجد درجة تركيز الأكسجين المتوقعة للماء الخارج من المعادلة:

$C_e = C_o + K(C_s - C_o)$

$C_e = ٠ + ٠,٧٨ \times (١١,٣ - ٠) = ٨,٨$ جم/م^3

٦-أوجد القدرة الكهربائية المطلوبة من المعادلة: $Grosspower = \frac{\rho g Q h}{\eta_p \eta_m}$

وعليه يمكن حساب القدرة = $(١٠٠٠ \times ٩,٨١ \times (٥٠٠ \div ٣٦٠٠) \times ١,٢٥) \div (٠,٧ \times ٠,٩)$

= ٢,٧ كيلو وات

٧- أوجد كفاءة الأكسجة من المعادلة: $OE = \frac{QKC_s}{\frac{\rho g Q h}{\eta_p \eta_m}}$

وعليه: OE = $(٥٠٠ \times ٠,٧٨ \times ١١,٣ \times ١٠^{-٣})$ كجم أكسجين/ساعة) ÷ (٢,٧ كيلووات.ساعة/ساعة) = ١,٦٣ كجم أكسجين/كيلو وات ساعة

مثال ٤-٦

قام المهندس البيئي المسئول بتصميم جهاز تهوية مخروطي في محطة تنقية المياه لتهوية المياه بها . وطبقاً لمواصفات الصانع فإن سعة الأكسجة للمخروط تساوي ٤٠ جم أكسجين على الثانية . أوجد مستوى الأكسجين الذي يمكن نقله بواسطة المخروط تحت ظروف التشغيل على درجة حرارة ٢٤°م علماً بأن مستوى الأكسجين الذائب ينبغي أن يكون ١,٦ جم/لتر .

الحل

١-المعطيات: OC = ٤٠ جم أكسجين/ث، T = ٢٤°م، C = ١,٦ جم/لتر .

٢- يمكن تعريف سعة الأكسجة على أنها نقل الأكسجين على درجة حرارة ١٠°م وضغط ١٠١,٣ كيلو باسكال وتركيز أكسجين صفر : $OC=k_2C'_s$ جم/م٣ث

حيث:

Cs' = تركيز تشبع الأكسجين في ماء نقي على درجة حرارة ١٠°م وضغط ١٠١,٣ كيلو باسكال

k2 = المعامل الكلي لتبادل الغاز

أما سعة الأكسجة لجهاز التهوية (جم/ث) فيمكن ايجادها من المعادلة: $OC = k_2 VC'_s$

حيث:

V = حجم الماء ، م٣

أما تأثير الحرارة على المعامل فيمكن تقديره طبقاً للمعادلة التالية:

$$(k_2)_{10} = (k_2)_T \times \sqrt{\frac{D_{10}}{D_T}}$$

ولقد تم استنباط معامل التصحيح تجريبياً كما يلي: $\sqrt{\frac{D_{10}}{D_T}} = 1.0188^{(10^oC-T)}$

أوجد سعة الأكسجة من البيانات المعطاءة من المعادلة: $OC_{24} = (k_2)_{24}(C'_{s24} - C)V$

غير أن $OC_{10} = (k_2)_{10}(C'_{s10})V = 30$

وعليه : $V(k_2)_{10} = \frac{30}{11.3} = 2.655$

$$(k_2)_{10} = (k_2)_{24}\sqrt{\frac{D_{10}}{D_T}}$$

غير أن: $\sqrt{\frac{D_{10}}{D_T}} = 10188^{(10-24)} = 0.7702$

وعليه : $V(k_2)_{24} = \frac{2.655}{0.7702} = 3.447$

$$OC_{24} = 3.447(8.5-1.6) = 23.8 gO_2/s$$

أوجد قيمة: $OC_{24} = ٣,٤٤٧ \times (٨,٥ - ١,٦) = ٢٣,٨$ جم أكسجين/ث

تمارين عامة (٤)

١) أوجد العمق المائي الذي يكون عليه الضغط الجزئي للأكسجين ٤٠ كيلوباسكال . أوجد درجة تركيز الأكسجين على هذا العمق علماً بأن الماء متشبع ٨٠ بالمائة بالأكسجين على درجة حرارة ١٠°م . (الإجابة: ٩,٠٩ م، ١٧,٣ ملجم/لتر)

٢) تركيز الأكسجين لمياه جوفية ١,٨ جم/لتر وسجلت درجة حرارته على ١٤°م . واقترح المهندس المسئول تهوية هذا الماء لتستخدم للمدينة المجاورة . وتم اختيار مسقط تهوية يتكون من أربع درجات إرتفاع كل منها ٠,٣٥ م لكى تبلغ درجة تركيز الأكسجين للسائل النهائي في النظام ٨ ملجم/لتر . وبعد مدة من تشغيل المسقط اتضح أنه قد عطب بصورة سيئة مما استدعى إعادة بنائه مما حدا بالمهندس ليقترح تصميم مسقط يتكون من درجتين وله نصف ارتفاع المسقط القديم .

أ) أوجد معامل كفاءة المسقط الحالي .

ب) ما مقدار درجة تركيز الأكسجين المتوقعة في السائل الخارج من المسقط الجديد

جـ) إحسب القدرة اللازمة لتهوية ٨ م^{٣} من الماء علماً بأن الكفاءة الكلية للمضخة والمحرك ٨٥ بالمائة .

د) قدر تكلفة الطاقة لهذه التهوية علماً بأن السعر الكلي للكيلووات ساعة الواحد ١,٢ جنيه . (الإجابة: ٠,٢٧، ٧,٤ ملجم/لتر، ١٢٩ كيلو وات، ١٥٤,٨ جنيهات)

٣) يتكون مسقط هوائي من ثلاث درجات متماثلة ، إرتفاع كل منها ٠,٣ م ويمكن أي منها زيادة درجة تركيز الأكسجين لمياه جوفية من ٢ إلى ٦ جم أكسجين/م^{٣} أما درجة تركيز التشبع للماء فتبلغ ٩,٧ ملجم/لتر . ونسبة لعطب كبير في بعض أجزاء المسقط كان لابد من إعادة إنشائه. ولتنشيط ظاهرة تبادل الغاز فقد تم بناء المسقط بدرجة واحدة ارتفاعها ٠,٩ م .

- أوجد معامل كفاءة المسقط الحالي.

- كم تبلغ درجة تركيز الأكسجين للسائل الخارج من المسقط الجديد.
- أوجد كفاءة الأكسجين لكلا المسقطين (الإجابة: ٠,٥٢، ٦,٥٤ ملجم/لتر، ٠,٥٧ ملجم أكسجين/جول، ٠,٦٥ ملجم أكسجين/جول)

٤) مياه جوفية لها درجة تركيز أكسجين ١,٤ كجم/م^3 من المتوقع استخدامها للشرب . ومن المقترح استخدام مسقط تهوية مكون من درجتين متماثلتين لزيادة عملية التهوية . ولوحظ أن الماء الذي تمت تهويته له تركيز أكسجين ٧,٥ جم/م^3 على درجة حرارة ١٨°م . واقترح المهندس البيئي المسئول تحسين نظام التهوية بتشييد درجة ثالثة مماثلة للدرجتين الحاليتين . أوجد تركيز الأكسجين المتوقع في الماء الخارج من الدرجة الثالثة. ما كمية تركيز الأكسجين في الماء الخارج من الدرجة الثالثة إذا كانت المياه الجوفية لاهوائية ؟ (الإجابة: ٨,٥ جم/م^3، ٨,٣ جم/م^3)

٥) استخدام مسقط تهوية لتهوية ماء جوفي في منطقة الجزيرة بكمية ٦,٨ م^3 في الثانية . يتكون المسقط من عدد من الدرجات ارتفاع كل منها ٠,٤ م، وتتمكن كل درجة من زيادة تركيز الأكسجين من ١٥ إلى ٣٥ بالمائة من تركيز التشبع . أوجد عدد الدرجات المطلوبة لزيادة تركيز الأكسجين من العدم إلى ٧٥ بالمائة من قيمة التشبع (الإجابة:٦)

٦) تبلغ مقدار سعة الأكسجين OC لنظام تهوية ٢٠ كجم أكسجين في الساعة في حوض تهوية ذي خلط تام . أضيف للحوض جهاز سطحي للتهوية يستهلك ٤٠٠ كيلووات-ساعة في اليوم في ظروف متزنة . حجم حوض التهوية ٢٥٠ م^3 واستخدم نظام التهوية لماء نقي على درجة حرارة ١٠°م بدرجة تركيز أكسجين ٣,٥ ملجم/لتر

- أوجد أقصى دفق للماء يمكن تهويته بهذا النظام لكي يسهل الحصول على درجة تركيز ٧,٥ ملجم أكسجين/لتر في الماء الخارج.
- أوجد زمن مكث الماء في حوض التهوية تحت الظروف السائدة في الجزء الأول من المسألة.

• أوجد كفاءة الأكسجة OE تحت ظروف قياسية. (الإجابة:١٦٨٣ م^{٣}/ساعة، ٠,١٥ ساعة، ٠,٣٣ ملجم أكسجين/جول)

٧) تم تجهيز حوض تهوية حجمه ١٤٠ م^{٣} بجهاز تهوية مخروطي . وتم التأكد من النظام بماء نقي على درجة حرارة ١٠°م عند تسجيل دفق الماء صفر . وبافتراض حدوث خلط كامل تم الحصول على البيانات التالية

الزمن (دقيقة)	درجة تركيز الأكسجين (جم/م^{٣})
٠	٣
٨	٨

(أ) أحسب درجة تركيز الأكسجين المتوقعة بعد ١٤ دقيقة.

(ب)أوجد سعة الأكسجة للنظام (الإجابة:٩,٦٥ جم أكسجين/م^{٣}، ٣,٠٤ جم أكسجين/ث)

الفصل الخامس : التطهير

التطهير يعني هلاك الأحياء المجهرية الممرضة ومسببة الأوبئة بأفضل طريقة اقتصادية ويختلف عن التعقيم في أن الأخير يسعى لهلاك كل الأحياء المجهرية الموجودة (بما فيها الأنواع الضارة والمسببة للأمراض) فيما يراد تعقيمه. كما وتهدف عملية التطهير الي إزالة الغازات غير المرغوبة مثل الأمونيا، وأكسدة المواد غير العضوية للتمهيد لإزالتها، ولضمان عدم رجوع ونمو البكتريا فى شبكات المياه. ويعتمد قتل الأحياء المجهرية الجرثومية بالتطهير على عدة عوامل منها: طبيعة وكمية ونوع والحالة الفسيولوجية للأحياء المجهرية، وطبيعة ونوع ودرجة تركيز ونقاء المادة المطهرة، والرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، ووجود عناصر تؤثر على فعالية التطهير (مواد أخرى سهلة الأكسدة بالمادة المطهرة)، وزمن التعرض وخواص المزج وخواص الماء المراد تطهيره وزمن التلامس بين المادة المطهرة والمحلول المراد تطهيره.

ومن الطرق المستخدمة للتطهير: (أ) الطرق الطبيعية مثل: المعالجة الحرارية والبسترة وإستخدام أيونات المعادن (أيونات الفضة والنحاس)، وإستخدام الأشعة فوق البنفسجية. (ب) الطرق الكيميائية حيث تضاف مواد كيميائية مؤكسدة (مركبات تستقبل إلكترونات) لتطهير الماء، ومن أمثلتها غاز ومركبات الكلور والأوزون، واليود، وبيرمنجنات البوتاسيوم. أما مواصفات المادة المطهرة الجيدة فتضم: السرعة والفعالية لإزالة الجراثيم ومسببات المرض، وعدم السمية للإنسان والحيوان فى حدود الجرعة المستخدمة، والتكلفة المناسبة، وتكوين متبقى بعد إنتهاء عملية التطهير، وسهولة الذوبان نسبيا عند درجات التركيز المطلوبة لإتمام عملية التطهير، والخلو من الطعم البغيض أو الرائحة النتنة أو اللون غير المقبول فى حدود الجرعة المستخدمة للتطهير، وسهولة الإكتشاف والقياس فى الماء، وسهولة التعامل معها وسهولة الحفظ والنقل والتحكم، والتواجد المحلى.

مثال ٥-١

أوجد زمن التلامس اللازم للحصول على درجة هلاك ٩٩,٩٩ بالمائة لتطهير نظام أحياء مجهرية علماً بأن ثابت التفاعل (للأساس ١٠) يساوي ٠,٠٦ على الثانية

الحل

١- المعطيات: درجة الهلاك= ٩٩,٩٩ ٪ ، k = ٠,٠٦ على الثانية.

٢- أوجد زمن التلامس اللازم لتحقيق درجة الهلاك المعطاة من قانون جيك $\ln\frac{N}{N_o} = -kt$ ، ومنها $t = (١ \div ٠,٠٦) \times \log[(-١٠٠ + ٩٩,٩٩) \div ١٠٠]$ = ٦٧ ثانية

مثال ٥-٢

ثابت التفاعل (للأساس ١٠) لكلورة الإشريكية القولونية ٠,٦ على الدقيقة لكلور حر متبقي . أوجد زمن التلامس المطلوب للحصول على درجة هلال تبلغ ٩٩,٩ ٪

الحل

١- المعطيات: k = ٠,٦ على الدقيقة، درجة الهلاك= ٩٩,٩ ٪

٢- أوجد زمن التلامس اللازم لتحقيق درجة الهلاك المعطاة من قانون جيك $\ln\frac{N}{N_o} = -kt$ ، ومنها $t = (١ \div ٠,٦) \times \log[١٠^{-٣}]$ = ٥ دقيقة

مثال ٥-٣

إذا علم بالنسبة للكلور كمطهر يمكن من الحصول على درجة هلاك ٩٩ ٪ يمكن وضع قانون جيك كما مبين على المعادلة التالية: $C^{0.86} * t = 0.24$ ، حيث:

C = درجة تركيز المطهر (ملجم/ لتر)

t = زمن التلامس أو الزمن المتاح لتحقيق نسبة هلاك معينة للميكروبات (الزمن المطلوب للحصول على هلاك مئوي ثابت للأحياء المجهرية الجرثومية) (دقيقة)

٠,٨٦ = معامل التخفيف

٠,٢٤ = ثابت تجريبي يتحقق لنظام معين

أوجد زمن التلامس المطلوب بهذه الأحياء المجهرية لتحقيق درجة هلاك ٩٩٪ لجرعة كلور ١٥ ملجم/لتر

الحل

١- المعطيات: درجة الهلاك= ٩٩,٩ ٪

٢- استخدم المعادلة المعطاة لايجاد زمن التلامس: $t=\frac{0.24}{15^{0.86}}$ ومنها: t = ٠,٠٢ ثانية

تمارين عامة (٥)

١)من المتوقع استخدام ماء جوفي للإستهلاك بواسطة السكان في ريف ربوع الجزيرة . واقترح المهندس المسئول استخدام بدرة التبييض لتطهير الماء قبيل استخدامه . احسب زمن التلامس المطلوب للحصول على درجة هلاك ٩٩ بالمائة لتطهير الأحياء المجهرية الموجودة علماً بأن ثابت التفاعل (للأساس ١٠) يساوي ٠,٠٤ على الثانية (الإجابة: ٥٠ ثانية)

) أوجد زمن التلامس المطلوب للاشريكية القولونية لتحقيق درجة هلاك ٩٩ ٪ لجرعات كلور: (أ) ٠,٠٦ جم/م^3 (ب) ٠,١ ملجم/لتر (جـ) ٦ جزء في المليون (د) ١٠ جم/م^3 (الإجابة: ٢,٧، ١,٧٤، ٠,٠٥، ٠,٠٣ ثانية)

قارن بين زمن التلامس المطلوب للكلور ليقوم بهلاك ٩٩,٩٩ ٪ من عائلة معينة من الأحياء المجهرية في الماء لكلور حر متبقي ٠,٣ جم/م^3 علماً بأن ثوابت التفاعل ١٠-١ و١٠-٤ ثانية على التوالي (الإجابة: ٩، ٢٨٣ ثانية)

ي محطة تنقية ماء يصل الإنتاج إلى ٢٥٠٠٠ م^3/يوم ويستخدام ١٠ كجم/يوم من كلور لتطهير الماء . أوجد جرعة الكلور (مقدرة بالملجم/لتر)، وأوجد أيضاً مطلوب

الكلور للماء إذا كان الكلور المتبقي بعد ١٠ دقائق زمن تلامس تساوي ٠,٢ ملجم/لتر (الإجابة: ٠,٤، ٠,٢ ملجم/لتر)

٥) استخدمت بدرة التبييض لتطهير ٢٠٠٠٠ م^{٣} من الماء يومياً . وتحتوي البدرة المستخدمة على ٣٥ بالمائة من الكلور المتواجد . يحتاج إلى ٠,٤ ملجم/لتر من الكلور للحصول على متبقي في حدود ٠,٢ ملجم/لتر . أوجد كمية بدرة التبييض اللازمة لتطهير الماء (الإجابة: ٢٢,٩ كجم/يوم)

٦) في اختبار لمطلوب الكلور لعينة من الماء الخام تم الحصول على النتائج التالية

الكلور المستخدم (ملجم/لتر)	الكلور المتبقي (ملجم/لتر)
١	١
٢	٢
٣	٢,٩
٤	٣,٥
٥	٤,٢
٦	٤,١
٧	٣,١
٨	٢
٩	١,١
١٠	١,٤
١١	٢,١
١٢	٣,٤

ارسم منحنى مطلوب الكلور، وأوجد جرعة نقطة الكلورة . ثم أوجد أيضاً مطلوب الكلور لجرعة ٦ و ٨ و ١٢ ملجم/لتر (الإجابة: ٩,٤ ملجم/لتر، ١,٩، ٦ ، ٨,٦ ملجم/لتر)

الفصل السادس: موازنة الماء

موزازنة الماء عبارة عن طريقة تضم عمليات كيميائية وبكتريولوجية لها أهميتها لتنقية الماء عند نقله وتوزيعه للجمهور المستهلك. ومن المعلوم أن الماء في حالة عدم الاتزان قد يكون إما حارق أو مرسب . وتعني الحالة الأولى زيادة في ثاني أكسيد الكربون يمكن أن تؤثر على الخرسانة وحتى الخرسانة الأسبستوسية باذابة كربونات الكالسيوم. وقد تتولد من عمليات التآكل المائي مخاطر في شبكات التوزيع (مثل الشبكات المصنعة من الرصاص...الخ) وفي هذه الحالة تفتقد المياه ثاني أكسيد كربون.

مثال ٦-١

شارت نتائج التحاليل المخبرية لعينة من ماء شرب إلى البيانات التالية

القياس	القيمة
كالسيوم	٦٠ ملجم/لتر
بيكربونات	١٨٠ ملجم/لتر
الرقم الهيدروجيني	٧,٩

ضح ما إذا كانت هذه العينة حارقة أم مترسبة. إذا كان الماء حارق فما مقدار كمية ثاني سيد الكربون الحارق بها.

حل

) المعطيات: Ca^{++} = ٦٠ ملجم/لتر، HCO_3^- = ١٨٠ ملجم/لتر ، pH = ٧,٩

لاستخدام منحنى تيلمان فلابد أن تكون نسبة الكالسيوم والبيكربونات مساوية إلى ١ : ٢ وعليه يجب التأكد من هذه النسبة:

$[Ca^{++}] : [HCO_3^-] - [٤٠÷٦٠] : [٦١÷١٨٠] = ١,٥ : ٣ \cong ١ : ٢$ (هـذا يعنـي أن منحنى تيلمان يمكن استخدامه)

٣) أوجد من منحنى تيلمان (ولقيم HCO_3 = ١٨٠ ملجم/لتر و pH = ٧,٩) كمية ثاني أكسيد الكربون = ١٢ ملجم/لتر. وهذه القيمة تعنى أن الماء حارق.

٤) أوجد كمية ثاني أكسيد الكربون الحارق برسم خط مستقيم موازٍ من نقطة (HCO_3^- = ١٨٠ ملجم/لتر و pH = ٧,٤) إلى XB ليعطي أفقياً قيمة ثاني أكسيد الكربون لتساوي ٧,٤

٥) وعليه: كمية ثاني أكسيد الكربون الحارق = ١٢ - ٧,٤ = ٤,٦ ملجم/لتر

مثال ٦-٢

وجد أن ماء شرب له الخواص التالية

كمية الأملاح الكلية	٥٠٠ ملجم/لتر
بيكربونات	٦١ ملجم/لتر
العسر الكلي	٣,٦ ملجم/لتر
المغنسيوم	١٢ ملجم/لتر
الرقم الهيدروجيني	٧,٥
درجة الحرارة	٥٢٠م

وضح ما إذا كان هذا الماء حارض أم لا ؟

الحل

١) المعطيات: TDS = ٦١ ملجم/لتر، العسر الكلي = ٣,٦ ملجم/لتر، Mg^{++} = ١٢ ملجم/لتر، pH = ٧,٥، T= ٥٢٠م

٢) بما أن العسر الكربوني = ١ ملمكافئ/لتر = ١,٨ ملمول/لتر والمغنيسيوم = ١٢÷٢٤ = ٠,٥ ملمول فيمكن تقدير الكالسيوم ليساوي: Ca^{++} = ١,٨ - ٠,٥ = ١,٣ ملمول

٣) لاستخدام منحنى تيلمان فلابد أن تكون نسبة الكالسيوم والبيكربونات مساوية إلى ١ : ٢
تأكد من هذه النسبة:

$[Ca^{++}] : [HCO_3^-]$ = ١,٣ : ١ وهذا يعنى أن منحنى تيلمان لا يمكن استخدامه، غير أن المسألة يمكن حلها باللجوء إلى بياني معادلة لانجلير وهوفر المتمثلة في المعادلة التالية:

$$pH_S=(pk_2-pk_S)+pCa^{+}+pAlk$$

حيث:

P_{ca} = - لو[Ca] مول ، (كالسيوم/لتر)

P_{Alk} = - لو [القلوية] ، (القلوية مقدرة بالمكافئ)

$$pk_S=-Log\left[Ca^{++}\right]\left[CO_3^{--}\right]$$

ويمكن ايجاد معامل التشبع من المعادلة: $pH_a - pH_s = SI$

حيث:

SI = معامل التشبع (عندما يكون أكبر من صفر يعتبر الماء مرسب، وعندما يكون أصغر من الصفر يعتبر الماء حارق)

pH_a = الرقم الهيدروجيني الفعلي (أو الذي تم قياسه)

وجد القلوية من المعادلة: $Alkalinity=100\left(\frac{1}{2}HCO_3^- +CO_3^{--}+\frac{1}{2}OH^-\right)$

عليه: القلوية = ١٠٠×(٠,٥×١ + ٠ + ٠) = ٥٠ جزء في المليون $CaCO_3$

$[Ca^{++}]$ = ١,٣×٤٠ = ٥٢ ملجم/لتر

من بياني معادلة لانجلير وهوفر ولقيم TDS = ٦١ ملجم/لتر، وكالسيم $[Ca^{++}]$ = ٥٢ جم/لتر، وقلوية = ٥٠ جزء في المليون $CaCO_3$:

pH = ٨,٣

نها يمكن ايجاد معامل التشبع: SI = ٧,٥ - ٨,٣ = - ٠,٨ (أقل من صفر مما يعني أن ء حارق)

تمارين عامة (٦)

١) تم تحليل عينة من ماء النهر في المخبر وأشارت نتائج الإختبار إلى البيانات التالية

القياس	القيمة
كالسيوم	٨٠ جزء في المليون
بيكربونات	٢٤٤ جزء في المليون
الرقم الهيدروجيني	٧,٣٦

وضح ما إذا كان ماء النهر حارق أم لا. إذا كان الماء حارق فما مقدار تركيز ثاني أكسيد الكربون الحارق (الإجابة: ١,٤ ملجم/لتر)

٢) توضح البيانات التالية النتائج المخبرية التي أجراها المهندس البيئي على عينة من الماء

القياس	القيمة
الأملاح الذائبة الكلية	٦٠٠ ملجم/لتر
بيكربونات	١٢٢ ملجم/لتر
كالسيوم	٨٠ ملجم/لتر
الرقم الهيدروجيني	٧,٨
درجة الحرارة	٣٠°م

أوجد ما إذا كان هذا الماء حارق أم مترسب (الإجابة: ١ مرسب)

٣) لعينة من الماء التكوين التالي: الأملاح الذائبة الكلية = ٥٠٠ ملجم/لتر، بيكربونات = ٦٠ جزء في المليون، المغنيسيوم = ١٢ جزء في المليون، العسر الكلي = ٣,٦ مللمكافئ/لتر الرقم الهيدروجيني = ٧,٥ ودرجة حرارة الماء ٣٠ °م. وضح ما إذا كان هذا الماء حارق أم مترسب (الإجابة: = ٠,٨ حارق)

مسألة عامة

اختار المهندس الاستشاري مصدر للماء لتغذية مدينة باحتياجاتها من الاستهلاك من الماء النقي الصحي . وأشارت السجلات إلى أن عدد سكان المدينة ٦٦١٧٣ شخص بنسبة نمو ٢,٥٪. وأشارت التحاليل المخبرية إلي البيانات التالية:

المنشط	القياس
درجة الحرارة	٢٠°م
الرقم الهيدروجيني	٦,٦
درجة تركيز المواد الصلبة العالقة	١٠٠ ملجم/لتر
ثاني أكسيد الكربون	١٢ ملجم/لتر
الكربونات(CO_3)	صفر ملجم/لتر
البيكربونات(HCO_3)	٣٠٥ ملجم/لتر
الكالسيوم(Ca^{++})	٧٢ ملجم/لتر
المغنسيوم(Mg^{++})	٤٨,٤ ملجم/لتر
الحديد(Fe^{++})	٣٣,٥ ملجم/لتر
الصوديوم(Na^{+})	٩,٢ ملجم/لتر
الكبريتات($SO4^{=}$)	١٣٤,٤ جزء في المليون
الكلوريد(Cl^{-})	٧,١ جزء في المليون
القلوية الكلية	٢٥٠ ملجم/CaCO3 لتر
الأمونيا(NH_4^{+})	٠,٥ ملجم/لتر
العكر	NTU 10
القولونيات (الرقم الأكثر إحتمالاً)	١٠٠ لكل ١٠٠ مللتر
درجة تركيز التشبع للأكسجين على درجة حرارة ٢٠°م	٩ ملجم/لتر
درجة اللزوجة الحركية لدرجة حرارة ٢٠°م	١,٠٠٩ × ١٠$^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢}

ولكي يمد السكان بكمية من الماء تقدر بحوالي ٢٠٠ لتر/فرد/يوم فقد اقترح المهندس البيئي المسئول تنقية الماء باستخدام مصفاة ثم مسقط تهوية فترسيب ثم ترشيح سريع يليه موازنة للماء ثم كلورة. وأشارت تجارب مخبرية أخرى إلي التالي:

- يمكن لمسقط التهوية تقليل نقصان الأكسجين من ٩٠٪ إلى ٥٪ من قيمة التشبع.
- يحتاج إلى ٠,١٧ ملجم من الأكسجين لأكسدة ١ ملجم حديد Fe^{++}
- يحتاج إلى ٣,٦ ملجم من الأكسجين لأكسدة ١ ملجم أمونيا
- نتائج اختبار الترسيب كما مجدولة أدناه:

عمق العينة(م)	زمن أخذ العينة(ساعة)	العوالق المزالة من العينة (٪)
١	١	٣٩
١	٣	٥٧
١	٦	٧٠
٢	١	٣٦
٢	٣	٤٤
٢	٨	٦٤
٣	١	٣٥
٣	٢	٣٧
٣	٦	٤٩

المساحة الكلية المطلوبة لأحواض الترسيب ١٠٠٠ م٢

تم اختيار الرمل كوسط ترشيحي بالخواص التالية:

قطر الحبيبات	
المسامية	٠,٦ ملم
معامل الانتظام	٤٠٪
معامل الشكل	١,٣
	٠,٩٢
تؤخذ القيم التالية لكل مرشح سريع:	
عمق الطبقة الترشيحية	١ م
عمق الماء الفوقي	١,٥ م
معدل الترشيح	١٥ م^{٣}/م^{٢}/ساعة

جرعة الكلور المطلوبة في حدود ٢٠ جزء في المليون لاتمام هلاك ٩٩٪ من الاشريكية القولونية
طى حسب قانون جيك المعدل: $C^{0.86}*t = 0.24$ حيث: c = تركيز المطهر (ملجم/لتر)، t =
من التلامس بين المطهر والاشريكية القولونية (ث)

لماً بأن وحدات التنقية من المفترض أن تشيد لفترة تصميمية تبلغ ٢٠ سنة أوجد التالي:

. درجة تركيز الأكسجين المتوقعة في الماء النقي.

. درجة تركيز المواد الصلبة العالقة في السائل النهائي من أجهزة الترسيب.

عدد المرشحات المطلوبة

مساحة كل مرشح يتم استخدامه

فقد السمت خلال المرشح

زمن التلامس المطلوب بين المطهر والاشريكية القولونية لاتمام هلاك ٩٩٪ لجرعة الكلور
لمبينة

قدار العسر الكربوني وغير الكربوني للماء مقدر ملجم/لتر كربونات كالسيوم

مل رسم مخطط للماء أوجد كمية الجير النقي المطلوب لتيسير الماء

د معامل الحرقة للماء وبين ما إذا كان الماء حارق لأنابيب الأسبستس-الأسمنتي

الكتاب الثاني

مسائل مختارة في هندسة الفضلات السائلة

الفصل السابع : حجم الفضلات السائلة وجمعها ونقلها

(أ) إنسياب موسم الجفاف

عند تقدير كمية الفضلات السائلة يعتمد على طريقة حساب إنسياب موسم الجفاف Dry Weather Flow (DWF) ويقدر هذا المعيار بالمتوسط الكلى لتصريف مياه الصرف الصحى، ويمثل الإنسياب الإعتيادى في ماسورة التصريف أثناء موسم الجفاف. كما وتم أيضا تعريف إنسياب موسم الجفاف على أنه "متوسط الدفق اليومي في المجرور بعد عدة أيام مطيرة لم تجاوز المطر فيها قيمة ٢,٥ ملليمتر في مدة الأربعة وعشرين ساعة السابقة".

تبين المعادلة التالية طريقة حساب معدل إنسياب موسم الجفاف:

$$DWF = P*Q + I_r + T_w + E$$

حيث:

DW = إنسياب موسم الجفاف (لتر/ يوم)

= عدد السكان داخل شبكة المجارى (فرد)

= المتوسط اليومي لإستهلاك المياه (لتر/الفرد/اليوم)

= متوسط التسرب الداخل لماسورة التصريف بسبب ضعف ضعف نقاط التوصيل أو ع الماسورة من مادة مسامية، عادة يقع بين صفر إلى ٣٠٪ من DWF (لتر/ يوم)

= متوسط الإنسياب التجارى للفضلات السائلة (لتر/اليوم)

= معدل التبخر (قد يصل في المناطق الحارة ٣٠-٥٠٪ من استهلاك الماء (لتر/ يوم)

١-٧

مصرف صحي منطقة من المتوقع أن يكون تعداد سكانها مستقبلاً ٤٠٠٠ شخص . توسط دفق الفضلات السائلة ٠,٤ م^3/يوم/شخص ، كما يقدر التسرب في المنطقة

بحوالي ٨٠ م^3/كيلومتر طولي من المصرف . بإفتراض أن الطول الكلي للمصرف ٤ كيلومتر أوجد مقدار إنسياب موسم الجفاف.

الحل

١) المعطيات: P = ٤٠٠٠ شخص ، Q = ٠,٤ م^3/يوم/شخص ، I_r = ٨٠ م^3/كيلومتر طولي من المصرف ، L = ٤ كلم

٢) أوجد مقدار التسرب = ٨٠×٤ = ٣٢٠ م^3/يوم

٣) أوجد معيار إنسياب موسم الجفاف بإستخدام المعادلة $DWF = P*Q + I_r + T_w + EV$

٤) DWF = ٤٠٠٠×٠,٤ + ٣٢٠ + ٠ + ٠ = ١٩٢٠ م^3/يوم

(ب) المكافئ السكاني .

يعول على معيار المكافئ السكاني بالنسبة لتقدير قوة وشدة الفضلات الصناعية Population equivalent, PE . ويمكن تعريف معيار المكافئ السكانى على أنه معيار يقارن نوع الفضلات السائلة الصناعية مع حمأة مثالية للفرد Standard sewage . وتتم المقارنة من خلال تحديد أحد خواص الفضلات مثل: حاجة الأكسجين الحيا-كيميائى أو المواد الصلبة العالقة أو الدفق أو حاجة الأكسجين الكيميائي .. الخ. وقد تم الإتفاق على إستخدام الحمأة المنزلية كحمأة مثالية. وعليه يصبح معيار المكافئ السكانى هو عدد الناس للحمأة المعنية.

وأهم فوائد معيار المكافئ السكانى تتمثل فى الآتى:

- يفيد المعيار فى تحديد المتغيرات فى معالجة الفضلات والمخلفات السائلة الصناعية.
- يقوم المعيار بتقدير تركيز وشدة تلوث الحمأة الناتجة من المصادر الصناعية.
- يستخدم المعيار فى تحديد تعريفة التخلص من المخلفات من المصنع وبؤرة صدورها.

وتوضح المعادلة التالية علاقة المعيار المكافئ السكانى بالأكسجين الحيا-كيميائى:

$$PE = BOD_5Q/BOD_e$$

حيث:

PE = معيار المكافئ السكانى

BOD5 = الأكسجين الحيا-كيميائى لمدة خمسة أيام ودرجة حرارة ٥٢٠ م للفضلات السائلة (ملجم/لتر)

Q = معدل دفق الفضلات السائلة (م^{٣}/ث)

BOD_s = الأكسجين الحيا-كيميائى لمدة خمسة أيام ودرجة حرارة ٥٢٠ م للحمأة المثالية. وهذه تساوى ٦٠ جرام من الأكسجين الحيا-كيميائى لمدة خمسة أيام الناتج اليومى من الفرد العادى فى المملكة المتحدة، وتساوى ٨٠ جرام من الأكسجين الحيا-كيميائى لمدة خمسة أيام الناتج اليومى من الفرد العادى فى اليوم فى الولايات المتحدة الأمريكية

مثال ٧-٢

أوجد المكافئ السكاني لمصنع معين ينتج ١٠ ٦ لتر من الفضلات السائلة في اليوم علماً بأن قيمة الأكسجين الحيا-كيميائي لمدة خمسة أيام تبلغ ٣٠٠ ملجم/لتر

الحل

١) المعطيات: Q = ١٠ ٦ لتر ، BOD5 = ٣٠٠ ملجم/لتر

٢) بافتراض أن الفرد المتوسط ينتج حمل أكسجين حيا-كيميائى = ٠,٠٦ كجم/يوم يمكن

إيجاد معيار المكافئ السكانى : PE = ٣٠٠×١٠×١٠$^{-٣}$) ÷ (٠,٠٦×١٠^{٣}) = ٥٠٠٠

ج) جمع الفضلات السائلة ونقلها

صريف الأمطار:

تبر الأمطار من أكبر مصادر تصريف العواصف . ويمكن تقدير معدل الدفق لهذا صدر من علاقة لويد وديفيد (الطريقة العقلانية): Q = 0.278CIA

يث:

Q = أقصى معدل دفق (م^3/ث)

C = معامل يمثل النسبة بين الدفق والأمطار (أو جزء المطر الذي يظهر كدفق سطحي) ويعتمد على: نوع وخواص السطح. $0 < C < 1$ (أنظر جدول ٤)

I = متوسط شدة المطر لزمن أقصى مطر لتردد حدوث معلوم ولمدة تساوي الزمن المطلوب لكي تتمكن كل المنطقة الجابية للمشاركة في الدفق (ملم/ساعة)

A = مساحة المنطقة الجابية (كلم^2)

جدول (٤) معامل المطر للطريقة العقلانية

نوع السطح	معامل C
بساتين	٠ - ١
حدائق معتمدة على ميل السطح ونوع التربة التحتية	٠,١ - ٠,٢٥
مساحة غير مستصلحة ومواقف ومقابر وملاعب	٠,٢ - ٠,٣
ضواحي ومساحات لعوائع منفردة	٠,٣ - ٠,٥
مدينة وشقق ومناطق سكنية	٠,٥ - ٠,٧
وسط المدينة (مناطق حضر)	٠,٧ - ٠,٩
معبر وطرق مرصوفة	٠,٧٥ - ٠,٨٥
سقف مسيك وشوارع	٠,٧ - ٠,٩٥
شوارع مرصوفة	٠,٨ - ٠,٩
شوارع مسفلتة وخرسانية	٠,٨٥ - ٠,٩

مثال ٧-٣

صمم مصرف أمطار للرسم التالي طبقاً للبيانات الموضحة

السرعة الكاملة للدفق في المصارف	٠,٧٥ م/ث
معامل الخشونة	٠,٠١٣

الحل

١) المعطيات: v = ٠,٧٥ م/ث، n = ٠,٠١٣

٢) أوجد: مساحة ١ = ٢٦٧×١٠٠ = ٠,٠٢٦٧ كلم٢

مساحة ٢ = ٣١٧×١٠٠ = ٠,٠٣١٧ كلم٢ مساحة ٣ = ٣٨٩×١٠٠ = ٠,٠٣٨٩ كلم٢

٣) أوجد الدفق من حجرة تفتيش ١ إلى حجرة تفتيش ٢ :

Q_1 = ٠,٠٢٦٧×٢٢٠×٠,٣×٠,٢٧٨ = ٠,٤٩ م٣/ث . وبالرجوع إلى اعداد بياني مانينج يمكن استخدام مصرف قطره ٩١٥ ملم بميل ٧,٨٪ (ليعطي دفق ٠,٥٣ م٣/ث)

٤) أوجد الدفق من حجرة تفتيش ٢ إلى حجرة تفتيش ٣ :

Q_2 = ٠,٠٣١٧×٢٣٠×٠,٣٤×٠,٢٧٨ + ٠,٤٩ + ٠,٦٩ = ١,١ م٣/ث .

وبالرجوع إلى اعداد بياني مانينج يمكن استخدام مصرف قطره ١,٣٧ م على ميل ٤,٥٪ (وهذا يعطي دفق ١,١٨ م٣/ث)

٥) أوجد الدفق من حجرة تفتيش ٣ إلى حجرة تفتيش ٤ :

Q_3 = ٠,٠٣٨٩×٢٦٥×٠,٣٨×٠,٢٧٨ + (Q_2) + (Q_1) = ٢,١٩ م٣/ث . ومن اعداد مانينج يمكن استخدام مصرف قطره ١,٩٨م بميل ٢,٥٪ (ليعطي دفق ٢,٣٤ م٣/ث)

المصرف الصحي:

المصرف الصحى بواسطة أنابيب أو قنوات تسمى مجارير (مجارى) المصرف الصحى ضمن شبكة المجارى. ويعرف المجرور على أنه أنبوب أو ماسورة أو قناة فى الغالب مغلقة غير أنها ليست ممتلئة لحمل الحمأة والفضلات السائلة. ومن أهداف المجارى: تجمع الفضلات السائلة ونقلها من مناطق انتاجها الى نقاط المعالجة أو للتخلص النهائى. المحافظة على الصحة العامة ورفاهية المنطقة المأهولة بالمجمعات السكانية أو بمشاريع التنمية.

تلجأ المناحى الإقتصادية الى إختيار أحد نظم المجارى المتبعة وهي: النظام المنفصل ، النظام الموحد، والنظام شبه الموحد.

وتضم العوامل المؤثرة في التصميم الجيد لشبكة المجارى التالي:

١-وجود المساحة المناسبة.

٢-نظام دفق الفضلات السائلة وخواصها.

٣-الآثار المتوقعة لمحطات المعالجة.

٤-وجود قطع الغيار والطاقة المطلوبة.

٥-الآثار على المسطحات المائية المستقبلة للسائل النهائي.

٦-الظروف البيئية والمناخية السائدة بالمنطقة.

٧-المناحي الإقتصادية.

٨-الدراسات الطبغرافية المطلوبة.

٩-الخرط الأساسية والتنمية المستقبلة للمنطقة.

١٠-الخدمات الأخرى الموجودة بالمنطقة

مثال ٧-٤

أوجد السعة والسرعة للدفق الكامل لمصرف خرساني قطره ١,٦٨ متر وميله ٠,٠٠٠٩مستخدماً معامل احتكاك ٠,٠١٣

الحل

١. المعطيات: D = ١,٦٨ م، S = ٠,٠٠٠٩ ، n = ٠,٠١٣

٢. يمكن استخدام معادلة مانننج لحساب السرعة لاسيما وقد وجد أن هذه الطريقة تحقق النتائج المخبرية كما وأنها طريقة سهلة: $v=\frac{1}{n}Rh^{2/3}\sqrt{S}$

٣. أوجد نصف القطر الهيدروليكي من المعادلة: $R_h = D/4$،

وعليه R_h = ١,٦٨ ÷ ٤ = ٠,٤٢ م

٤. أوجد السرعة من معادلة مانننج: $v = (٠,٤٢)^{٢÷٣} \times (٠,٠٠٠٩)^{١÷٢} ÷ ٠,٠١٣$

= ١,٢٩ م/ث

٥. أوجد السعة من المعادلة: Q = vA ، وعليه Q = ١,٢٩×π×(١,٦٨)^{٢} ÷ ٤ = ٢,٦٨ م^{٣}/ث، أو يمكن استخدام مخطط بياني مبني على صيغة مانينج.

مثال ٧-٥

وضع مصرف قطره ٤٦٠ ملم وقيمة n = ٠,٠١٣ على ميل ٠,٠٢. أوجد:

أ) سعة المصرف عند التدفق نصف الممتلئ

ب) سرعة الدفق عندما يكون عمق الدفق ١١٥ ملم .

الحل

١. المعطيات: D = ٤٦٠ ملم، n = ٠,٠١٣ ، S = ٠,٠٢

٢. أوجد الدفق الممتلئ من المعادلة : $Q=vA=0.312\frac{1}{n}D^{8/3}\sqrt{S}$ ،

وعليه Q = ٠,٣١٢×(٠,٤٦)$^{٨\div٣}$×(٠,٠٢)$^{١\div٢}$ ÷ (٠,٠١٣) = ٠,٤٣ م^{٣}/ث

أوجد الدفق نصف الممتلئ = ٠,٤٣ ÷ ٢ = ٠,٢١٥ م^{٣}/ث

أوجد زاوية الوسط:

cos(ϕ/2)= 1 - (2d/D)، وعليه جتا(٢÷ϕ) = ١ - ٢×٠,١١٥÷٠,٤٦ = ٠,٥

ومنها ϕ = ١٢٠°

٣. لايجاد نصف القطر الهيدروليكي أوجد المحيط المبتل من المعادلة: $w_p = \pi D\phi/360$

والمساحة: $A=\frac{D^2}{4}\left(\frac{\pi\phi}{360}-\sin\frac{\phi}{2}\right)$ ومنهما: $Rh=\frac{D}{4}\left(1-\frac{360\sin\phi}{2\pi\phi}\right)$ ، Rh =

(١-٣٦٠جا١٢٠÷٢×π×١٢٠)(٠,٤٦÷٤) = ٠,٠٦٧ م

٤. أوجد سرعة الدفق = (٠,٠٦٧)$^{٢\div٣}$×(٠,٠٢)$^{١\div٢}$ ÷ ٠,٠١٣ = ١,٧٩ م/ث

مثال ٧-٦

مصرف قطره ٢٠٠ ملم يتدفق على عمق ٣٠ ٪ من العمق الكلي على ميل يسهل معه النظافة الذاتية مماثلة للدفق على عمق كامل بسرعة ٠,٧٥ ملم/ث . أوجد الميول المطلوبة

والسرعات ذات الصلة لمعدل دفق على عمق كامل وعلى عمق ٣٠٪

(افترض أن n = ٠,٠١٣)

الحل

١. المعطيات: D = ٢٠٠ ملم، d = D×٠,٣ ، vf = ٠,٧٥ ، n = ٠,٠١٣

٢. أوجد الميل من سرعة الدفق الممتلئ : $v=\frac{1}{n}\left(\frac{D}{4}\right)^{2/3}\sqrt{S}$ ،

ومنها: ٠,٧٥ = $(٤\div٠,٢)^{٢\div٣}(S)^{١\div٢}$ ÷ ٠,١٣ وعليه يمكننا ايجاد الميل المطلوب لعمق كامل: = ٥,٢ ‰

أوجد الدفق الممتلئ من المعادلة: $Q_f=\pi D^2 v_f/4$،

$Q_f = \pi\times(٠,٢)^{٢}\times٠,٧٥ \div ٤ = ٠,٠٢٤$ م^٣/ث

٣. أوجد من رسم العناصر الهيدروليكية ولنسبة مساحة = ٠,٢٥٢ نسبة السرعة:

$$\frac{v_p}{v_f} = ٠,٧٧٦$$

٦. أوجد السرعة لعمق ٣٠٪ = ٠,٧٥×٠,٧٧٦ = ٠,٥٨٢ م/ث

٧. أوجد نسبة الدفق لنسبة السرعة : $\frac{Q_p}{Q_f}$ = ٠,١٩٦ ،

ومنها : Q_p = ٠,٠٢٤×٠,١٩٦ = ٠,٠٠٤٦ م^٣/ث

جدول (٥) العناصر الهيدروليكية لمصرف دائري ذي انسياب شبه ممتلئ

نسبة العمق $(\frac{dp}{df})$	نصف القطر الهيدروليكي/القطر $(\frac{Rhp}{Df})$	نسبة المساحة $(\frac{Ap}{Af})$	نسبة نصف القطر الهيدروليكي $(\frac{Rhp}{Rhf})$	نسبة السرعة $(\frac{vp}{vf})$	نسبة الدفق $(\frac{Qp}{Qf})$
٠,١	٠,٠٦٤	٠,٠٥٢	٠,٢٥٤	٠,٤٠١	٠,٠٢١
٠,١٥	٠,٠٩٣	٠,٠٩٤	٠,٣٧٢	٠,٥١٧	٠,٠٤٩
٠,٢	٠,١٢١	٠,١٤٢	٠,٤٨٢	٠,٦١٥	٠,٠٨٧
٠,٢٥	٠,١٤٧	٠,١٩٦	٠,٥٨٧	٠,٧٠١	٠,١٣٧
٠,٣	٠,١٧١	٠,٢٥٢	٠,٦٨٤	٠,٧٧٦	٠,١٩٦
٠,٣٥	٠,١٩٣	٠,٣١٢	٠,٧٧٤	٠,٨٤٣	٠,٢٦٣
٠,٤	٠,٢١٤	٠,٣٧٤	٠,٨٥٧	٠,٩٠٢	٠,٣٣٧
٠,٤٥	٠,٢٣٣	٠,٤٣٦	٠,٩٣٢	٠,٩٥٤	٠,٤١٦
٠,٥	٠,٢٥	٠,٥	١	١	٠,٥
٠,٥٥	٠,٢٦٥	٠,٥٦٤	١,٠٦	١,٠٤	٠,٥٨٦
٠,٦	٠,٢٧٨	٠,٦٢٦	١,١١١	١,٠٧٣	٠,٦٧٢
٠,٦٥	٠,٢٨٨	٠,٦٨٨	١,١٥٣	١,١	٠,٧٥٦
٠,٧	٠,٢٩٦	٠,٧٤٨	١,١٨٥	١,١٢	٠,٨٣٨
٠,٧٥	٠,٣٠٢	٠,٨٠٤	١,٢٠٧	١,١٣٤	٠,٩١١
٠,٨	٠,٣٠٤	٠,٨٥٨	١,٢١٧	١,١٤	٠,٩٧٨
٠,٨٥	٠,٣٠٣	٠,٩٠٦	١,٢١٣	١,١٣٧	١,٠٣
٠,٩	٠,٢٩٨	٠,٩٤٨	١,١٩٢	١,١٢٤	١,٠٦٦
٠,٩٥	٠,٢٨٦	٠,٩٨١	١,١٤٦	١,٠٩٥	١,٠٧٤
١,٠٠	٠,٢٥	١	١	١	١

p = دفق جزئي f = دفق ممتلئ (كامل)

مثال ٧-٧

صمم مصرف لحمل أقصى دفق ٢ م^3/دقيقة وأقل دفق ٠,٦٧٤ م^3/دقيقة. إذا كانت سرعة النظافة الذاتية المسموح بها ٠,٧٥ م/ث في كلتا الحالتين ، أوجد:

أ) الحجم المثالي وميل المصرف المطلوب

ب) عمق الدفق باعتبار n = ٠,٠١٣

الحل

١. المعطيات: Q_f = ٢ م^3/دقيقة ، Q_p = ٠,٦٧٤ م^3/دقيقة، v = ٠,٧٥ م/ث، D ، n = ٠,٠١٣

٢. أوجد نسبة الدفق: $\frac{Q_p}{Q_f}$ = ٠,٦٧٤ ÷ ٢ = ٠,٣٣٧ .

٣. أوجد من رسم العناصر الهيدروليكية ولنسبة الدفق (٠,٣٣٧)

نسبة المساحة: $\frac{A_p}{A_f}$ = ٠,٣٧٤

٤. أوجد المساحة للدفق الجزئي: $A_p = Q_p \div v$ = ٠,٠١٥ م^2

٥. أوجد المساحة للدفق الكامل: A_f = ٠,٠١٥ ÷ ٠,٣٧٤ = ٠,٠٤١ = $\frac{\pi D^2}{4}$

ومنها D = ٢٢٨ ملم

٦. أوجد نصف القطر الهيدروليكي: Rh = ٠,٢٢٨ ÷ ٤ = ٠,٠٥٧ م

٧. أوجد من رسم الأنابيب الممتلئة جزئياً : $\frac{Rh_p}{Rh_f}$ = ٠,٨٥٧

وعليه Rh = ٠,٠٥٧×٠,٨٥٧ = ٠,٠٤٩ م

٨. أوجد من سرعة الدفق الممتلئ : $v=\frac{1}{n}Rh^{2/3}\sqrt{S}$ ، S = ٥,٣ ‰

أوجد من رسم العناصر الهيدروليكية نسبة العمق $\frac{d_p}{d_f}$ = ٠,٤

ومنها: d_p = ٢٢٨×٠,٤ = ٩١ ملم

جدول (٦) قيم n لصيغة مانينج {٤، ٣٩}

وصف السطح	n
أنبوب لدن وخشب جيد التنظيف موضوع بانتظام	٠,٠٠٩
حديد ناعم الملمس وأسمنت نظيف	٠,٠١٠
أنبوب أسمنتي	٠,٠١١
أنبوب حديد زهر عادي الخشونة وخشب غير منظف	٠,٠١٢
خرسانة جيدة وأنبوب حديد مبرشم وأنبوب طيني وأعمال طوب (جيد البناء)	٠,٠١٣
خرسانة	٠,٠١٤
حديد زهر وأعمال طوب متوسطة	٠,٠١٥
طوب خشن وأنبوب حديد متدرن	٠,٠١٧
تربة ناعمة أو حصى قاسي	٠,٠١٨ – ٠,٠٢٠
مصارف طبيعية	٠,٠٢٥ – ٠,٠٣٥
خندق ونهر في حالة جيدة وبعض الحجارة والأعشاب	٠,٠٣
خندق ونهر قعرها خشن وكثيرة النباتات	٠,٠٤

تمارين عامة (٧)

١) تم تصميم مصرف صحي ليخدم منطقة عدد سكانها ٨٠ شخص في الهكتار . متوسط الدفق اليومي للفضلات ٠,٢٥ م٣/شخص والتسرب المقدر ٣٧,٥ م^3 لكل كيلومتر من طول المصرف في اليوم . علماً بأن الطول الكلي للمصرف ٤ كيلومتر والمساحة الخاصة بالتصميم ٢٥ هكتار أوجد انسياب موسم الجفاف (الإجابة: ٦٥٠ م^3/يوم)

٢) يبلغ عدد سكان مدينة ما ٢٠,٠٠٠ شخص ومعدل النمو ٢ ٪ ومتوسط الإستهلاك اليومي للماء ١٧٥ لتر/شخص . تبلغ مساحة المدينة ١٢٠٠ هكتار . ومن المتوقع أن

أن يكون مقدار الفضلات السائلة في حدود ٧٠ بالمائة من المياه المستهلكة . أوجد إنسياب موسم الجفاف إذا كان التسرب ٣٠ م^{٣}/اليوم (الإجابة: ٢٦٨ م^{٣}/يوم)

٣) ينتج مصنع ألبان فضلات سائلة بكمية ١٢٠٠٠٠ لتر على اليوم بمتوسط أكسجين حيا كيميائي لمدة خمسة أيام ١٥٠٠ ملجم/لتر . إذا كان هذا المصنع يتخلص من الفضلات السائلة في المصرف المجاور أوجد كمية الحمل المضاف على محطة معالجة فضلات المدينة في شكل مكافئ سكاني (الإجابة: ٣٠٠٠)

٤) يبلغ دفق الفضلات السائلة لمدينة ١٠٠,٠٠٠ لتر/يوم إذا كان متوسط الأكسجين الحيا كيميائي لمدة خمسة أيام ودرجة حرارة ٢٠°م ٢٥٠ ملجم/لتر أوجد المكافئ السكاني. (الإجابة: ٤١٧)

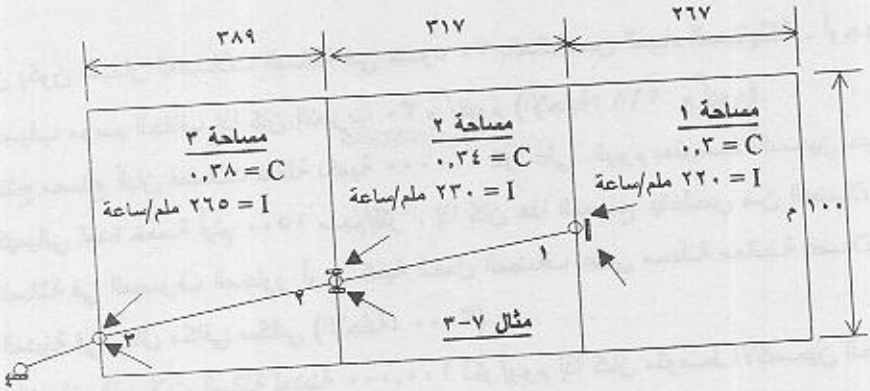
٥) تنتج محطة صناعية واحد متر مكعب من الفضلات السائلة يومياً لها أكسجين حيا كيميائي لمدة خمسة أيام ٣٥٠ جزء في المليون . أحسب المكافئ السكاني للفضلات الناتجة من المحطة . (الإجابة: ٦)

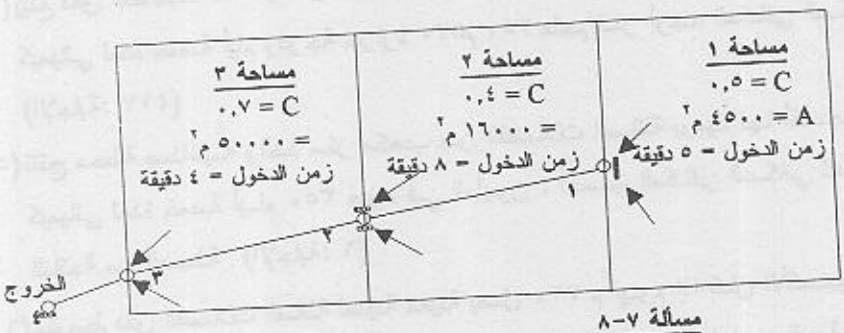
٦) متوسط دفق الفضلات السائلة لمدينة معينة يصل ٧٢٠ م^{٣}/يوم إذا كان الأكسجين الحيا كيميائي لمدة خمسة أيام للفضلات المنتجة ٢٧٥ جزء في المليون احسب قيمة المكافئ السكاني لهذه الفضلات . (الإجابة: ٣٣٠٠)

٧) تتخلص صناعة ما من ١٥٠٠ كجم من أكسجين حيا كيميائي لمدة خمسة أيام كل يوم . أوجد المكافئ السكاني للفضلات المتخلص منها بواسطة هذه الصناعة . (الإجابة: ٢٥٠٠٠)

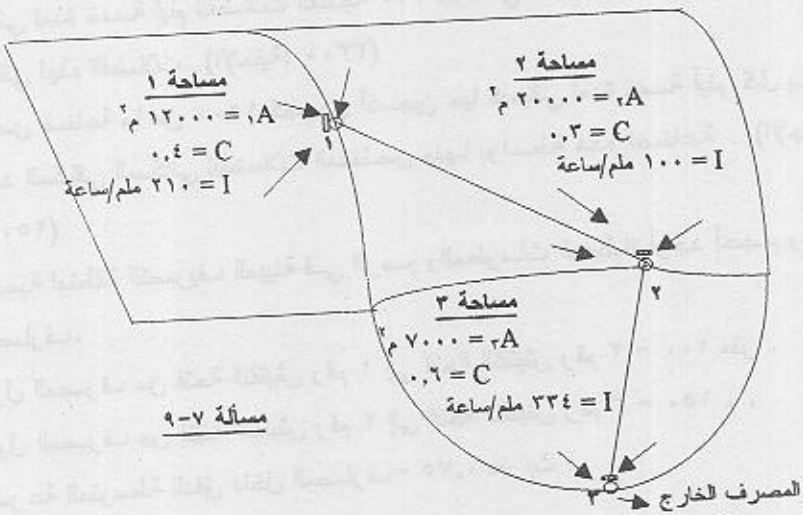
٨) بالنسبة لمنطقة التصريف المبينة في الرسم والمعلومات المعطاة أوجد أحجام وطول المصارف.

- طول المصرف من فتحة التفتيش رقم ١ إلى فتحة التفتيش رقم ٢ = ١٠٠ متر .
- طول المصرف من فتحة التفتيش رقم ٢ إلى فتحة التفتيش رقم ٣ = ١٥٠ م .
- السرعة المتوسطة للدفق داخل المصارف= ٠,٧٥ متر/ث .

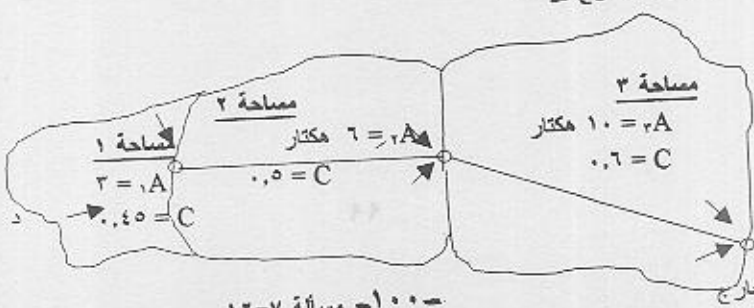




مسألة ٧-٨



مسألة ٧-٩



• فترة شدة الأمطار يمكن ايجادها من المعادلة: $I = 750/(t + 10)$ (مقدرة ملم/ساعة)
حيث t = الفترة ، أو زمن التركيز : وهو مجموع زمن الدخول وزمن الدفق (دقيقة)
(الإجابة: ٦٨٥، ٧٦٠، ١٢٢٨ ملم)

٩) أوجد حجم المصرف تحت نقطة التفتيش رقم ٣ لمنطقة التصريف المبينة في الرسم.
(الإجابة: ١٢٢٨ ملم)

١٠) صمم مصرف أمطار دائري يمكنه خدمة منطقة مساحتها ٠,٣٥ كيلومتر مربع ومعامل دفقها ٠,٦ ومتوسط ميل الأرض فيها ١ في ٤٠٠ علماً بأن شدة الأمطار التصميمة تعادل ١٠ سم/ساعة. (الإجابة: ١,٨٣ م)

١١) يحتاج إلى مصرف دائري للأمطار ليخدم مساحة ٨٠٠ هكتار ومتوسط ميل الأرض فيها ١ في ٥٠٠٠ أحسب حجم المصرف على نقطة التخلص علماً بأن C = ٠,٥ وزمن التركيز ٢١ دقيقة حسب المعادلة: $I = 750/(t + 10)$ (الإجابة: ٥,١٨ م)

١٢) أحسب دفق التصميم وأحجام المصارف المطلوبة لخدمة المساحة المبينة في الرسم المرفق على ضوء البيانات التالية: زمن العاصفة المطرية = ٢٥ دقيقة ، شدة الأمطار $I = 1000/(t + 20)$ (ملم/ساعة) حيث t = الفترة مقدرة بالدقائق .
(الإجابة: ٠,٠٨٣ م^3/ث، ٠,٣٨ م، ٠,٢٦٨ م^3/ث، ٠,٦٨٥ م، ٠,٦٤ م^3/ث، ١,٠٧ م)

١٣) أوجد أقصى عدد من الناس يمكن خدمتهم بمصرف قطره ٢٥٥ ملم موضوع على أقل ميل مستخدماً دفق تصميمي ١,٥ م^3/فرد/يوم وسرعة كاملة للدفق في حدود ٠,٧٥ م/ث (الإجابة: ٢٢٠٧)

١٤) وضع مصرف دائري قطره ١,٣٧ م على ميل ٠,٠٠٣٥ أوجد سرعة وعمق الدفق عند حدوث أقل دفق مقداره ١٥ م^3/دقيقة علماً بأن n = ٠,٠١٣ (الإجابة: ١,٣ م/ث، ٠,٥ م)

١٥) مصرف مصنوع من طوب خشن قطره ١,٥٢ م وميل ٠,٠٠٠٨ و n = ٠,٠١٧ أوجد السعة وسرعة الدفق عند الدفق الكامل. (الإجابة: ٠,٨٧ م/ث، ٩٥ م^3/دقيقة)

١٦) وضع مصرف خرسانة قطره ٢٥٥ ملم على ميل ١ في ٤٠٠ أوجد معدل الدفق والسرعة عند الإنسياب الممتلئ . (الإجابة: ١,٩ م^{٣}/دقيقة، ٠,٦١ م/ث)

١٧) مصرف قطره ١,٥٢ م يحمل ٨٥ م^{٣}/دقيقة من الفضلات السائلة عند الدفق الممتلئ . وتم وضع المصرف على ميل ٠,٠٠٣ و n = ٠,٠١٣ أوجد السرعة وعمق الدفق لإنسياب موسم جفاف يبلغ ١٣٤١ م^{٣}/ساعة . (الإجابة: ١,٨٦ م/ث، ٠,٥٣٢ م)

١٨)علماً بأن سرعة الدفق في مصرف ٠,٧٥ م/ث و n = ٠,٠١٣ أوجد نسبة الأعماق وسرعات الدفق لمصارف تتخلص من : (أ) ربع الدفق الكامل . (ب) عشر الدفق الكامل . (الإجابة: ٠,٣٤، ٠,٦ م/ث، ٠,٢١ ، ٠,٥ م/ث)

١٩)مصرف مصنوع من أعمال الطوب المتوسط قطره ٢٥٥ ملم يحمل دفق بسرعة ٠,٩ م/ث أوجد أقل ميل لعمق ممتلئ علماً بأن n = ٠,٠١٥ (الإجابة:٧,٢ ‰)

٢٠) صمم مصرف دائري يعطي سرعة ٠,٧٥ م/ث ودفق ٦ م٣/دقيقة . أوجد سرعة الدفق ومقداره عند الانسياب على عمق ٢٠ ٪ علماً بأن n = ٠,٠١٣
(الإجابة: ٠,٤٦ م/ث، ٠,٥ م^{٣}/دقيقة)

٢١)مصرف قطره ٥٣٠ ملم عند الدفق الممتلئ يحمل ٦,٥ م^{٣}/دقيقة وعند أقل دفق يحمل عشر أقصى دفق . أوجد العمق والسرعة عند أقل دفق باعتبار n = ٠,٠١٢ (الإجابة: ١١١ ملم، ٠,٣ م/ث)

٢٢) احسب ميل المصرف الدائري ذي القطر ٧٦٠ ملم الواجب وضعه بحيث يمكن الحصول على أقل سرعة ١,٢٢ م/ث عند الإنسياب الممتلئ أو نصف الممتلئ n = ٠,٠١٣ (الإجابة:٢,٣ ‰)

٢٣) اذكر محاسن ومساوئ نظام المصارف المنفصل والمجمع ، أي نظام من أنظمة المصارف تحبذ استخدامه لمدينة الخرطوم ؟

مصرف دائري من المتوقع أن يحمل ٠,٠٨ م^{٣}/ث عند الدفق الممتلئ لأقل ميل مسموح به إذا كانت n = ٠,٠١٢ أوجد القطر والميل الواجب استخدامهما. (الإجابة: ٣٨٠ ملم، ١,٩ ‰)

٢٤) مصرف دائري يحمل دفق ٠,٠٧ م^{٣}/ث عندما ينساب بدفق نصف ممتلئ . إذا كان الميل ٦‰ أوجد حجم المصرف وسرعة الدفق باعتبار n = ٠,٠١٣ (الإجابة: ٣٨٠ ملم، ٣,٣٩ م/ث)

٢٥) مصرف خرساني يصرف ١٦٠٠ م^{٣}/دقيقة على ميل ٠,٠٠٠٩ وله مقطع شبه منحرف عرض أسفله ٩ م وجوانبه تميل بنسبة ٣ للأفقي إلى ١ للرأسي . أوجد عمق الدفق علماً بأن n = ٠,٠١٣ (الإجابة: ١,٠٧ م)

٢٦) مصرف قطره ٤٥٠ ملم وضع على ميل ٠,٠٠٢٥ أحسب عمق الدفق المكافئ لسرعة ٠,٦ م/ث افترض n = ٠,٠١٣ (الإجابة: ١٠٠ ملم)

٢٧) أوجد حجم المصرف الدائري المطلوب لتوصيل ٩ م^{٣}/دقيقة من الفضلات السائلة عندما تكون السرعة القصوى المسموح بها والميل ٣ م/ث و ٠,٠٠٣ على الترتيب . (الإجابة: ٠,٢٥ م)

٢٨) استنبط العلاقة لعمق الماء في أنبوب دائري لأقصى دفق . أوجد العمق لأقصى دفق في حدود ٠,٩ م (n = ٠,٠١٧). (الإجابة: ١٧م^{٣}/دقيقة)

٣٠) قطر مصرف دائري ١,٥٢ م يقوم بتصريف ١ م^{٣}/ث عندما ينساب نصف ممتلئ. إذا كان المصرف مبطن داخلياً بالخرسانة أوجد الميل الواجب وضع الخط عليه لضمان دفق منتظم بافتراض أن n = ٠,٠١٢ (الإجابة: ٠,٦ ‰)

الفصل الثامن : معالجة الفضلات السائلة

(أ) إزالة الرواسب غير العضوية : Grit Removal

من سلبيات الرواسب غير العضوية:

- قد يسبب دخول هذه الرواسب تآكل كبير لأجزاء الوحدات الميكانيكية في وحدات المعالجة الثانوية.
- قفل أنابيب التوزيع بالمترسبات .
- تجميع الأوساخ والحمأة في أحواض الحفظ ووحدات الهضم .
- ربما وصلت نسبة المواد العضوية فى هذه الرواسب إلى ٥٠٪ عند حدوث اعطاب بالأجهزة، الشئ الذى قد يقود الى تدنى فى الكفاءة التشغيلية أو ربما وقوف العمل.
- قد تستقطب الحشرات والهوام، كما ولها رائحة نفاذة غير محببة.

يعتبر القطع المكافئ أفضل المقاطع للتحكم في السرعة لتصميم جهاز ازالة الرواسب غير العضوية، وعليه تتناسب المساحة السطحية مباشرة مع الدفق . ويدل هذا على ثبات معدل الدفق الفائض . عند تصميم أحواض إزالة الرواسب غير العضوية تظل السرعة ثابتة عبر المجرى، وتعمل الأجهزة بسرعة أمامية تقدر بحوالى ٠,٣ م/ث لتفادى ترسب المواد العضوية. ويمكن تقدير عرض جدول إزالة الرواسب غير العضوية من المعادلة التالية:

$$B=\frac{4.92Q_{max}}{d_{max}}$$

حيث:

B = عرض جهاز إزالة الرواسب غير العضوية (م)

Qmax = أقصى دفق للفضلات السائلة (م٣/ث)

dmax = أقصى عمق للدفق داخل الحوض (م)

يجب وضع جهاز يعمل على التحكم فى سرعة الدفق عبر وحدة إزالة الرواسب غير العضوية. وتوجد أنواع عديدة من أجهزة التحكم مثل هدار الموجة الثابتةStanding wave flumeوالعنق العمودى Vertical throat والعديد من أنواع الهدارات. وبإستخدام العنق العمودى يمكن إيجاد عرض العنق من المعادلة التالية: $y = (2/3)*B$

حيث:

y = عرض العنق (م)

B = عرض حوض إزالة الرواسب غير العضوية (م)

ويبين جدول (٧) المعايير الأساسية المستخدمة لتصميم جهاز إزالة الرواسب غير العضوية.

جدول (٧) معايير عامة لتصميم أحواض إزالة الرواسب غير العضوية

المنشط	القيمة
زمن المكث (ثانية)	٦٠
السرعة التصميمية الأفقية (سم/ث)	٣٠
القطر المكافئ للحبيبة المزالة (ملم)	٠,٢
الكثافة النوعية للحبيبات المترسبة	٢,٦٥
طول الحوض (م)	أكبر من $18H_{max}$

مثال ٨-١

صمم حجرة إزالة الأوساخ غير العضوية المكونة من أربعة مجاري تنظف آلياً كل منها مصمم ليحمل أقصى دفق ٧٨٠ لتر/ث لأقصى عمق ٠,٨ م .

الحل

١- المعطيات: عدد الأحواض = ٤، Q_{max} = ٧٨٠ لتر/ث ، d_{max} = ٠,٨ م

٢-أوجد عرض كل أحواض إزالة الرواسب غير العضوية بإستخدم المعادلة : $B=\frac{4.92Q_{max}}{d_{max}}$ ، وعليه : عرض الحجرة = ٤,٩٢×٠,٧٨ ÷ ٠,٨ = ٤,٨ م،

وباستخدام أربعة أحواض يصبح عرض كل منها ١,٢ م .

٣-أوجد عرض العنق العمودى المطلوب للتحكم فى سرعة الدفق من المعادلة : $y = (2/3)^*B$ ، وعليه y = ٢×١,٢ ÷ ٣ = ٠,٨م. ومن ثم يصبح طول المجرى = ١٨×٠,٨ = ١٢,٤ م

(ب) الحمأة النشطة Activated Sludge

الكينامتيكية الحيوية: لكينامتيكية التفاعلات الحيوية أهميتها في نظم معالجة الفضلات السائلة إذ تؤثر على حجم وحدة المعالجة المتوقع تبنيها. ويؤدي التحكم الجيد في الظروف البئية المؤثرة على معدل نمو الأحياء المجهرية إلى الحصول على أعلى درجات موازنة الأوساخ.

مثال ٨-٢

تصل نسبة إعادة الخلايا للتغذية إلى ٢ لنمو مستمر وتام الخلط . قيم ثابت منتصف السرعة وأقصى معدل لنمو الأحياء المجهرية ١ ملجم/لتر و ١ على الساعة على الترتيب . إذا كان معدل التخفيف ٠,٨ على الساعة ، احسب قيمة حد النمو لتركيز الغذاء في المفاعل وفي السائل النهائي

الحل

١. المعطيات: R = ٢ ، لنمو مستمر وتام الخلط . k_s = ١ ملجم/لتر ، μ_{max} = ١ /الساعة، DR = ٠,٨ / الساعة

٢. أوجد معدل نمو الأحياء المجهرية من $\mu = DR/R$ ، وعليه μ = ٠,٨ ÷ ٢ = ٠,٤/يوم

٣. أوجد حد النمو لتركيز المواد فى محلول الحمأة النشطة S^* من معادلة مونود: $\mu=\frac{\mu_{max}}{(k_s+S^*)}$

ومنها $S^* = ٠,٦٧$ ملجم/لتر.

حوض التهوية:

نسبة تحميل الأوساخ (SLR) ، نسبة الغذاء للكتلة (F/M) ، الحمل العضوي (OL)

تعرف نسبة تحميل الأوساخ على أنها كتلة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام (BOD_5كجم/يوم) لمحطة حمأة نشطة مقسومة على كتلة المواد العالقة لسائل الخليط (MLSSكجم) في حوض التهوية، حسب المعادلة التالية:

$$SLR = \frac{L_i Q_w}{MLSS^* V} = \frac{L_i}{MLSS^* t}$$

حيث:

SLR = نسبة تحميل الأوساخ، أنظر جدول ٨ (/يوم)

BOD_5 = الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام (ملجم/لتر)

Q = انسياب الدفق ($م^3$/يوم)

MLSS = المواد العالقة لسائل الخليط (ملجم/لتر)

V = حجم حوض التهوية ($م^3$)

= زمن المكث بالحوض (يوم)

جدول (٨) نسبة تحميل الأوساخ لبعض وحدات المعالجة

الوحدة	القيمة المناسبة لنسبة تحميل الأوساخ (/يوم)
وحدات تقليدية	٠,٣ - ٠,٣٥
تهوية متقدمة	٠,٠٥ - ٠,٢
تهوية متدرجة	٠,٢ - ٠,٥

ربما ينتج عن تشغيل الحمأة النشطة على قيم عالية لنسبة تحميل الأوساخ التالي:

- تفيت ناقص للمواد العضوية
- تدني في كفاءة ازالة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين

• ضعف في الخواص الترسيبية للمتلبدات العضوية

غير أن تشغيل الحمأة النشطة على قيم قليلة لنسبة تحميل الأوساخ ينتج عنه تفيت عالي للمواد العضوية، وزيادة في كفاءة ازالة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين، وجودة في الخواص الترسيبية للمتلبدات العضوية.

يمكن ايجاد معدل التحميل العضوي بالحجم من المعادلة التالية: $VOL=\frac{Q_w L_i}{V}$

وعليه: $SLR=\frac{VOL}{MLSS}$

مثال ٨-٣

اختيرت محطة حمأة نشطة لمعالجة فضلات مترسبة بمعدل دفق يومي ٣٠٠٠ م^3 . تبلغ الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للفضلات ٢٠٠ ملجم/لتر . وتتكون المحطة من حوضي تهوية عمق كل منهما ٤ متر وعرضه ٥ م وطوله ٢٥ م إذا كانت المواد الصلبة العالقة المتطايرة للسائل المختلط MLVSS ٢١٠٠ ملجم/لتر أوجد :

(أ) زمن المكث .

(ب) معدل الحمل العضوي الحجمي .

(جـ) نسبة حمل الأوساخ .

الحل

١. المعطيات: Q = ٣٠٠٠ م^3/يوم، BOD = ٢٠٠ ملجم/لتر ، V = ٤×٥×٢٥×٢ = ١٠٠٠ م^3، MLVSS = ٢١٠٠ ملجم/لتر

٢. أوجد زمن المكث τ = ١٠٠٠ ÷ ٣٠٠٠ = ٠,٣٣ يوم = ٨ ساعة

٣. أوجد معدل التحميل العضوي بالحجم VOL = (٢٠٠×١٠$^{-3}$ × ٣٠٠٠) ÷ ١٠٠٠ = ٠,٦ كجم BOD/م^3 يوم

٤. أوجد نسبة حمل الأوساخ = (٢٠٠×١٠$^{-3}$ × ٣٠٠٠) ÷(٢١٠٠×١٠$^{-3}$ × ١٠٠٠) = ٠,٢٩ كجم BOD /كجم MLVSS يوم

مثال ٨-٤

أوجد عمر الحمأة لمحطة بها حمأة نشطة تقليدية من العلاقة: $\frac{1}{\theta_c} = YU - k_d$

حيث :

θ_c = وسيط زمن مكث الخلايا (يوم) .

Y = معامل انتاج الأوساخ .

U = معدل الإستهلاك النسبي (على اليوم ، كجم BOD/كجم MLVSS يوم) = (كمية الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين المزالة) ÷ (كمية المواد الصلبة الطيارة في الحوض)

k_d = معامل الإضمحلال للمواد الصلبة الطيارة للحمأة (على اليوم)

علماً بأن Y = ٠,٨ ، k_d = ٠,٠٥ على اليوم، MLVSS = ٣٠٠٠ ملجم/لتر، زمن المكث = ٠,٢ يوم ، والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للداخل = ١٨٠ ملجم/لتر .

الحل

١. المعطيات: Y = ٠,٨ ، k_d = ٠,٠٥ /اليوم، MLVSS = ٣٠٠٠ ملجم/لتر ، τ = ٠,٢ يوم ، BOD = ١٨٠ ملجم/لتر

٢. أوجد عمر الحمأة من العلاقة: $\frac{1}{\theta_c} = YU - k_d$

٣. $\frac{1}{\theta_c}$ = (١٨٠×٠,٨)÷(٠,٢×٣٠٠٠) - ٠,٠٥ ومنها: θ_c = ٥,٣ يوم

الحمأة النشطة:

تضم الحمأة النشطة انتاج كتلة نشطة من الأحياء المجهرية الهوائية المساعدة نحو موازنة الفضلاتِ بصورة مستمرة.

ومن العوامل المؤثرة في النظام التالي:

- كمية ونوعية دفق الفضلات السائلة
- زمن التهوية ومتطلبات الأكسجين
- خواص الحمأة

- درجة الخلط والاضطراب
- عوامل التشغيل والصيانة

جدول (٩) معايير تصميم الحمأة النشطة التقليدية

المنشط	القيمة
المواد الصلبة العالقة في الخليط السائل MLSS (ملجم/لتر)	١٥٠٠ - ٣٠٠٠
التحميل العضوي (جمBOD/م٣يوم)	٥٠٠ - ٧٠٠
زمن مكث التهوية (ساعة)	٤ - ٨
نسبة الغذاء للكتلة F/M (جمBOD/جم MLSS يوم)	٠,١ - ٠,٦
زمن مكث الأوساخ (يوم)	٥ - ١٥
عمر الحمأة (يوم)	٣ - ٤
نسبة اعادة الدوران	٠,٢٥ - ٠,٥
معامل انتاج الأوساخ (كجم مواد صلبة/كجم BOD مزال)	٠,٧ - ٠,٩

خواص الترسيب

معامل حجم الأوساخ (SVI) ، معامل موهلمان

هو عبارة عن مقياس لترسيب الحمأة النشطة، كما ويقوم الاختبار بتوجيه تشغيل نظام التهوية. ويعرف معامل حجم الأوساخ على أنه الحجم (بالمللتر) الذي يحتله جرام واحد من الأوساخ الصلبة العالقة المترسبة كما مبين في المعادلة التالية: $SVI = \frac{V_s * 1000}{MLSS}$

حيث:

SV = معامل حجم الأوساخ (مللتر/جم)

V = حجم الحمأة المترسبة في أسطوانة مدرجة سعة لتر خلال ٣٠ دقيقة (مللتر/لتر، أو ٪)

MLS = الأوساخ الصلبة العالقة لسائل الخليط (ملجم/لتر)

١٠٠٠ = ملجم/جرام

جدول (١٠) تقسيم الحمأة حسب معامل حجم الأوساخ

قيمة SVI (مللتر/جم)	التقسيم
أقل من ٤٠	خواص ترسيب ممتازة
٤٠ – ٧٥	خواص ترسيب جيدة
٧٦ – ١٢٠	خواص ترسيب معقولة
١٢١ – ٢٠٠	خواص ترسيب ضعيفة
أكبر من ٢٠٠	خواص ترسيب ومندلة ضعيفة

مثال ٨–٥

تركيز المواد الصلبة العالقة للسائل المختلط MLSS في حوض نظام تهوية مدرجة ٢٣٠٠ ملجم/لتر وحجم الأوساخ المترسبة بعد ٣٠ دقيقة في أسطوانة مدرجة حجمها لتر يساوي ٢٠٠ مللتر . أوجد معامل الأوساخ الحجمي وأذكر التعليق المناسب على النتيجة .

الحل

١. المعطيات: MLSS = ٢٣٠٠ ملجم/لتر، V_s = ٢٠٠ مللتر .

٢. أوجد معامل الأوساخ الحجمي باستخدام المعادلة: $SVI = \frac{V_s * 1000}{MLSS}$

SVI = ٢٠٠×١٠٠٠ ÷ ٢٣٠٠ = ٨٧ مللتر/جم ، وبما أن هذا المقدار أقل من ١٢٠ فعليه يتبين أن الحمأة ذات خواص ترسيب معقولة.

عمر الحمأة (SA)، الزمن الوسيط لمكث الخلية (MCRT)، زمن مكث المواد الصلبة ، عمر الخلية

يعبر عمر الخلية لوحدة حمأة نشطة عن نسبة كل الحمأة الموجودة في المفاعل الحيوي لنظام المعالجة (كجم) إلى التصريف اليومي للأوساخ (كجم/يوم) كما مبين في المعادلة التالية:

$$SA = \frac{V * MLSS}{q_w * SS}$$

حيث:

V = حجم جهاز التهوية (م^3)

(ج) حوض النضيض

تتم المعالجة الحيوية للأوساخ المترسبة بواسطة الأحياء المجهرية المرتبطة بالوسط الترشيحي. ويتكون مفرش المرشح من مواد عالية المسامية تنساب من خلالها الفضلات السائلة. ومن أهم العوامل المؤثرة في النظام:

- خواص الفضلات السائلة
- خواص الوسط الترشيحي
- الحمل الهيدروليكي والحمل العضوي
- تصميم المرشح وانشائه
- نسبة اعادة الفضلات السائلة

مثال ٨-٧

باستخدام معادلة المجلس القومي للبحوث أوجد قطر مرشح نضيض ذي معدل عالي لأوساخ معينة طبقاً للمعلومات التالية: عدد السكان = ٥٠٠٠، ومتوسط دفق الأوساخ اليومي = ٣٤٠ لتر/فرد، وكفاءة إزالة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين BOD = ٨٠٪ ، ونسبة إعادة الدوران = ١:٤، والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين BOD_5 الداخل للفضلات = ١٥٠ ملجم/لتر، وارتفاع المرشح = ٣ متر.

الحل

١. المعطيات: P = ٥٠٠٠، Q = ٣٤٠ لتر/فرد، E = ٨٠٪ ، r = ١:٤، BOD_i = ١٥٠ ملجم/لتر، d = ٣ متر.

٢. أوجد حمل الحاجة الحيا كيميائية للاكسجين الداخل للمرشح

$W = ٠,٣٤ \times ٠,٨ \times ٥٠٠٠ \times ١٥٠ \div ١٠٠٠ = ٢٥٥$ كجم/يوم

٣. أوجد معامل إعادة الدوران $F = (١ + ٤) \div (١ + ٠,١ \times ٤)^٢ = ٢,٥٥$

الحل

١. المعطيات : Q = ١٨٠م٣/ساعة ، BOD_i = ٢٨٠ كجم/متر، V = ٨٠٠ م٣، d = ٢م ، r = ١ ، K = ٠,٤٩ .

٢. استخدام معادلة فلز $Le=\left(\frac{L_i+r*Le}{1+r}\right)e^{-kd}$

حيث:

L_i = تركيز الحاجة الحيا كيميائية للاكسجين للداخل (ملجم/ لتر)

L_e = تركيز الحاجة الحيا كيميائية للاكسجين للخارج (ملجم/ لتر)

r = نسبة الدفق المعاد لدفق الفضلات السائلة

k = ثابت تجريبى (٠,٤٩ للمرشح عالي المعدل ، ٠,٥٧ للمرشح منخفض المعدل) (/ م)

d = عمق المرشح (م)

وعليه: $Le=\left(\frac{280+1*Le}{1+1}\right)e^{-0.49*2}$ ، ومنها L_e = ٦٤,٧ ملجم/لتر

يجب الاشارة الي أن معادلة فلز تسرى لازالة حاجة حيا كيميائية للاكسيجين في حدود ٩٠ بالمائه أو أقل . وقد تم تطوير المعادلة بواسطة اكنفلدر لتضم أثر المتغيرات الأخرى مثل الدفق وأسطح معينه . كما يمكن استخدام معادلة رانكن لمرشح وحيد المرحلة :

$$Le=\left(\frac{L_i}{3+2r}\right)$$

حيث:

L_e = الحاجة الحيا كيميائية للسائل النهائي المترسب للخارج من المرشح (ملجم/لتر)

L_i = الحاجة الحيا كيميائية للفضلات السائلة المترسبة (ملجم/لتر)

r = نسبة اعادة الدوران

ويمكن استخدام معادلة رانكن لكل المحطات التي تقوم بمعالجة الفضلات والتي تحوي ترسيب ابتدائى ومرشح نضيض عالي المعدل وترسيب نهائى، بحيث لا تتجاز الحاجة الحيا

كيميائية للاكسجين ٠,٧ كجم/م^3 وبحيث أن تقوم إعادة الدوران (اذا استخدمت) بالاتيان بمعدل وجرعة في حدود ٩٣ إلي ٢٢٤× ١٠^3 م^3/هكتار/ يوم . {٢٧}

جدول (١٢) معلومات واقعية لتصميم مرشح النضيض {٣١، ٤٦}

المنشط	مرشح ذى معدل منخفض (تقليدى)	مرشح ذى معدل عالى	مرشح خشن
الحمل العضوى (كجم/م^3.يوم)	٠,٠٧ - ٠,٣٢	٠,٣٢ - ١	٠,٨ - ٦
الحمل الهيدروليكي (م^3/م^2.يوم)	١ - ٤	١٠ - ٤٠	٣٠ - ٢٠٠
الارتفاع	١,٥ - ٣ (٢)	١ - ٢ (٢)	٤,٥ - ١٢
إعادة دوران السائل النهائى	صفر	٠,٥ - ٣	متغيرة
الوسط الترشيحى	حجارة مكسرة وحصى وخبث. الخ	حجارة مكسرة وحصى وصخور وخبث	مواد مصنعه وخشب
القدرة المطلوبة (كيلو وات/١٠٠٠م٣)	٢ - ٤	٦ - ١٠	١٠ - ٢٠
الانسلاخ	متقطع	مستمر	مستمر
فترات الجرعة	لا تزيد عن ٥ دقائق (عادة متقطعة)	لا تزيد عن ١٥ ثانية (مستمرة)	مستمرة

) برك موازنة الأوساخ

قوم برك موازنة الأوساخ بالمعالجة الحيوية وموازنة المواد العضوية بفضل الأحياء مجهرية في أحواض ضحلة . تعتبر برك الموازنة من نظم المعالجة زهيدة الثمن خاصة بالنسبة للبلدان النامية . ومن أهم العوامل التي ينبغي أخذها في الإعتبار عن تصميم رك الموازنة التالي :

- وجود المساحة المطلوبة .
- إختيار الموقع فيما يتعلق بالطبغرافية والظروف المناخية والمناحي الهايدرولوجية .
- نظم انسياب دفق الفضلات السائلة وخواصها .
- معدلات تحميل ووجود مواد التغذية .
- أطر تصميم البركة .

البركة الاختيارية

مثال ٨-٩

أوجد حجم البركة الإختيارية المطلوب لمعالجة فضلات سائلة لها حاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة ٥ أيام في حدود ٤٠٠ملجم/لتر بالإستفادة من البيانات التالية: الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين للداخل = ٦٠ ملجم /لتر ، دفق الفضلات السائلة = ٢٠٠٠ م^3/يوم ، إرتفاع البركة = ١,٥ م ، أقل درجة حرارة = ٢٤ °م ، ثابت معدل إزالة البركة = ٠,٣٥/يوم لدرجة حرارة ٢٠°م. $(k_p)_T=(k_p)_{20}[1.05]^{T-20}$

الحل

١. المعطيات : $L_i = BOD_5$ = ٤٠٠ ملجم/لتر ، L_e = ٦٠ ملجم/لتر ، Q = ٢٠٠٠ م^3/يوم ، d = ١,٥ م ، T = ٢٤°م ، k_p = ٠,٣٥/يوم .

٢. أوجد قيمة ثابت التفاعل لدرجة حرارة ٢٤°م من معادلته:

$$(k_p)_{24} = (0.35)[1.05]^{24-20} = 0.425/d$$

٣. بافتراض ظروف خلط تام يمكن استخدام المعادلة $\frac{Le}{Li}=\frac{1}{(1+k_pt)}$ حيث :

L_e = الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين الخارج (ملجم/لتر)

L_i = الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين الداخل(ملجم/لتر)

t = زمن المكث ، الزمن الوسيط للمكث الهيدروليكي (يوم)

k_p = ثابت معدل لإزالة البركة

وعليه: ٦٠ ÷ ٤٠٠ = ١ ÷ (١ + ٠,٤٢٥t) ،

ومنها أوجد زمن المكث t = ١٣,٣ يوم = Q ÷ V

٤. ثم أوجد حجم البركة ، V = ١٣,٣×٢٠٠٠ = ٢٦٦٠٠ م^3

٥. ثم أوجد مساحة سطح البركة A = الحجم ÷ العمق = ٢٦٦٠٠ ÷ ١,٥ = ١٧٧٣٣ م^3

مثال ٨-١٠

بركة موازنة إختيارية هوائية تخدم ١٠,٠٠٠ شخص وتقوم بمعالجة فضلات سائلة لها الخصائص التالية : دفق الفضلات السائلة ١٥٠ لتر/ شخص/يوم ، الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للداخل ٥٤ جم/فرد/يوم . المطلوب تصميم البركة لتتمكن من تحقيق حاجة حيا كيميائية للأكسجين في حدود ٣٠ ملجم/لتر. بإفتراض درجة حرارة شتوية للبركة تعادل ١٥°م ، و Kp = ٢,٢ /يوم لدرجة حرارة ٢٠°م.

الحل

١. المعطيات : P = ١٠,٠٠٠ ، Q = ١٥٠ لتر/شخص يوم ، BOD_i = ٥٤ جم/شخص يوم، BOD_e = ٣٠ ملجم/لتر ، T = ١٥°م ، k_p = ٢,٢/يوم .

٢. أوجد قيمة ثابت التفاعل لدرجة حرارة ١٥°م $(k_p)_{15} = (2.2)[1.05]^{15-20} = 1.72 / d$

٣. أوجد قيمة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين للداخل

L_i = ٥٤×١٠^3 ÷ ١٥٠ = ٣٦٠ ملجم/لتر

٤. أوجد زمن المكث: ٣٠ ÷ ٣٦٠ = ١ ÷ (١ + ١,٧٢t) ،

ومنها أوجد زمن المكث t = ٦,٤ يوم = Q ÷ V

٥. ثم أوجد حجم البركة ، V = ١٥٠×٦,٤×١٠٠٠ ÷ ١٠٠٠ = ٩٦٠٠ م^3

٦. وبافتراض عمق ٣ م للبركة أوجد مساحة سطح البركة

= = الحجم ÷ العمق = ٩٦٠٠ ÷ ٣ = ٣٢٠٠ م^3

مثال ٨-١١

يمكن لبركة نضوج تخفيض عدد بكتريا السلمونيلة التيفية بمقدار ٩٩,٥٪ أوجد زمن مكث البركة والحجم المطلوب لمعالجة فضلات سائلة تتدفق يومياً بمقدار ٢٥٠ م^{٣} بإفتراض أن معدل هلاك البكتريا k' = ٠,٨ /يوم .

الحل

١. المعطيات : الهلاك = ٩٩,٥٪ ، k' = ٠,٨/يوم .

٢. أوجد زمن المكث للبركة باستخدام معادلة معدل هلاك الأحياء البرازية في بركة واحدة على

t = زمن المكث (يوم)

أوجد $\frac{Ne}{Ni}$ = (١٠٠ - ٩٩,٥) ÷ ١٠٠ = ١٠×٥ $^{-٣}$

ثم أوجد زمن المكث : ١٠×٥ $^{-٣}$ = ١ ÷ (t×٠,٨ + ١)، ومنها t = ٢٤٩ يوم V = Q ÷

٣. ثم أوجد حجم البركة ، V = ٢٤٩×٢٥٠= ٦٢٢٥٠ م^{٣}

مثال ٨-١٢

أوجد عدد وحجم برك النضوج المطلوبة لمعالجة فضلات سائلة تتدفق بمعدل ٣٠٠ م^{٣}/يوم تحتوي على ١٠ ^{٦} أشريكية قولونية / ١٠٠ مللتر ، عدد الأحياء المجهرية المنبثقة مع السائل الخارج ٢٠٠٠ / مللتر ويمكن أخذ k' يساوي ٢ /يوم لهذه الأنواع وزمن مكث البركة ٢٠ يوم .

جدول (١٣) معلومات لتصميم برك موازنة الأوساخ {٣١، ٤٦}

المنشط	بركة لاهوائية	بركة اختيارية	بركة هوائية
الفضلات الداخلة (المستقبلة)	أوساخ عالية الحمل العضوي والحمأة الصلبة	أوساخ صرف صحي أو من بركة لاهوائية	أوساخ من بركة اختيارية
المعالجة	جزئية		
تخلص من السائل نهائي	لبرك اختيارية	لأخدود جاف أو برك نضح	أخدود جاف (أو للري) أو مزارع أسماك وطيور مائية
عمق (م)	٢ – ٤	١ – ١,٥	١
من المكث (يوم)	٨ – ٢٠	٢٠ – ١٨٠	٥ – ١٠
م النشاط الحيوي	أحياء مجهرية لا تحتاج لأكسجين ذائب للتغذية والتكاثر	أحياء مجهرية هوائية ولاهوائية	أحياء مجهرية هوائية
شغيل	توصيل على التوازي أو التوالي	على الأقل ٣ برك على التوالي كما ويستخدم التوصيل على التوازي لمحطات كبيرة	واحدة أو أكثر على التوالي أو التوازي
ن	أسود رمادي	أخضر أو أخضر بني	أخضر
ة إزالة الحمأة (سنة)	٢ – ١٢	٨ – ٢٠	ربما لا تحتاج
جة الحرارة المثلى	٣٠ (°م)	٢٠ (°م)	٢٠ (°م)
احتياجات الأكسجين	–	–	٠,٧–١,٤ مقارنة ب BOD المزال
م الهيدروجيني	٦,٨ – ٧,٢	٦,٥ – ٩	٦,٥ – ٨
مواد الكيميائية لوبة	مواد تغذية عند وجود نقصان، ولا يحتاج إلى مواد كيميائية غيرها	مواد تغذية عند وجود نقصان، ولا يحتاج إلى مواد كيميائية غيرها	انخفاض في النشاط الحيوي للمناخ البارد
اكل المتوقعة	رواتح، والاحتياج إلى مساحات شاسعة من الأرض، وتلوث المياه الجوفية	رواتح عند التحميل العالي، وتلوث للماء الجوفي، وانخفاض في النشاط الحيوي في المناخ البارد	انخفاض في النشاط الحيوي في المناخ البارد

الحل

١. المعطيـات : Q = ٣٠٠ م^{٣}/يـوم ، N = ١٠ ^{٦} خليـة/١٠٠ مللـتر ، N_e = ٢٠٠٠ خلية/١٠٠ مللتر ، k/ = ٢/يوم ، t= ٢٠ يوم .

٢. أوجد عدد البرك باستخدام معادلة البركة متعددة الخلايا: $\frac{Ne}{Ni} = \frac{1}{(1+k't)^n}$

حيث

n = عدد البرك على التوالي

ومنها: ٢٠٠٠ ÷ ١٠٠٠٠٠٠ = ١ ÷ (١ + ٢×٢٠)^{n} ومنها: n = ٢

٣. أوجد الحجم المطلوب = ٢×٢٠×٣٠٠ = ١٢٠٠٠ م^{٣}

(هـ) أخاديد الأكسدة

أخاديد الأكسدة عبارة عن نظم متقدمة للتهوية . ويتم الحصول عـادة علـى التهويـة بمسـاعدة دوارات توضع عبر الأخدود للتهوية والتحريك والخلط .

مثال ٨-١٣

صمم أخدود أكسـدة ليخدم مجموعـة سكانية مكونـة مـن ٥٠٠٠ شـخص باسـتخدام البيانـات التالية :

دفق الفضلات = ١٢٠ لتر/شخص يوم

الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين BOD_5 الداخل = ٥٤ جم/شخص يوم

أقل درجة حرارة تشغيلية = ١٥°م

معدل تحميل الأوساخ = ٠,١٨ كجم BOD/كجم MLSS

المواد العالقة في السائل المختلط MLSS = ٤٠٠٠ ملجم/لتر

الحل

١) المعطيات: P = ٥٠٠٠ شخص، Q_w = ١٢٠ لتر/شخص يوم ، L_i = ٥٤ جم/شخص يوم ، T = ١٥°م، SLR = ٠,١٨ كجم BOD/كجم MLSS، MLSS = ٤٠٠٠ ملجم/لتر

(أ) حوض التهوية :

١) أوجد الدفق : Q_w = ١٢٠ لتر/شخص يوم×(٥٠٠٠) ÷ (١٠٠٠) = ٦٠٠ م٣/يوم

٢) أوجد قيمة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين : L_i = (٥٠٠٠×٥٤) ÷ ١٠٠٠ = ٢٧٠ كجم/يوم = ٢٧٠ كجم/يوم ÷ ٦٠٠ م٣/يوم = ٤٥٠ ملجم/لتر

٣) أوجد حجم الأخدود من المعادلة: $SLR = \frac{L_i * Q_W}{MLSS * V}$

V = (٦٠٠×٤٥٠) ÷ (٤٠٠٠×٠,١٨) = ٣٧٥ م٣

٤) أوجد زمن المكث t = V/Q

t = ٣٧٥ ÷ ٦٠٠ = ١٥ ساعة

(ب) حوض الترسيب:

٥) افترض معدل فائض الدفق = ٢٧ م٣/م٢ يوم، وزمن مكث ٢ ساعة، وأعلى فائض دفق تصميمي ثلاثة أضعاف الدفق الداخل . عليه مساحة الحوض = (٣×٦٠٠) ÷ ٢٧ = ٦٧ م٢ وعليه يكون قطر الحوض – في حالة استخدام حوض دائري – ٩,٥ م.

٦) عمق الحوض = $\frac{Qt}{A} = \frac{2\times600\times3}{67\times24}$ = ٢,٢ م

٧) أوجد معدل دفق فائض الهدار = $\frac{Q}{\pi D} = \frac{600}{9.5\times\pi}$ = ٢٠ م٣/م يوم

(جـ) مطلوبات الأكسجين

٨) افترض مطلوبات الأكسجين ضعف الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام BOD بمعنى O_f = (٥٠٠٠×٥٤×٢) ÷ (١٠٠٠) = ٥٤٠ كجم/يوم = ٢٣ كجم/ساعة .

حـــول معـــدل الـــدوار القفصـــي Cage rotor لظـــروف حقليـــة باســـتخدام المعادلـــة :

$$O_o = \frac{Of}{\frac{Csw - C1}{Cs} 1.02^{T-20} \alpha}$$

حيث :

O_o = معدل نقل الأكسجين في الظروف القياسية (كجم أكسجين/كيلووات ساعة)

O_f = معدل نقل الأكسجين تحت ظروف الحقل (التشغيل) (كجم أكسجين/كيلووات ساعة)

α = (معدل نقل الأكسجين في الفضلات)÷(معدل نقل الأكسجين في ماء الصنبور لنفس درجة الحرارة)

عادة تكون α بين ٠,٦٥ إلى ٠,٩٨ (ويؤخذ مقدار ٠,٧ للأوساخ والحمأة) .

Cs = درجة تشبع الأكسجين للماء المقطر على درجة حرارة ٢٠°م

C_1 = درجة تركيز الأكسجين المذاب الفعلية (الحقيقية) والمتوقع وجودها في حوض التهوية تحت الظروف التشغيلية (١ - ٢ ملجم/لتر) .

T = درجة الحرارة (°م)

C_{sw} = درجة تركيز الأكسجين المتشبع في الأوساخ

٩) أوجد من الجداول ولدرجة حرارة ١٠°م قيمة تركيز الأكسجين عند التشبع: C_s = ١٠,٢ ملجم/لتر .

١٠) وعليه: $C_{sw} = C_s \times ٠,٩٥ = ١٠,٢ \times ٠,٩٥ = ٩,٦٩$ ملجم/لتر

خذ C_1 = ١,٥ ملجم/لتر لحوض التهوية وقيمة α = ٠,٧ . معدل الدوار القفصي في الظروف المثالية = ٣ كجم أكسجين/م ساعة، وعليه يمكن التعويض في المعادلة أعلاه لإيجاد O_f.

$$3 = \frac{Of}{\frac{9.69 - 1.5}{10.2} 1.02^{15-20} \times 0.7}$$

O_f = ١,٥٣ كجم أكسجين/متر طولي/ساعة . وعليه يكون الطول المطلوب للدوار القفصي = ٢٣ كجم/ساعة ÷ ١,٥٣ كجم/م ساعة = ١٥ متر

جدول (١٤) معلومات تصميم أخدود الأكسدة

المنشط	القيمة
معدل تحميل الأوساخ (كجم BOD/كجم MLSS يوم)	٠,٠٣ - ٠,١٥
احتياجات التهوية (كجم أكسجين/كجم BOD مستخدم)	١,٢ - ٢
الإنتاج الزائد من الأوساخ (جم/شخص يوم)	٥ - ٣٠
مساحة مفارش التجفيف (م^{٢}/شخص)	٠,١٥ - ٠,٣
نسبة النتروجين المطلوبة إلى BOD المزال	١ : ١٢٠
نسبة الفسفور إلى BOD المزال	١ : ٦٠٠
MLSS المفضلة (ملجم/لتر)	٣٠٠٠ - ٦٠٠٠
زمن مكث الأوساخ (يوم)	٢٠ - ٣٠
نسبة إعادة الدوران	٠,٢٥ - ٠,٧٥
كفاءة إزالة BOD (٪)	٧٥ - ٩٦
معامل إنتاج الأوساخ (كجم مواد صلبة/كجم BOD مزال)	٠,٣ - ٠,٦
زمن المكث في مجرى التهوية (يوم)	١
عمق المجرى (م)	١,٢ - ١,٨
هندسة المجرى	٤٥° أو حوائط جانبية رأسية

(و) أحواض التحليل اللاهوائي

يضم حوض التحليل اللاهوائي عملية فصل المواد غير العضوية والترسيب الإبتدائي والهضم . ومن أهم المعايير المؤثرة في تصميم وتشغيل هذه الوحدات التالي :

- نظم دفق الفضلات السائلة وخواصها
- وجود خيارات مناسبة للتخلص النهائي
- الظروف الإجتماعية والإقتصادية
- طريقة التفريغ وإزالة الأوساخ

- موقع الحوض بالنسبة للمعالم المحيطة
- وجود العمالة المطلوبة والمعدات والمواد والأسس المعرفية

مثال ٨-١٤

صمم حوض تحليل لاهوائي لعائلة مكونة من ثمانية أشخاص . استهلاك الماء ١٢٠ لتر/شخص يوم، ومن المفترض أن يتم التخلص من السائل النهائي في حقل امتصاص بالري السطحي، وبافتراض أن معدل تراكم الأوساخ ٠,٠٤ م^{٣}/شخص سنة .

الحل

١) المعطيات : P = ٨ شخص ، Q = ١٢٠ لتر/شخص يوم، تراكم الأوساخ = ٠,٠٤ م^{٣}/شخص سنة .

٢) افترض أن الفضلات السائلة الداخلة للحوض في حدود ٧٥٪ من استهلاك الماء وأن زمن المكث عند بدء التشغيل = ٣ يوم .

٣) أوجد حجم الحوض = (٣×٨×١٢٠×٠,٧٥) ÷ ١٠٠٠ = ٢,٢ م^{٣} .

وعليه: يمكن أخذ أبعاد الحوض ١ م للعمق ، و ١ م للعرض و ٢,٢ م للطول .

٤) أوجد طول الغرفة الأولى = ١,٥ م من المدخل.

٥) أوجد فترة النظافة (تفريغ الأوساخ) = دفق الفضلات السائلة (م^{٣}/شخص يوم) مقسومة على معدل تجمع الأوساخ (م^{٣}/شخص سنة) = (١٢٠×٠,٧٥) ÷ (١٠٠٠×٠,٠٤) = ٢,٢٥ سنة .

جدول (١٥) أحواض التحليل اللاهوائي لمساكن {٤٣}

حجم الحوض م٣	الأبعاد المقترحة (م)		
	الطول الداخلي	العرض الداخلي	ارتفاع السائل
١,١	١,٥	٠,٧	١,١
١,٥	١,٨	٠,٩	٠,٩
١,٩	١,٨	٠,٩	١,٢
٢,٨	٢,٣	١,١	١,٢
٣,٨	٢,٧	١,٢	١,٢
٤,٧	٣,٤	١,٢	١,٢
٥,٧	٣,٢	١,٥	١,٢
٧,٦	٤,٣	١,٥	١,٢
٩,٥	٤,٤	١,٨	١,٢
١١	٥,٢	١,٨	١,٢
١٢	٤,٩	١,٨	١,٥
١٥	٤,٩	٢,٢	١,٥
١٩	٥,٩	٢,٢	١,٥
٢١	٦,٢	٢,٤	١,٥
٢٦	٧,٣	٢,٤	١,٥
٣٠	٧	٢,٤	١,٨
٣٨	٨,٥	٢,٤	١,٨

جدول (١٦) كفاءة بعض وحدات معالجة الفضلات السائلة لإزالة الملوثات

وحدة المعالجة	SS	BOD	النتروجين الكلي	الشحوم والزيوت	البكتريا	الفيروسات
الترسيب الإبتدائي	ممتاز	جيد		غير فعال	مناسب	مناسب
التصفية الدقيقة	مناسب	مناسب	غير فعال	غير فعال	غير فعال	غير فعال
الطفو بالهواء المذاب	مناسب	مناسب		مناسب	غير فعال	غير فعال
الحمأة النشطة التقليدية	فعال	فعال	ممتاز	جيد	ممتاز	جيد
برك أكسدة	مناسب	جيد	مناسب	مناسب	ممتاز	جيد
حوض تضييض	ممتاز	ممتاز	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب
حوض تحليل لاهوائي	جيد	جيد	مناسب	مناسب	مناسب	
برك لاهوائية	جيد	جيد				
معالجة كيميائية	جيد	مناسب	مناسب		مناسب	
اسموزية عكسية (تناضح عكسي)	ممتاز	ممتاز	جيد	جيد	جيد	مناسب

تمارين عامة (٨)

١) حجم حوض تهوية حمأة نشطة تقليدية ٨٠٠٠ م^3 والدفق اليومي للفضلات السائلة ٣٠٠٠٠ م^3 والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين الداخل ١٧٥ ملجم/لتر. إذا كان MLSS = ٢٤٠٠ ملجم/لتر أوجد نسبة حمل الحمأة. (الإجابة: ٠,٢٧ كجم BOD/كجم MLSS يوم)

٢) عرض حوض حمأة نشطة تقليدية ٧ متر وطوله ٣٠ متر وعمقه ٤ متر . يبلغ دفق الفضلات السائلة الداخل للحوض ٣٠٠٠ م^3/يوم والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ١٣٠ ملجم/لتر، و MLSS لحوض التهوية ٢٢٠٠ ملجم/لتر . أوجد نسبة الطعام إلى الأحياء المجهرية ، والحمل الحجمي العضوي وزمن المكث .
(الإجابة: ٠,٢١ كجمBOD/كجم MLSS يوم، ٠,٤٦ كجمBOD /م^3 يوم)

٣) تعمل محطة تهوية مدرجة تحت الظروف التالية:

دفق الفضلات السائلة الداخل	٢٠٠٠ م^3/يوم
حجم التهوية	٤٥٠٠ م^3
الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام المتوسطة للداخل	١٢٥ ملجم/لتر
تركيز الأوساخ الصلبة العالقة لسائل الخليط MLSS	٢٢٠٠ ملجم/لتر

وجد :

أ) زمن المكث .

ب) الحمل الحجمي العضوي .

جـ) حمل الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين .

د) نسبة حمل الحمأة . (الإجابة: ٥,٤ ساعة، ٠,٥٦ كجمBOD/م^3 يوم، ٢٥٠٠ كجم/يوم، ٠,٢ كجمBOD/كجم MLSS يوم)

هـ) حجم حوض تهوية ٢٠٠ م^3 ويعمل على MLSS مقدارها ٢٥٠٠ ملجم/لتر . الدفق اليومي للفضلات ١٥٠٠ م^3 ولها متوسط حاجة حيا كيميائية للأكسجين ٢٣٠ ملجم/لتر فيما كان تركيز المواد الصلبة العالقة في السائل الخارج ٦٠ ملجم/لتر . إذا كان متوسط المواد الصلبة للأوساخ المتخلصة ٧٥ كجم/يوم أوجد :

أ) زمن المكث .

ب) نسبة الغذاء إلى كتلة الأحياء المجهرية .

جـ) حمل الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين .

د) عمر حمأة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين .

هـ) عمر حمأة المواد الصلبة العالقة . (الإجابة: ٣ ساعة، ٠,٦٩ كجمBOD/كجم MLSS يوم، ٣٤٥ كجم/يوم، ١,٤ يوم، ٣ يوم)

و) احسب معدل الحمل الحجمي العضوي لحوض تهوية حجمه ٧٠٠٠ م^3 يخدم مجموعة سكنية تعدادها ٢٥٠٠٠ شخص وإنتاجهم النسبي من الفضلات ٦٠ جم حاجة حيا كيميائية للأكسجين/الفرد/يوم. أوجد أيضاً نسبة حمل الحمأة للحوض إذا علم أن MLSS

٤٠٠٠ جم MLSS/م^{٣} (الإجابة: ٠,٢١ كجمBOD/م^{٣} يـوم، ٠,٠٥٣ كجمBOD/كجم MLSS يوم)

٦) بافتراض أن متوسط معدل إنتاج الأوساخ على مدى درجة حرارة ١٠ إلى ٥٠°م يتبع العلاقة التالية: $\frac{1}{\theta_c} = YU - k_d$ أوجد زمن المكث الوسيط للخلايا علماً بأن Y = ٠,٧ و k_d = ٠,١ على اليوم و MLVSS = ٣٥٠٠ ملجم/لتر وزمن المكث = ٠,٢ يوم والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للداخل ٢٥٠ ملجم/لتر . (الإجابة: ٦,٧ يوم)

٧) المواد الصلبة العالقة للسائل الخليط MLSS العاملة ٢٤٠٠ ملجم/لتر في حوض حمأة نشطة تقليدية ، وحجم الأوساخ المترسبة في مدة ٣٠ دقيقة في قارورة مدرجة ٢٣٠ مللتر . أوجد المعامل الحجمي للأوساخ . (الإجابة: ٩٦ مللتر/جم)

٨) أوجد المعامل الحجمي للأوساخ لحوض تهوية استخدم لمعالجة فضلات سائلة يومية علماً بأن MLSS في حوض التهوية ٢١٠٠ ملجم/لتر عندما كان حجم المترسبات في اختبار المعامل الحجمي للأوساخ ٢١٠ مللتر . (الإجابة: ١٠٠ مللتر/جم)

٩) أوجد المعامل الحجمي للأوساخ لحوض ترسيب حمأة نشطة علماً بأن MLSS = ٢٤٠٠ ملجم/لتر وحجم الأوساخ المترسبة في ٣٠ دقيقة ٣٢ بالمائة . (الإجابة: ١٣٣ مللتر/جم)

١٠) حجم التهوية لوحدة تهوية متقدمة ٢٥٠ لتر/فرد في حين أن تركيز MLSS ٢٥٠٠ ملجم/لتر إذا كان تصريف الأوساخ ٠,٥ كجم/كجم BOD مزال، أوجد عمر الأوساخ علماً بأن حمل الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين في حدود ٠,٠٥ كجم/فرد/يوم . (الإجابة: ٢٥ يوم)

١١) تعالج محطة حمأة نشطة دفق يومي بمعدل ٨٠٠ م^{٣}/يوم له المواصفات التالية : MLSS = ٣٥٠٠ جزء في المليون، SS = ٣٠٠ ملجم/لتر، المواد الصلبة المترسبة في ٣٠ دقيقة = ٢٥٪، وزمن المكث في حوض التهوية = ١٠ ساعات. أوجد :

- معامل الكثافة للأوساخ
- المعامل الحجمي للأوساخ

• حجم وحدة التهوية. (الإجابة: ٠,٠١٤ جم/مللتر، ٧١,٤ مللتر/جم، ٨٠٠٠ م^3)

١٢) ناقش أهمية عمر الأوساخ مقارنة بالتصميم وأداء محطات الحمأة النشطة .

١٣) أخذت عينة من السائل المختلط من مخرج حوض تهوية وتركت لتترسب لمدة ٣٠ دقيقة في أسطوانة قياس حجمها ١٠٠٠ مللتر ولوحظ أن المعامل الحجمي للأوساخ بلغ ٥٠ . أوجد الحجم الذي تحتله المواد الصلبة بعد ٣٠ دقيقة من الترسيب علماً بأن مقدار MLSS = ٢٢٠٠ ملجم/لتر . (الإجابة: ١١٠ مللتر)

١٤) أوضح التحليل المتحكم فيه لمحطة حمأة نشطة النتائج التالية : MLSS = ٤٢٠٠ ملجم/لتر، والأوساخ المترسبة في ٣٠ دقيقة = ٢٥٪، وكمية الفضلات السائلة المعالجة = ٠,١ م^3/ث، والمواد الصلبة العالقة = ٢٢٠ ملجم/لتر، وحجم حوض التهوية = ٢٥٠٠ م^3. أوجد المعامل الحجمي للأوساخ SVI ومعامل كثافة الأوساخ SDI وعمر الأوساخ SA . (الإجابة: ٥٩,٥ مللتر/جم، ٠,٠٢ جم/مللتر، ٥,٥ يوم)

١٥) صمم مرشح نضيض ذي معدل عالي لمعالجة دفق يومي بمتوسط ٢٠٠٠ م^3 . وللفضلات السائلة الداخلة حاجة حيا كيميائية للأكسجين ٢٥٠ ملجم/لتر في حين أن قيمة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لخمسة أيام للسائل الخارج يجب أن تكون في حدود ٥٠ ملجم/لتر. أوجد قطر المرشح باستخدام معادلة المجلس القومي للأبحاث علماً بأنه لا يوجد إعادة دوران وأن إرتفاع المرشح ٣ متر . (الإجابة ٢٥,٦ م) .

١٦) استخدم مرشح نضيض وحيد المرحلة لمعادلة فضلات صناعية لها حاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ٣٥٠ ملجم/لتر ومن المرغوب فيه أن تكون نوعية السائل الخارج ٤٠ ملجم BOD_5 على اللتر علماً بأن نسبة إعادة الدوران ٤ :١ وارتفاع المرشح ٢ متر . استخدم معادلة المجلس القومي للبحوث لمرشح وحيد المرحلة لحساب قطر المرشح المطلوب لمعالجة دفق ٠,٠٢ م^3/ث (الإجابة ٢٣ م) .

١٧) باستخدام معادلة المجلس القومي للبحوث أوجد حجم مرشح نضيض وحيد المرحلة مطلوب لمعالجة ٤٥ لتر/ث من الفضلات علماً بأن الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة

خمسة أيام ١٨٠ ملجم/لتر إذا كانت إزالة الحيا كيميائية للأكسجين تصل إلى ٧٥٪ بافتراض أن الفضلات لاتتم إعادة دورانها . الإجابة (١٢١٩ م^3) .

١٨) أوجد ما يأتي بالنسبة للمرشح المذكور في مسألة ١٧ باستخدام ارتفاع ١,٨ م :

(أ) قطر المرشح .

(ب) حمل الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين .

(جـ) معدل الحمل الحجمي. الإجابة (٢٩,٤ م ، ٧٠٠ كجم/يوم ، ٠,٥٧ كجم BOD/م^3/يوم)

١٩) مرشح نضيض وحيد المرحلة ارتفاعه ١,٨ م يعالج أوساخ مترسبة بمعدل ٨٠٠ م^3/يوم . أوجد حجم وقطر المرشح المطلوب للحصول على إزالة ٨٠٪ للحاجة الحيا كيميائية للأكسجين علماً بأن شدة الأوساخ ٤٠٠ ملجم/لتر والدفق المعاد دورانه ٤٠٠ م^3/يوم مستخدماً معادلة المجلس القومي للبحوث. (الإجابة ٧٢٩ م^3 ، ٢٣ م) .

٢٠) ما مقدار الزيادة في الحجم إذا كانت نسبة إعادة الدوران في مسألة ١٩ تساوي الوحدة؟ (الإجابة: ٣٦٪) .

٢١) تضم محطة معالجة أوساخ ترسيب إبتدائي ومرشح نضيض وحيد المرحلة . مستخدماً معادلة المجلس القومي للبحوث والبيانات التالية أوجد حجم الطبقة الترشيحية :

السكان المخدومين	٥٠٠٠
الدفق المتخلص منه	١٥٠ لتر/فرد/يوم
BOD_5 الداخل للأوساخ	٣٠٠ ملجم/لتر
BOD الخارج من المرشح	٣٠ ملجم/لتر
كفاءة إزالة BOD في الترسيب الإبتدائي	٤٥٪
نسبة إعادة الدوران	١ : ٢

(الإجابة: ٤٢٨ م^3) .

٢٢) أوجد تركيز الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين للسائل الخارج من مرشح نضيض ثنائي المرحلة باستخدام البيانات التالية :-

عدد السكان المستفيدين	٥٠٠٠
دفق الفضلات السائلة اليومي	١ م^3/فرد
تركيز BOD الداخل	٢٥٠ ملجم/لتر
حجم كل مرشح مستخدم	٨٠٠ م^3
ارتفاع المرشح	١,٨ م
نسبة إعادة الدوران للمرحلة الأولى	١,٢٥
نسبة إعادة الدوران للمرحلة الثانية	١

معادلة المجلس القومي للبحوث للمرحلة الأولى $E=\frac{100}{\left(1+0.44\left(\sqrt{\frac{W}{VF}}\right)\right)}$ وللمرحلة الثانية

$$E=\frac{100}{\left(1+\frac{0.44}{1-E_1}\left(\sqrt{\frac{W}{VF}}\right)\right)}$$

(الإجابة: ٣٢ ملجم/لتر) .

٢٣) في محطة معالجة أوساخ فضلات سائلة ذات تركيز الحاجة الحيا كيميائية لمدة خمسة أيام يساوي L_i تخضع لترسيب ابتدائي يتبعه مرشح نضيض ثم ترسيب نهائي. وتنتج درجة المعالجة سائل نهائي له حاجة حيا كيميائية للأكسجين تعادل ٣٠ ملجم/لتر . إذا كانت كفاءة إزالة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين للترسيب الإبتدائي ٤٠ بالمائة في حين أن كفاءة مرشح النضيض مع جهاز الترسيب النهائي ٧٠٪ . أوجد قيمة L_i . (الإجابة: ١٦٧ ملجم/لتر) .

٢٤) يبلغ دفق أوساخ ٢٠ لتر/ث والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام له ١٨٠ ملجم/لتر. أدخلت هذه الفضلات إلى مرشح نضيض وحيد المرحلة إرتفاعه ١,٨ م . باستخدام معادلة المجلس القومي للبحوث أوجد :

(أ) حجم الوسط الترشيحي المطلوب لإزالة ٨٠٪ من الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين الداخل دون إعادة دوران .

(ب) قطر مرشح النضيض المطلوب .

(جـ) حمل الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين . (الإجابة ٩٦٣ م^3 ، ٢٦ م ، ٣١١ كجم/يوم) .

٢٥) تتم معالجة فضلات سائلة معينة بواسطة حوض امهوف ومرشح نضيض وترسيب نهائي باستخدام عوامل التصميم الموضحة في الجدول التالي أوجد :

الدفق التصميمي	٠,٠٩ م^3/ث
أعداد السكان الذين تتم خدمتهم	٤٥٠٠٠
إنتاج الأوساخ	٥٠ جم BOD/فرد/يوم
إزالة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين في حوض امهوف	٣٠٪
إزالة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين في مرشح النضيض	٩٠٪

(أ) الحمل العضوي لمرشح النضيض باستخدام معادلة رمبف: $E=93-\frac{0.017W}{V}$

حيث W مقدرة جم BOD/يوم و E نسبة مئوية.

(ب) حجم الوسط الترشيحي المطلوب .

(جـ) عدد المرشحات المطلوب استخدامها وقطر المرشح علماً بأن ارتفاع المرشح ٣ متر .

(الإجابة ١٦٧ جم BOD/م^3/يوم ، ٨٩٤٩ م^3 ، ٤، ٣١ م) .

٢٦)أوجد ارتفاع مرشح نضيض يعالج أوساخ مترسبة لها حاجة اكسجين نهائي L_o تبلغ ٢٤٠ ملجم/لتر باستخدام البيانات التالية: k = ٠,٥٧ على متر، والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين BOD_5 الخارج = ٤٠ ملجم/لتر، والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين BOD_5 الداخل = ٩٠٪ من حوجة الأكسجين النهائي، وإعادة الدوران = ١٠٠٪

$Le=\left(\frac{Li+r*Le}{1+r}\right)e^{-kd}$ (الإجابة ٢,٥ م) .

٢٧) احسب الكفاءة الكلية لمرشح نضيض ثنائي المرحلة به مرشحات متماثلة على التوالي وارتفاع كل منها ٢ م والقطر ١٦ م . استخدم المعلومات التالية في حسابات التصميم:

دفق الفضلات السائلة	٨٠٠ م^3/يوم
الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للداخل	٢٥٠ ملجم/لتر
الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للخارج لاتزيد عن	٢٠ ملجم/لتر
نسبة إعادة الدوران للمرحلة الأولى	١,٢٥
نسبة إعادة الدوران للمرحلة الثانية	٠,٥

استخدم معادلة المجلس القومي للبحوث . (الإجابة: ٩٣٪) .

٢٨) استبدل النظام المذكور في مسألة ٢٧ أعلاه بمرشح وحيد المرحلة ارتفاعه ٢م. أوجد قطر المرشح بافتراض أن نسبة اعادة الدوران = ٤ : ١. (الإجابة : ٣٦ م).

٢٩) أوجد حجم البركة الإختيارية المطلوبة لتنتج سائل نهائي له حاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ٦٠ ملجم/لتر لدفق له الخواص التالية : BOD_5 للداخل = ٣٥٠ ملجم /لتر ، كمية الفضلات المتخلص منها = ١٠٠٠ م^3 /يوم ، عمق البركة = ١م ، درجة حرارة السائل = ٢٥°م ثابت التفاعل لأزالة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين Kp = ٠,٣ /يوم لدرجة حرارة ٢٠°م (الإجابة: ١٢٦٢٠ م^2) .

٣٠) بركة عمقها ١,٥ م إستخدمت لمعالجة دفق ١٢٠ لتر/ شخص/يوم، وله حاجة حيا كيميائية للأكسجين ٥٠ جم/فرد/يوم . إذا كان معدل حمل الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين للبركة ١٠٠ كجم/هكتار/يوم أوجد: (أ) زمن المكث . (ب) كفاءة البركة بإفتراض درجة الحرارة ١٠ °م و Kp = ٠,٣ /يوم لدرجة حرارة ٢٠° م .(الإجابة: ٦٢,٥ يوم ، ٩٢٪) .

٣١) بركة أكسدة عمقها ١,٥ متر تعمل على معالجة دفق أوساخ بمعدل يومي يبلغ ١٥٠ لتر/فرد والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ٦٠جم/شخص/يوم . يساعد معدل حمل البركة البالغ قدره ١٢٠ كجم/هكتار/يوم على تخفيض الحاجة الحيا

كيميائية للأكسجين BOD بنسبة ٩٠٪ أوجد ثابت معدل إزالة البركة المواكب لهذا التخفيض بإفتراض درجة الحرارة ١٠°م (الإجابة: ٠,١٨ على اليوم) .

٣٢)تعمل بركة موازنة على درجة حرارة ١٠°م وتقوم بمعالجة فضلات سائلة لها حاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ٢٥٠ ملجم/لتر وكفاءة إزالة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين فيها ٨٥٪ . أوجد زمن المكث بافتراض أن k_p لدرجة حرارة ٢٠°م يساوي ٠,٤ على اليوم . (الإجابة: ٢٣ يوم) .

٣٣) صمم بركة هوائية لمعالجة دفق فضلات سائلة لها المواصفات التالية :

دفق الفضلات السائلة = ٤٠٠٠ م^3/يوم

الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين الداخل = ٢٢٠ ملجم/لتر

الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين الذائب الخارج = ٢٠ ملجم/لتر

ثابت معدل الإزالة لدرجة حرارة ٢٠°م = ٢,٥ على اليوم

وسيط درجة الحرارة الشهري لأبرد شهر = ١٠°م . (الإجابة: ٢٦١٤٤ م^3).

٣٤) أوجد حجم بركة الأكسدة المطلوبة لخدمة سكان عددهم ٣٠٠٠ ينتجون فضلات سائلة مواصفاتها :

معدل الدفق = ٢٥٠ لتر/فرد يوم

الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين = ٢٠٠ ملجم/لتر

درجة حرارة الماء = ١٥°م

حجم البركة يمكن تقديره من المعادلة : $V = 3.5 \times 10^{-5} PQ * BOD(1.085)^{35-T}$

(الإجابة: ٢٦٨٣٨ م^3)

٣٥)أوجد عدد البكتريا البرازية الخارجة من محطة معالجة أوساخ تضم بركة اختيارية وبركتي نضوج على التوالي باستخدام البيانات التالية :

عدد الإشريكية القولونية الموجودة ابتداء في الحمأة	١٠×٦ /١٠٠ مللتر
زمن مكث البركة الإختيارية	٣٠ يوم
زمن مكث بركة النضوج	٧ يوم
معدل هلاك البكتريا k	٢ على اليوم

(الإجابة ٤٣٧/١٠٠ مللتر) .

٣٦) صمم اخدود اكسدة ليخدم مجموعة من السكان مكونة من ٢٠٠٠ شخص علماً بأن خواص الفضلات السائلة كما مبين أدناه :

دفق الفضلات	٨٠ لتر/شخص يوم
BOD_5 الداخل	٥٠ جم/شخص يوم
أقل درجة حرارة تشغيلية	١٠°م
معدل تحميل الحمأة	٠,٢ كجم BOD/كجم MLSS
MLSS	٤٢٠٠ ملجم/لتر
قطر الدوار القفصي المستخدم	٠,٧ م
معدل الدوار القفصي القياسي	٣ كجم أكسجين/متر طولي ساعة
عمق الغمر للدوار القفصي	١٥ سم
سرعة دوران الدوار القفصي	٧٠ دورة في الدقيقة

٣٧) صمم أخدود أكسدة يمكنه العمل على نسبة غذاء إلى أحياء مجهرية ٠,٠٥ كجم BOD/كجم MLSS .يوم ، دون ترسيب إبتدائي باستخدام المعلومات التالية :

عدد الأشخاص المخدومين	٤٠٠٠
مشاركة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين	٤٠ جم/شخص/يوم
MLSS	٤٥٠٠ ملجم/لتر

٣٨) صمم حوض تحليل لاهوائي ليخدم عائلة مكونة من عشرة أشخاص . استهلاك الماء ١٢٠ لتر/شخص*يوم وكمية الفضلات السائلة الداخلة للحوض حوالي ٠,٨ من الماء المستهلك .

٣٩) صمم حوض تحليل لاهوائي ليخدم عائلة علماً بأن الدفق اليومي المقدر من الفضلات السائلة للعائلة في حدود ١٥٠٠ لتر .

٤٠) صمم حوض تحليل لاهوائي ليخدم عائلة واحدة مكونة من ستة أشخاص باستخدام المعادلة : سعة الحوض ($م^3$) = ١٨٠ × P + ٢٠٠٠ ، حيث: P عدد الأشخاص الذين يخدمهم الحوض .

٤١) تتكون عائلة من ١٥ شخص في منزل بالضواحي ويتم ايصال الماء للمنزل بواسطة نظام توزيع مركزي والمطلوب تصميم حوض تحليل لاهوائي ونظام ري سطحي ليخدم المنزل طبقاً للبيانات التالية :

نتيجة اختبار التسرب : الزمن لهبوط ١ متر = ٤ دقائق

انتاج الأوساخ النسبي = ١٥٠ لتر/شخص يوم

زمن المكث في الحوض = ٢ يوم

الأشخاص المخدومين	٦	٢٠	٥٠
العمق (سم)	١٢٠	١٧٠	٢٠٠-٢٥٠ (أقصاه)

التسرب

الزمن لهبوط ١ سم (دقيقة)	مساحة الإمتصاص الفعالة (م٢/شخص)
أقل من ٠,٨	٣,١
١,٢	٣,٧
١,٦	٤,٣
٢	٥
٤	٦,٢
٦	٨
١٢	١١
٢٤	١٥
أكبر من ٢٤	لا تصلح المصارف الحقلية

الفصل التاسع : معالجة الحمأة والتخلص منها

(أ) الهضم اللاهوائي

يتعلق الهضم اللاهوائي للحمأة بالتفتيت الحيوي اللاهوائي للمواد العضوية تحت ظروف متحكم فيها . ومن العوامل المؤثرة في هذا النظام : الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، والمواد الغذائية، والمواد السامة (مثل المعادن الثقيلة) ، والأحماض الطيارة، والأمونيا، ونوع المواد المتفتتة وخواصها، وظروف الخلط والمزج .

مثال ٩-١

صمم هاضم أوساخ ارتفاعه ٦م ليخدم ١٠٠٠ شخص علماً بأن السعة لكل شخص ٠,٠٧ م^3

الحل

١) المعطيات : d = ٦ م ، P = ١٠٠٠ شخص ، V = ٠,٠٧ م^3/شخص .

٢) أوجد سعة الهاضم = ١٠٠٠×٠,٠٧ = ٧٠٠ م^3

٣) أوجد المساحة المطلوبة = ٧٠٠ ÷ ٦ = ١١٧ م^2

٤) أوجد قطر الهاضم = ١٢,٣ م

مثال ٩-٢

أوجد المعدل الحجمي لإنتاج الغاز من روث أبقار علماً بأن تركيز المواد الصلبة الطيارة للداخل للهاضم ١٥٠ كجم/م^3 وزمن المكث الهيدروليكي ١٠ يوم . أقصى معدل نمو نوعي من الأحياء المجهرية ٠,١٣ على اليوم لدرجة حرارة ٢٠°م . إنتاج الميثان النهائي ٠,٢٥ م٣ غاز/كجم مواد صلبة طيارة ، والمعامل k_n = ١,٢ وحجم الهاضم ٤ م^3 .

الحل:

١) المعطيات: VS = ١٥٠ كجم/م^٣، t = ١٠ يوم ، μ_{max} = ٠,١٣ على اليوم، T = ٢٠°م،

Y_t = ٠,٢٥ م^٣ غاز/كجم VS ، k_n = ١,٢ ، V = ٤ م^٣.

٢) أوجد الإنتاج الحجمي للغاز (الإنتاج النوعي) من المعادلة :

$$V_g = Y_t \frac{VS}{t}\left(1-\frac{k_n}{t^*\mu_{max}-1+k_n}\right)$$

حيث :

V_g = المعدل الحجمي لإنتاج الغاز (الإنتاج النوعي) (م^٣ غاز/م^٣ هاضم/يوم)

Y_t = الإنتاج النهائي للغاز (م٣ غاز/كجم مواد صلبة طيارة مضافة)

VS = تركيز المواد الصلبة الطيارة للداخل (كجم/م^٣)

t = زمن المكث الهيدروليكي (يوم)

k_n = معامل حركي (لا بعدي)

μ_{max} = أقصى معدل نمو نسبي للأحياء المجهرية (على اليوم)

وعليه : $V_g = 0.25\frac{150}{10}\left(1-\frac{1.2}{10*0.13-1+1.2}\right)$

V_g = ٠,٧٥ م^٣ غاز/م^٣ حجم هاضم/يوم

٣) وعليه يكون الإنتاج اليومي للغاز = ٠,٧٥×٤ = ٣ م^٣ .

جدول (١٧) معلومات لتصميم الهاضم اللاهوائي التقليدي {٤٨}

المنشط	القيمة
حمل المواد الصلبة الطيارة (كجم/م^3 يوم)	٠,٣ – ٢
تفتيت المواد الصلبة الطيارة (٪)	٤٠ – ٥٠
انتاج الغاز (م^3 غاز/كجم VS)	٠,٢ – ١,٥
المواد الصلبة في الفضلات الخام (كجم/م^3 يوم)	٢ – ٥
التفتيت التام للمواد الصلبة (٪)	٣٠ – ٤٠
الرقم الهيدروجيني	٦,٥ – ٧,٤
تركيز القلوية (ملجم/لتر)	٢٠٠٠ – ٣٥٠٠
زمن مكث المواد الصلبة (يوم)	٣٠ – ٩٠
سعة الهاضم (م^3/شخص)	٠,١ – ٠,١٧
مكونات الغاز (٪):	
ميثان	٦٥ – ٧٠
ثاني أكسيد الكربون	٣٢ – ٣٥
كبريتيد الهيدروجين	قليل
درجة الحرارة (°م)	٣٠ – ٣٥

(ب) إزالة الماء من الحمأة

لإزالة الماء من الحمأة أهميته للتخلص النهائي الجيد والكفء للسائل النهائي . ومن العوامل المؤثرة في هذه الوحدة : وجود الحبيبات الدقيقة ، وتركيز المواد الصلبة بالحمأة ، وقوة القص وتركيز البروتين والهضم اللاهوائي والرقم الهيدروجيني والشحن التي تحملها الحبيبات وتركيز الرطوبة والمواد المضافة المساعدة filter aids المستخدمة. ومن أبسط الطرق المستخدمة لتحديد درجة إزالة الماء من الأوساخ هو اختبار المقاومة النوعية للترشيح . وتعرف المقاومة النوعية على أنها "تلك المقاومة لإنبثاق الراشح والناتجة من

كعكعة لها وحدة وزن من المواد الصلبة الجافة على وحدة مساحة الترشيح" كما يمكن تعريفها على أنها "فرق الضغط المطلوب لينتج وحدة معدل دفق للراشح الذي له وحدة لزوجة والمنبثق عبر وحدة وزن من كعكعة المرشح" .

جدول (١٨) درجة إزالة الماء من الحمأة

المقاومة النوعية (م/كجم)	خواص الأوساخ
$١٠^{١١}-١٠^{١٢}$	حمأة سهلة الترشيح
$١٠^{١٢}-١٠^{١٤}$	حمأة متوسطة الترشيح
$١٠^{١٤}-١٠^{١٥}$	حمأة ضعيفة الترشيح

ثال ٩-٣

الحصول على البيانات التالية في تجربة مقاومة نوعية لعينة من أوساخ مهضومة

الزمن (ثانية)	حجم الراشح (مللتر)
١٢	٤,٩
١٨	٦,٣
٢٤	٧,٤
٣٠	٨,٤
٤٢	١٠,٣
٦٠	١٢,٧٥
٧٨	١٤,٧
١٠٨	١٧,٦
١٢	١٨,٨

سغط الفراغي = ٦٨,٩٥ كيلونيوتن/م^{٢}

ارة الراشح = ٢٠ م^{٥}

لزوجة الراشح = ١,٠٠٢×١٠^-٣ نيوتن ث/م^٢

تركيز المواد الصلبة = ٢١,٤ كجم/م^٣

مساحة الترشيح = ٣٨,٤٨×١٠^-٤ م^٢

حجم الأوساخ المستخدم = ١٠٠ مللتر

ارسم قيم (t/V) بالنسبة إلى (V) ثم أوجد ميل الخط المستقيم وأحسب المقاومة النوعية للترشيح .

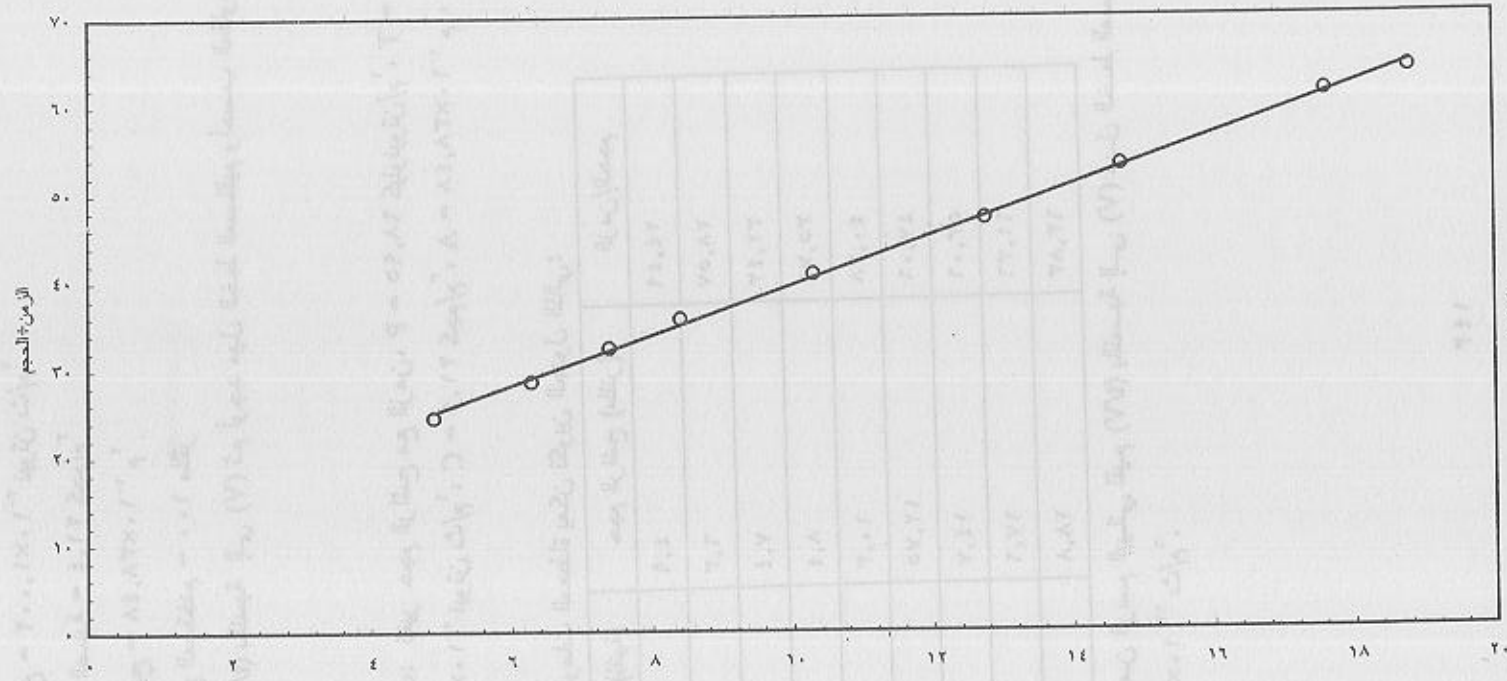
الحل

١. المعطيات: تغير حجم الراشح مع الزمن، P = ٦٨,٩٥ كيلونيوتن/م^٢، T = ٢٠°م، μ = ١,٠٠٢×١٠^-٣ نيوتن ث/م^٢، C = ٢١,٤ كجم/م^٣، A = ٣٨,٤٨×١٠^-٤ م^٢، V = ١٠٠ مللتر

٢. من المعلومات المعطاة يمكن تكوين الجدول التالي:

الزمن (ثانية)	حجم الراشح (مللتر)	الزمن/الحجم
١٢٠	٤,٩	٢٤,٤٩
١٨٠	٦,٣	٢٨,٥٧
٢٤٠	٧,٤	٣٢,٤٣
٣٠٠	٨,٤	٣٥,٧١
٤٢٠	١٠,٣	٤٠,٧٨
٦٠٠	١٢,٧٥	٤٧,٠٦
٧٨٠	١٤,٧	٥٣,٠٦
١٠٨٠	١٧,٦	٦١,٣٦
١٢٠٠	١٨,٨	٦٣,٨٣

٣. أوجد من الرسم البياني لقيم (t/V) بالنسبة إلى (V) ميل الخط المستقيم ليساوي ٢,٨٤×١٠^١٢ ث/م^٦.


الزمن÷الحجم
٠
١٠
٢٠
٣٠
٤٠
٥٠
٦٠
٧٠
٠
٢
٤
٦
٨
١٠
١٢
١٤
١٦
١٨
٢٠

٤. أحسب المقاومة النوعية للترشيح من معادلة كارمان وكوكلي: $r=\frac{2bPA^2}{\mu C}$

حيث:

r = المقاومة النوعية للترشيح (م/كجم)

b = ميل الخط المستقيم (ث/م^٦)

P = الضغط الفعال (نيوتن/م^٢ ، باسكال)

A = مساحة الترشيح (م^٢)

μ = درجة لزوجة الراشح (نيوتن.ث/م^٢)

C = تركيز المواد الصلبة (كجم/م^٣)

وبتعويض القيم المعطاة في معادلة كارمان وكوكلي ينتج:

$$r=\frac{2*2.84*10^{12}\left(38.48*10^{-4}\right)^2}{1.002*10^{-3}*21.4}$$

ومنها: r = ١٠×٢٧ ^{١٣} م/كجم، وبما أن هذا الرقم بين ١٠ ^{١٤} و ١٠ ^{١٥} فتعتبر هذه الحمأة ضعيفة الترشيح

مثال ٩-٤

ثم الحصول على البيانات التالية لعينة من الأوساخ المهضومة مبينة تغير المقاومة النوعية مع الضغط المستخدم

الضغط المستخدم (كيلو نيوتن/م^٢)	المقاومة النوعية ($r\times10^{-13}$ (م/كجم))
٢٩٣,٠٤	٥٢,٩٥
٥٨٦,٠٧٥	٨٤,٥٢
١١٧٢,١٥	١٥٨,٨٥
١٧٥٨,٢٢٥	٢١٠,٧٨
٢٣٤٤,٣	٢٧٦,٩٧

ستخدم البيانات المعطاة لحساب معامل الإنضغاطية لهذه العينة .

لحل

١. المعطيات: تغير المقاومة النوعية r مع الضغط الفراغي P

٢. من البيانات المعطاة كون الجدول التالي:

الضغط المستخدم (كيلو نيوتن/م^2)	المقاومة النوعية ($r\times10^{-13}$) (م/كجم)	Log P	Log r
٢٩٣,٠٤	٥٢,٩٥	٢,٤٦٦٩	١٤,٧٢٣٩
٥٨٦,٠٧٥	٨٤,٥٢	٢,٧٦٨٠	١٤,٩٢٧٠
١١٧٢,١٥	١٥٨,٨٥	٣,٠٦٩٠	١٥,٢٠١٠
١٧٥٨,٢٢٥	٢١٠,٧٨	٣,٢٤٥١	١٥,٣٢٣٨
٢٣٤٤,٣	٢٧٦,٩٧	٣,٣٧٠٠	١٥,٤٤٢٤

٣. أوجد معامل الإنضغاطية للعينة من معادلة كارمان: $r=r'P^s$

يث :

= المقاومة النوعية للترشيح للضغط العامل

= ثابت

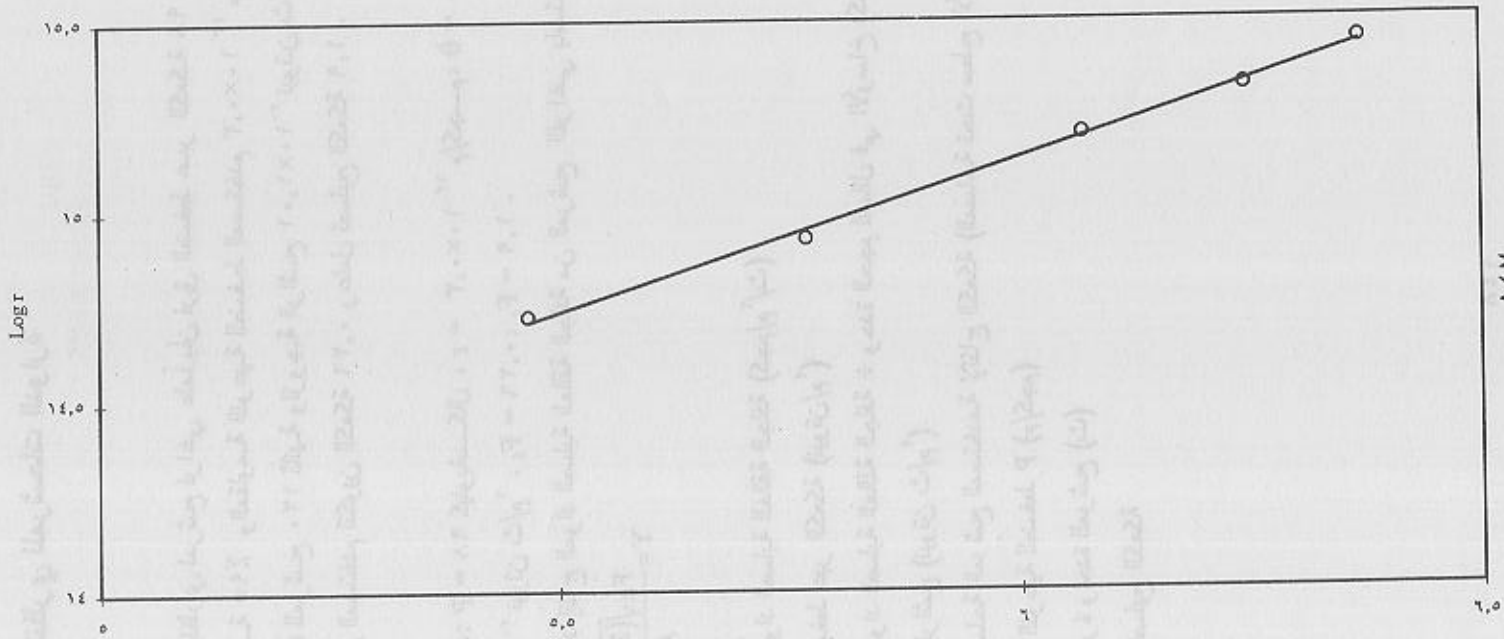
= ثابت معامل الإنضغاطية

كن كتابة المعادلة أعلاه على النحو التالي: $\text{Log } r = s \text{ Log } P + \text{Log } r'$

رسم Log r كدالة في Log p يمكن رسم خط مستقيم يمثل ميله معامل الإنضغاطية ومن

رسم S = ٠,٧٦ .

حل مثال ٩-٤



ج) الإنتاج النظري للمرشحات الدوارة

ثال ٩-٤

أوجد الإنتاج النظري لمرشح فراغي علماً بأن فرق الضغط عبر الكعكة ٩٨ كيلو باسكال تركيز الرطوبة ٩٥٪ والمقاومة النوعية للضغط المستخدم ١٠×٠,٣ ^{١٣} م/كجم وزمن دورة الواحدة للمرشح ١٢٠ ثانية ولزوجة الراشح ١٠×١,٠١ $^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢} أما جزء مساحة المرشح المستخدم لتكوين الكعكة ٠,٢٦ وعامل تصليح الكعكة ١,٩ .

حل

. المعطيات: P = ٩٨ كيلوباسكال ، r = ١٠×٠,٣ ^{١٣} م/كجم، θ = ١٢٠ ث، μ = ١٠×١,٠١ $^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢} ، F_f = ٠,٢٦ ، F_c = ١,٩ .

. يمكن إيجاد إنتاج المواد الصلبة العالقة الجافة من المرشح الفراغي باستخدام المعادلة:

$$Y=\frac{F_c\sqrt{(2PC_1F_f)}}{\mu r\theta}$$

ث :

= إنتاج المواد الصلبة العالقة الجافة (كجم/م^{٢}/ث)

= فرق الضغط عبر الكعكة (نيوتن/م^{٢})

= كتلة المواد الصلبة العالقة الجافة ÷ وحدة الحجم للسائل في الأوساخ (كجم/م^{٣})

= لزوجة الراشح (نيوتن ث/م^{٢})

= جزء مساحة المرشح المستخدمة لإنتاج الكعكة (المساحة تحت سطح الأوساخ) م^{٢}

= المقاومة النوعية للضغط P (م/كجم)

= زمن دورة واحدة للمرشح (ث)

= عامل تصليح الكعكة

$$Y = \frac{1.9\sqrt{\left(2*98000*\left(5*10^{-3}/95*10^{-6}\right)0.26\right)}}{1.01*10^{-3}*0.3*10^{13}*120}$$ ، وعليه :

ومنها: Y = ٥,١٦×١٠$^{-٣}$ كجم/م^{٢}

(د) التخلص في المسطحات المائية

تضم آثار التخلص من الأوساخ والفضلات السائلة في المسطحات المائية مايلي :

- تغير في خواص المسطحات المائية المستقبلة للأوساخ
- خطر على الحياة المائية
- استنباط مشاكل روائح، ومصدر إزعاج وقلق
- إنتاج مشاكل طعم وروائح
- تكاثر تراكيز المواد السامة
- إنتاج مخاطر للصحة العمومية
- تقليل عملية التنقية الذاتية

مثال ٩-٥

ينتج مصنع ٢١٦٠٠٠ م^{٣}/يوم من الفضلات السائلة التي تجد طريقها للنهر المجاور والذي ينساب بمعدل ١٠م^{٣}/ث . سرعة النهر حوالي ٢ كيلومتر/ساعة ودرجة حرارته ٢٠°م .أما درجة حرارة الفضلات المتخلص منها فتبلغ ٣٠°م وأشارت الإختبارات المخبرية أن الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للفضلات السائلة ٤٠٠ ملجم/لتر وأن الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام لماء النهر تبلغ ٢,٥ ملجم/لتر وكمية الأكسجين المذاب في النهر ٨٥ بالمائة من قيمة التشبع، غير أن الفضلات السائلة لاهوائية. أوجد من المعلومات المعطاة :

(أ) درجة حرارة الخليط من الفضلات السائلة المتخلص منها في مياه النهر.

(ب) كمية الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام للخليط.

ـ) النقصان الحرج للأكسجين .

موقع النقصان الحرج للأكسجين .

رض أن k_1 و k_2 لدرجة حرارة ٢٠°م تساوي ٠,٣ و ٠,٧ على اليوم على الترتيب .

ل

المعطيا ت : Q_w = $\frac{21600}{60\times60\times24}$ = ٢,٥ م^3/ث ، Q_s = ١٠ م^3/ث ،

v = ٢٤×٢ = ٤٨ كيلومـــتر/يـــوم ، T_s = ٢٠°م ، T_w = ٣٠°م ، BOD_w = ٤٠٠ ملجم/لتر ، BOD_s = ٢,٥ ملجم/لتر ، Do_w = صفر

أوجد من جداول لدرجة حرارة ٢٠°م تركيز التشبع للأكسجين الذائب= ٩,٢ ملجم/لتر.

أوجد قيمة الأكسجين المذاب في النهر Do_s = ٩,٢×٠,٨٥ = ٧,٨٢ ملجم/لتر .

أوجد درجة حرارة الخليط من معادلة قانون التخفيف: $T_m=\frac{T_wQ_w+T_sQ_s}{Q_w+Q_s}$ ،

تساوي: T_m = = ٢٢°م

وجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام من قانون التخفيف:

$(BOD_s)_m=\frac{BOD_w-Q_w+BOD_sQ_s}{Q_w+Q_s}$ ، لتساوي: BOD_5 = ٨٢ ملجم/لتر

يمكن استخدام معادلة استريتار وفيلبس لترخيم الأكسجين بغية إيجاد النقصان الحرج

لأكسجين: $D_C=-\frac{k'L_oe^{-k'tc}}{k''}$

يث :

D = نقصان الأكسجين الذائب الحرج

= ثابت معدل التفاعل الدرجة الأولى

= ثابت اعادة التهوية

= حوجة الأكسجين النهائية

= الزمن المطلوب للوصول إلى النقطة الحرجة

(أ) يمكن تصحيح k_1 من المعادلة : $(k')_T=(k')_{20}(1.135)^{T-20}$

وعليه : k_1 لدرجة حرارة ٢٢°م تساوي ٠,٣٨٦ على اليوم .

(ب) أوجد k'' لدرجة حرارة ٢٢°م من المعادلة: $(k'')_T=(k'')_{20}(1.024)^{T-20}$ ،

لتساوي ٠,٧٣٤ على اليوم

(ج) أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين النهائية من المعادلة: $L_o=\frac{BOD_5 mixture}{\left[1-10^{-k't}\right]}$

L_o = (٨٢) ÷ (١ - ١٠^(-٠,٣×٥°)) = ١٠٥,٥٥ ملجم/لتر

(د) أوجد الزمن اللازم للوصول إلى النقطة الحرجة من المعادلة:

$$t_c=\frac{1}{(k''-k')}Ln\left[\frac{k''}{k'}\left(1-\frac{D_o(k''-k')}{k'L_o}\right)\right]$$

حيث :

D_o = نقصان الأكسجين الإبتدائي في نقطة مصب الفضلات السائلة

= درجة تركيز التشبع للأكسجين الذائب - تركيز الأكسجين الذائب للخليط

D_m = (صفر×٢,٥ + ١٠×٧,٨٢) ÷ (١٠ + ٢,٥) = ٦,٢٦ ملجم/لتر

عليه D_o = ٩,٢ - ٦,٢٦ = ٢,٩٤ ملجم/لتر

ومن معادلة الزمن الحرج: t_c = ١,٧٧ يوم

(هـ) أوجد النقصان الحرج من معادلته : $D_c=-\frac{k'L_o e^{-k'tc}}{k''}$

وعليه: D_c = ٢٨ ملجم/لتر

(و) أوجد المسافة الحرجة لنقصان الأكسجين من المعادلة: $X_c = v\,t_c$

v = سرعة الدفق في النهر = ٤٨ كيلومتر/يوم

X_c = ١,٧٧×٤٨ = ٨٥ كيلومتر

جدول (١٩) تقسيم الأنهار حسب تركيز الأكسجين الذائب

تقسيم	درجة تركيز الأكسجين الذائب كنسبة مئوية بالنسبة لدرجة التشبع
	أكبر من ٩٠
	٧٥ – ٩٠
ك فيه	٥٠ – ٧٥
	أقل من ٥٠

تمارين عامة (٩)

ي اختبار مقاومة نوعية لعينة حمأة مختلطة تم تسجيل البيانات التالية:

(ث)	صفر	٦٠	١٢٠	١٦٥	٣٠٠	٩٠٠	١٢٠٠
راشح (مللتر)	صفر	٢,٧	٣,٨	٤,٥	٦,١	١٠,٥	١٢,١

المقاومة النوعية للعينة علماً بأن:

ة الراشح = ١٠×١^{-٣} نيوتن ث/م^{٢}

ة الترشيح = $١٠ \times ٣,٨^{-٣}$ م^{٢}

المواد الصلبة العالقة = ٢٠ كجم/م^{٣}

ل الفراغي = ٦٠ كيلونيوتن/م^{٢} (الإجابة ٧×١٠^{١٤} م/كجم)

الحصول على البيانات التالية من اختبار مقاومة نوعية أجري في المخبر على أوساخ ضومة بعد تكيفها بمقدار ٦٠٪ من كيسلجر (مبنية على المواد الصلبة العالقة الجافة ينة)

ة)	٢	٣	٤	٥	٧	١٠	١٣	١٨	٢٠
شح	١٢,٨	١٥,٦	١٨	٢٠,٢	٣٢,٥	٢٨,١	٣١,٨	٣٧,٣	٣٩

رطوبة خليط الأوساخ والكيسلجر = ٩٧٪

قراءة مانومتر الضغط = ٦٩ كيلوباسكال

قطر ورقة ترشيح واتمان نمر ١ = ٧٠ ملم

درجة حرارة الراشح = ١٩°م

المقاومة النوعية للأوساخ المهضومة قبل التكييف = ٢٨,٤×١٠ ^{١٣} م/كجم

لزوجة الراشح = ١,٠٢٧×١٠$^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢} لدرجة حرارة ١٩°م

أوجد درجة إزالة الماء من الأوساخ المكيفة . (الإجابة ٨٣٪) .

٣) تم اختبار نوعين من الأوساخ (أ) و (ب) بإجراء التجارب المخبرية للمقاومة النوعية والتي أشارت إلى البيانات التالية

الأوساخ	الضغط المستخدم (كيلونيوتن/م^{٢})	المقاومة النوعية ($r \times 10^{13}$ م/كجم)
(أ)	٩٠	١,٥
(ب)	١٩٦	٢,١

علماً بأن معامل الإنضغاطية للأوساخ (أ) = ٠,٦٥ قارن درجة إزالة الماء من كل من الأوساخ (أ) و (ب) . (الإجابة أوساخ (ب) تسهل إزالة الأوساخ منها مقارنة بالأوساخ (أ)).

٤) في اختبار مقاومة نوعية باستخدام قمع بكنر لعينة من الأوساخ الصادرة من جهاز حمأة نشطة تم الحصول على البيانات التالية

الزمن (دقيقة)	حجم الراشح (مللتر)		
	اختبار ١	اختبار ٢	اختبار ٣
١	١,٣	١,٤	١,٥
٢	٢,٣	٢,٤	٢,٥
٤	٤,١	٤,٢	٤,٣
٨	٦,٨	٦,٩	٧
١٥	١٠,٣	١٠,٤	١٠,٥

أوجد قيمة المقاومة النوعية للأوساخ علماً بأن

فراغ المستخدم = ٩٧,٥ كيلوباسكال

وجة الراشح = ١,٠١١×١٠$^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢}

جم الراشح المستخدم = ٥٠×١٠$^{-٣}$ م^{٣}

كيز المواد الصلبة = ٧,٥٪

طر ورقة ترشيح واتمان رقم ١ = ٧,٥ سم (الإجابة ٢,٤×١٠ ^{١٤} م/كجم) .

) أوجد المقاومة النوعية لعينة من الحمأة النشطة طبقاً للبيانات التالية التي تم إجراؤها على مرشح صغير في المخبر :

الزمن (ث)	١٢٠	١٨٠	٤٢٠	٦٠٠	٧٨٠	٩٠٠
حجم الراشح (مللتر)	٢,٥	٣,٥	٦,٩	٨,٩	١٠,٨	١١,٩

فراغ المستخدم = ٩٠ كيلوباسكال

كيز المواد الصلبة = ٤٪

وجة الراشح = ١,٠٢٧×١٠$^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢}

ساحة الترشيح = ٣,٨×١٠$^{-٣}$ م^{٢} (الإجابة: ١٨,٨×١٠ ^{١٣} م/كجم) .

) في تجربة مقاومة نوعية تم الحصول على البيانات التالية :

جم العينة V×10 (م^{٣})	٢٢	٢٣	٢٥	٢٨	٣٠	٣٢	٣٤	٣٧
من÷الحجم (t/V)×1 ث/م^{٣})	٢٠,٢	٢١	٢٢,٦	٢٤,٩	٢٦,٥	٢٨	٣٠,٤	٣١,٩

جد قيمة المقاومة النوعية علماً بأن :

= ١,٠١×١٠$^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢}

= ٩٦ كيلونيوتن/م^{٢}

= ٤×١٠$^{-٣}$ م^{٢}

حتوى الرطوبة = ٩٣٪ (الإجابة: ٣,٢×١٠ ^{١٣} م/كجم) .

٧) ناقش مشاكل استخلاص الماء من الأوساخ . استخدم البيانات التالية لإيجاد المقاومة النوعية للحمأة :

الزمن (ث)	٣٠	٦٠	٩٠	١٢٠	١٥٠	١٨٠	٢١٠	٢٤٠	٢٧٠	٣٠٠	٣٣٠	٣٦٠	٣٩٠
حجم الراشح×١٠$^{-٦}$ (م^{٣})	٨	١٤	١٩	٢٣	٢٧	٣١	٣٤	٣٧	٤٠	٤٣	٤٥	٤٨	٥١

الضغط الفراغي العامل = ٦٠ كيلوباسكال

اللزوجة للراشح = ١,٠٠٥×١٠$^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢}

مساحة الترشيح = ٣,٨٥×١٠$^{-٣}$ م^{٢}

تركيز المواد الصلبة = ٦,٥٤١ كجم/م^{٣} (الإجابة: ٢,٦×١٠^{١٣} م/كجم) .

٨) نتائج إختبار الترشيح تحت الضغط لأوساخ مكيفة كما مدون في الجدول التالي :

زمن الترشيح (ث)	٣٠	٩٠	١٨٠	٣٠٠	٤٨٠	٦٠٠	٨٤٠
حجم الراشح×١٠$^{-١}$ (م^{٣})	٦,٥	١١,٥	١٦	٢١	٢٦,٥	٢٩,٥	٣٥

أوجد المقاومة النوعية للترشيح باستخدام المعلومات التالية :

الضغط المستخدم = ٦٠ كيلوباسكال

كمية المادة الصلبة = ٤٠ كجم/م^{٣}

لزوجة الراشح = ١,٠١×١٠$^{-٣}$ نيوتن ث/م^{٢}

مساحة الترشيح = ٤×١٠$^{-٣}$ م^{٢} (الإجابة: ٣,٣×١٠^{١٣} م/كجم) .

٩) وجد أن المقاومة النوعية لحمأة ما ٠,٢×١٠^{١٣} م/كجم تحت ضغط ٤٩ كيلو باسكال . أوجد المقاومة النوعية للحمأة تحت ضغط ٦٩ كيلو باسكال إذا كان معامل الإنضغاطية للحمأة ٠,٧ . (الإجابة: ٠,٢٥×١٠^{١٣} م/كجم) .

١٠) في قياس للمقاومة النوعية لعينة من الأوساخ لها محتوى رطوبة ٩٦٪ وجد أن المقاومة النوعية تعادل ٠,٢×١٠^{١٣} م/كجم . أوجد الإنتاج المتوقع عند استخلاص الماء من المواد الصلبة للأوساخ بواسطة مرشح فراغي علماً بأن Fc = ٢ ، P = ١٠٠

كيلونيوتن/م^2 ، μ = ١×١٠$^{-3}$ نيوتن ث/م^2 ، F_f = ٠,٢٧ ، θ = ٢ دقيقة . (الإجابة: ٦,١٢ جم/م^2 ث)

١١) مرشح فراغي قطره ٢,٥ م وزمن دورته ١٢٠ ثانية/دورة، استخدم لإستخلاص الماء من حمأة لها تركيز مواد صلبة ٣٠ كجم/م^3 وفرق الضغط الناتج عبر المرشح يصل إلى ٦٩ كيلونيوتن/م^2 . إذا كانت المقاومة النوعية للحمأة تساوي ٣×١٠^{12} م/كجم أوجد إنتاج المرشح بافتراض μ = ١٠$^{-3}$ نيوتن.ث/م^2 ، F_f = ٠,١٧ ، Fc = ١,٤ . (الإجابة: ١,٩٦ جم/م^2 ث) .

١٢) تم الحصول على البيانات التالية لعينة من الأوساخ المكيفة :

كمية المواد الصلبة للأوساخ	٢٪
الضغط الفراغي المستخدم	٦٩ كيلونيوتن/م^2
المقاومة النوعية	٦×١٠^{11} م/كجم
لزوجة الراشح	١٠$^{-3}$ نيوتن ث/م^2
قطر المرشح الفراغي	٢ م
غمر المرشح في الأوساخ	٠,١٢ م
كمية المواد الصلبة للأوساخ المزال منها الماء	١٥٪
زمن الدورة	١٥٠ ثانية

إحسب إنتاج المرشح . (الإجابة: ٨,٥٣ جم/م^2 ث) .

١٣) الدفق الطبيعي لنهر ما ٣,١٢ م^3/ث والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام فيه ٢ ملجم/لتر وهو مشبع بالأكسجين المذاب . تصب فضلات سائلة في النهر يومياً بمعدل ٦٤٨٠ م^3 ولها حاجة حيا كيميائية للأكسجين ٣٠ جزء في المليون. أوجد درجة تركيز الأكسجين المذاب، ونقصان الأكسجين الذائب في مدة الخمس أيام القادمة، وارسم منحنى ترخيم الأكسجين بافتراض ثبات درجة الحرارة على ٢٠°م باستمرار . (درجة

تركيز التشبع للأكسجين لهذه الحرارة = ٩,٢ ملجم/لتر، و k' = ٠,١ على اليوم، و k'' = ٠,٤ على اليوم) (الإجابة: ٩ ملجم/لتر ، ٠,٧ ملجم/لتر).

١٤) يتدفق نهر بمعدل ٠,٥ م^3/ث وله حاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ١ ملجم/لتر فيما هو مشبع بالأكسجين. ويتم التخلص من فضلات سائلة في النهر بمعدل ٠,٢ م^3/ث ولها حاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ٢٥ ملجم/لتر ودرجة تشبعها بالأكسجين ١٠٪ من درجة التشبع . أوجد :

(أ) نقصان الأكسجين المذاب بعد مضي يومين

(ب) نقصان الأكسجين الحرج

افتراض أن درجة الحرارة ثابتة على ٢٠°م وكل من : k' = ٠,١ k'' = ٠,٤ على اليوم . (الإجابة: ٢,٥ ملجم/لتر ، ٢,٥ ملجم/لتر) .

١٥) يتدفق نهير بمعدل ١,٢ م^3/ث وله حاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ٢ ملجم/لتر فيما هو مشبع بالأكسجين . ومن المقترح استخدام النهر ليستقبل فضلات سائلة تتدفق بمعدل ٠,١٥ م^3/ث . إذا كان أقصى نقصان للأكسجين الذائب المسموح به ٣ ملجم/لتر أدنى النهر ، ودرجة حرارة النهر ٢٠°م (C_i = ٩,٢ ملجم/لتر) أوجد أقصى حاجة حيا كيميائية للأكسجين للخارج بافتراض أن : درجة تركيز الأكسجين الذائب في السائل الخارج = ١٠٠٪، ودرجة الحرارة ثابتة على ٢٠°م k' = ٠,١ على اليوم k'' = ٠,٤ على اليوم . (الإجابة: ١٦ ملجم/لتر) .

١٦) الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام والأكسجين المذاب لنهر ١ و ٩ ملجم/لتر على الترتيب . تتخلص المدينة المجاورة من فضلاتها في النهر والحاجة الحيا كيميائية للأكسجين والأكسجين المذاب لهذه الفضلات ٢٨٠ وصفر جزء في المليون على الترتيب ، فيما كانت نسبة دفق النهر إلى دفق الفضلات السائلة ٨ : ١ أوجد : الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين للخليط ، والأكسجين المذاب للخليط (الإجابة: ٣٢ ، ٨ ملجم/لتر) .

١٧) في مسألة ١٦ أعلاه ثابت التفاعل ٠,٣ على اليوم أوجد الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام النهائية للخليط من الفضلات والنهر على نقطة مصبها . (الإجابة: ٣٣ ملجم/لتر) .

١٨) كم مقدار الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين التي يمكن التخلص منه في نهر يتدفق بمعدل ٨ م٣/ث تحت ظروف درجة تركيز أكسجين لاتقل عن ٤ ملجم/لتر على بعد مسافة ١٠٠ كيلومتر أدنى نقطة مصب الفضلات؟ افترض أن سرعة النهر ١ كيلومتر/ساعة، و k' = ٠,١ على اليوم، و k" = ٠,٤ على اليوم، ودرجة الحرارة ثابتة على ٢٠°م . (الإجابة: ١٤٨ ملجم/لتر) .

١٩) يقطن مدينة ١٠٠٠٠ شخص يقومون بصب فضلاتهم المعالجة في نهر له أقل دفق ٠,١٣ م٣/ث ، وحاجة حيا كيميائية للأكسجين لمدة خمسة أيام ٢ ملجم/لتر . تنتج المدينة أوساخ بمعدل ١٣٥ لتر/شخص/يوم ، ومشاركة الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين للفرد ٠,٠٥٤ كيلوجرام/يوم. إذا كانت الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين أدنى نقطة مصب الفضلات لايجب أن تتجاوز ٤ ملجم/لتر، أوجد أقل حاجة حيا كيميائية للأكسجين يسمح بها في السائل النهائي الخارج. وأوجد كفاءة محطة المعالجة لتحقيق هذه القيمة الدنيا . (الإجابة: ٢٠ ملجم/لتر ، ٩٥٪) .

المراجع والمصادر

1. Abdel-Magid, I.M., Hago, A., and Rowe, D.R., Modeling methods for environmental engineers, CRC Press/Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 1996 .
2. Al-Layla, M. A., Ahmed, S., and Middlebrooks, E. J., Water supply engineering design, Ann Arbor Science, Michigan, 1980.
3. American Water Works Association, Water quality and treatment - A handbook of public water supplies, McGraw-Hill book co., New York, 3rd ed., 1971.
4. Barnes, D.; Bliss, P. J.; Gould, B. W. and Vallentine, H. R., Water and wastewater engineering systems, Pitman International, Bath 1981.
5. Barnes, D., Forester, C.F. and Johnstone, D.W.M., Oxidation ditches in wastewater treatment, Pitman, Marshfield, 1983.
6. Berger, B. B. Ed., "Control of organic substances in water and wastewater", Noyes Data Co., New Jersey 1987.
7. Black J. A., Water pollution technology, Reston Pub. Co., Virginia, 1977
8. Blenderman, L., Controlled storm water drainage, Industrial Press Inc., New York, 1979
9. Cairncross, S. and Feachem, R., Small water supplies, Ross bulletin no. 10, 1978
10. Camp T. R. and Meserve R.L., Water and its impurities, Dowden, Hutchinson and Ross Inc., Pennsylvania, 2nd ed., 1974
11. Coackley, P. Sludge Dewatering Treatment, Ph.D. thesis, London University, 1953.
12. Cox C.R., Operation and control of water treatment processes, WHO, Geneva, 1969
13. Degremont, Water treatment handbook, Degremont, Rueil-Malmaison Cedex, France, 6th Edi., Vol. 1 and 2 1991.
14. Fair, G. M. , J. C. Geyer & D. A. Okun, Water and wastewater engineering, Vol. 1, John Wiley, New York, 1968
15. Feachem R, McGarry M. and Mara D., Water, wastes and health in hot climates, John Wiley, Chichester, 1978
16. Ganczarczyk, J. J., Activated Sludge Process: Theory and Practices, Pollution Engineering and Technology/23, Marcel Dekker. Inc., New York, 1983.
17. Gunnerson, C. G., and Stuckey, D. C., Anaerobic Digestion Principles and Practice for Biogas Systems, World Bank, Technical Paper Number 49, World Bank, Washington, D.C., USA, 1986.

18. Hammer, M. J., Water and wastewater technology, 2nd Ed., Wiley, New York 1986.
19. Huisman, L., Mechanical filtration,, Delft University of Technology, Herdruk, 1977.
20. Huisman, L., Rapid sand filtration, Delft University of Technology, Herdruk, 1977.
21. Huisman, L., Sedimentation and flotation, Delft University of Technology, Herdruk, 1977.
22. Huisman, L., Slow sand filtration, Delft University of Technology, Herdruk, 1977.
23. Hofkes, E. H., Huisman, L., Sundaresan, B. B., Netto, J. M. D., and Lanoix, J. N., Small community water supplies, John Wiley and Sons, Chichester, 1986.
24. Husain, S. K., Textbook of water supply and sanitary engineering, Oxford and IBH Pub. Co., New Delhi, 1981
25. Holy, M., Water and the environment, Food and Agricultral Organization UN. Irrigation and Drainage paper no. 8, Rome, 1971
26. Imhoff, K. and Muller, W.J., Disposal of sewage and other water borne wastes, Butterworths, London, 1971
27. IPHE, The public health engineering data book, Edited by Bartlett, R. Sterling Pub., London, 1984
28. James, G.V., Water treatment, Technical Press, Edinburgh, 4th ed., 1971
29. Mara, D., Sewage Treatment in Hot Climates, Wiley and Sons, Chichester 1980.
30. McGhee, T. J., and Steel, E. W., Water supply and sewerage, 6th Ed., McGraw-Hill, New York 1991.
31. Metcalf and Eddy Inc., "Wastewater engineering: treatment disposal reuse", 3rd Ed., McGraw-Hill, New York, 1991.
32. Nathanson, J.A., Basic Environmental Technology: Water Supply, Waste Disposal, and Pollution Control, John Wiley and Sons, New York, 1986.
33. Polon, D.D. ed., Encyclopedia of engineering signs and symbols, Odyssey Press, New York, 1965
34. Popel, H. J., Aeration and gas transfer, Delft University of Technology, Herdruk, 1979.
35. Rich, L.G., Unit operations of sanitary engineering, John Wiley, 1974
36. Rowe, D. R. and Abdel-Magid, I. M., "Handbook of Wastewater Reclamation and Reuse", CRC Press/Lewis Publishers, Boca Raton, 1995.
37. Salvato, J.A., Environmental engineering and sanitation, Wiley-Interscience, 3rd ed., new York, 1982
38. Sawyer, C. N. and McCarty, P. L., Chemistry for environmental engineering,, McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, 1978.
39. McGhee, T.J., and Steel, E.W., Water supply and sewerage, 6th Ed., McGraw-Hill, New York 1991

40. Streeter, V., and Wylie, E.B., Fluid mechanics, McGraw Hill Kogakusha, Tokyo, 7th ed., 1979
41. Tebbutt, T. H. Y., Principles of water quality control, Pergamon Books, Oxford, New York, 4th Edi., 1992.
42. Twort, A.C, Hoather, R.C. and Law, F.M., Water supply, Arnold, London, 2nd ed., 1982
43. US Agency for International Development National Demonstration Project, Designing septic tanks, Tech. Notes no. san.2-D-3, 1983
44. Van Dijk, J.C., and Oomen, J.H.C.M., Slow sand filtration for community water supply in developing countries - a design and construction manual, IRC tech. paper ser. no. 11, The Hague, 1982
45. Vennard, J.K., and Street, R.L., Elementary fluid mechanics, John Wiley, New York, 5th ed., 1976
46. Vernick, A. S. and Walker, E. C., Handbook of Wastewater Treatment Processes, Pollution Engineering and Technology, 19, Marcel Dekker, New York, 1981.
47. White, J.B., Wastewater engineering, Edward Arnold, London, 1978
48. Wilson, F., Design calculations in wastewater treatment, Spon. Ltd., London 1981
49. Wipple, G.C., and Whipple, M.C., Solubility of oxygen in sea water, JACS, 33, 1911, 362
50. WHO Scientific Group, Techniques for the collection and reporting of data on community water supply, WHO Tech. Report Series no. 490, Geneva, 1972
51. WHO, Surveillance of drinking water quality, Monograph Series no. 63, Geneva, 1976

٥٢. الحسن، ب. م. وعبد الماجد، ع. م. ، "الصناعة والبيئة – معالجة المخلفات الصناعية"، معهد الدراسات البيئية – جامعة الخرطوم، ١٩٨٦

٥٣. عصام محمد عبد الماجد "الهندسة البيئية"، دار المستقبل للطباعة والنشر، عمان، الأردن، ١٩٩٥

٥٤. عصام محمد عبد الماجد "التلوث المخاطر والحلول"، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (حائز على جائزة)، القباضة الأصلية، تونس، تحت الطبع

٥٥. مجمع اللغة العربية، "المعجم الوجيز"، طبعة خاصة بوزارة التربية والتعليم، جمهورية مصر العربية، الهيئة العامة لشؤون المطابع الأميرية، ١٩٩٥

٥٦. ابن منظور، "لسان العرب"، مكتب تحقيق التراث، دار إحياء التراث العربي، مؤسسة التاريخ العربي، بيروت، لبنان، الطبعة الثانية، ١٩٩٣

مرفقات

جدول ١ ضغط بخار الماء المشبع بدلالة الحرارة

المصدر ١٩٨٣ Wilson, E.M., Engineering Hydrology, Macmillan Education, ٣rd Edi., Houndmills,

درجة الحرارة (مئوية)	ضغط البخار المشبع (ملم زئبق)									
	٠,١	٠,٢	٠,٣	٠,٤	٠,٥	٠,٦	٠,٧	٠,٨	٠,٩
١٠ -	٢,١٥								
٩ -	٢,٣٢	٢,٣	٢,٢٩	٢,٢٧	٢,٢٦	٢,٢٤	٢,٢٢	٢,٢١	٢,١٩	٢,١٧
٨ -	٢,٥١	٢,٤٩	٢,٤٧	٢,٤٥	٢,٤٣	٢,٤١	٢,٤	٢,٣٨	٢,٣٦	٢,٣٤
٧ -	٢,٧١	٢,٦٩	٢,٦٧	٢,٦٥	٢,٦٣	٢,٦١	٢,٥٩	٢,٥٧	٢,٥٥	٢,٥٣
٦ -	٢,٩٣	٢,٩١	٢,٨٩	٢,٨٦	٢,٨٤	٢,٨٢	٢,٨	٢,٧٧	٢,٧٥	٢,٧٣
٥ -	٣,١٦	٣,١٤	٣,١١	٣,٠٩	٣,٠٦	٣,٠٤	٣,٠١	٢,٩٩	٢,٩٧	٢,٩٥
٤ -	٣,٤١	٣,٣٩	٣,٣٧	٣,٣٤	٣,٣٢	٣,٢٩	٣,٢٧	٣,٢٤	٣,٢٢	٣,١٨
٣ -	٣,٦٧	٣,٦٤	٣,٦٢	٣,٥٩	٣,٥٧	٣,٥٤	٣,٥٢	٣,٤٩	٣,٤٦	٣,٤٤
٢ -	٣,٩٧	٣,٩٤	٣,٩١	٣,٨٨	٣,٨٥	٣,٨٢	٣,٧٩	٣,٧٦	٣,٧٣	٣,٧
١ -	٤,٢٦	٤,٢٣	٤,٢	٤,١٧	٤,١٤	٤,١١	٤,٠٨	٤,٠٥	٤,٠٣	٤
٠ -	٤,٥٨	٤,٥٥	٤,٥٢	٤,٤٩	٤,٤٦	٤,٤٣	٤,٤	٤,٣٦	٤,٣٣	٤,٢٩
٠	٤,٥٨	٤,٦٢	٤,٦٥	٤,٦٩	٤,٧١	٤,٧٥	٤,٧٨	٤,٨٢	٤,٨٦	٤,٨٩
١	٤,٩٢	٤,٩٦	٥	٥,٠٣	٥,٠٧	٥,١١	٥,١٤	٥,١٨	٥,٢١	٥,٢٥
٢	٥,٢٩	٥,٣٣	٥,٣٧	٥,٤	٥,٤٤	٥,٤٨	٥,٥٣	٥,٥٧	٥,٦	٥,٦٤
٣	٥,٦٨	٥,٧٢	٥,٧٦	٥,٨	٥,٨٤	٥,٨٩	٥,٩٣	٥,٩٧	٦,٠١	٦,٠٦
٤	٦,١	٦,١٤	٦,١٨	٦,٢٣	٦,٢٧	٦,٣١	٦,٣٦	٦,٤	٦,٤٥	٦,٤٩
٥	٦,٥٤	٦,٥٨	٦,٥٤	٦,٦٨	٦,٧٢	٦,٧٧	٦,٨٢	٦,٨٦	٦,٩١	٦,٩٦
٦	٧,٠١	٧,٠٦	٧,١١	٧,١٦	٧,٢	٧,٢٥	٧,٣١	٧,٣٦	٧,٤١	٧,٤٦
٧	٧,٥١	٧,٥٦	٧,٦١	٧,٦٧	٧,٧٢	٧,٧٧	٧,٨٢	٧,٨٨	٧,٩٣	٧,٩٨
٨	٨,٠٤	٨,١	٨,١٥	٨,٢١	٨,٢٦	٨,٣٢	٨,٣٧	٨,٤٣	٨,٤٨	٨,٥٤
٩	٨,٦١	٨,٦٧	٨,٧٣	٨,٧٨	٨,٨٤	٨,٩	٨,٩٦	٩,٠٢	٩,٠٨	٩,١٤
١٠	٩,٢	٩,٢٦	٩,٣٣	٩,٣٩	٩,٤٦	٩,٥٢	٩,٥٨	٩,٦٥	٩,٧١	٩,٧٧
١١	٩,٨٤	٩,٩	٩,٩٧	١٠	١٠,١	١٠,٢	١٠,٢	١٠,٣	١٠,٤	١٠,٥
١٢	١٠,٥	١٠,٦	١٠,٦٦	١٠,٧	١٠,٨	١٠,٩	١٠,٩	١١	١١,١	١١,٢
١٣	١١,٢	١١,٣	١١,٣٨	١١,٨	١١,٥	١١,٦	١١,٧	١١,٨	١١,٨	١١,٩
١٤	١٢	١٢,١	١٢,١٤	١٢,٢	١٣	١٢,٤	١٢,٥	١٢,٥	١٢,٦	١٢,٧
١٥	١٢,٨	١٢,٩	١٢,٩٥	١٣	١٣,١	١٣,٢	١٣,٣	١٣,٤	١٣,٥	١٣,٥
١٦	١٣,٦	١٣,٧	١٣,٨	١٣,٩	١٤	١٤,١	١٤,٢	١٤,٣	١٤,٤	١٤,٤
١٧	١٤,٥	١٤,٦	١٤,٧١	١٤,٨	١٤,٩	١٥	١٥,١	١٥,٢	١٥,٣	١٥,٤
١٨	١٥,٥	١٥,٦	١٥,٦٦	١٥,٨	١٦	١٦	١٦,١	١٦,٢	١٦,٣	١٦,٤
١٩	١٦,٥	١٦,٦	١٦,٦٨	١٦,٨	١٦,٩	١٧	١٧,١	١٧,٢	١٧,٣	١٧,٤
٢٠	١٧,٥	١٧,٦	١٧,٧٥	١٧,٩	١٨	١٨,١	١٨,٢	١٨,٣	١٨,٤	١٨,٥
٢١	١٨,٧	١٨,٨	١٨,٨٨	١٩	١٩,١	١٩,٢	١٩,٤	١٩,٥	١٩,٦	١٩,٧
٢٢	١٩,٨	١٩,٩	٢٠,٠٦	٢٠,٢	٢٠,٣	٢٠,٤	٢٠,٦	٢٠,٧	٢٠,٨	٢٠,٩
٢٣	٢١,١	٢١,٢	٢١,٣٢	٢١,٥	٢١,٦	٢١,٧	٢١,٨	٢٢	٢٢,١	٢٢,٢
٢٤	٢٢,٣	٢٢,٥	٢٢,٦٣	٢٢,٨	٢٢,٩	٢٣,١	٢٣,٢	٢٣,٣	٢٣,٥	٢٣,٦
٢٥	٢٣,٨	٢٣,٩	٢٤,٠٣	٢٤,٢	٢٤,٤	٢٤,٥	٢٤,٦	٢٤,٨	٢٤,٩	٢٥,١
٢٦	٢٥,٣	٢٥,٥	٢٥,٦	٢٥,٧	٢٥,٩	٢٦	٢٦,٢	٢٦,٣	٢٦,٥	٢٦,٦
٢٧	٢٦,٧	٢٦,٩	٢٧,٠٥	٢٧,٢	٢٧,٤	٢٧,٥	٢٧,٧	٢٧,٩	٢٨	٢٨,٢
٢٨	٢٨,٣	٢٨,٥	٢٨,٦٦	٢٨,٨	٢٩	٢٩,٢	٢٩,٣	٢٩,٥	٢٩,٧	٢٩,٩
٢٩	٣٠	٣٠,٢	٣٠,٣٨	٣٠,٦	٣٠,٧	٣٠,٩	٣١,١	٣١,٣	٣١,٥	٣١,٦
٣٠	٣١,٨	٣٢	٣٢,١٩	٣٢,٤	٣٢,٦	٣٢,٨	٣٣	٣٣,١	٣٣,٣	٣٣,٥

جدول ٢
بعض الخواص الطبيعية للماء

درجة الحرارة (مئوية)	الكثافة كجم / م مكعب	درجة اللزوجة المطلقة $\mu \times ١٠^{-٣}$ نيوتن*ث/متر مربع	درجة اللزوجة الكيناماتيكية $\nu \times ١٠^{-٦}$ متر مربع/ث	الوزن النوعي كيلو نيوتن/متر مكعب	التوتر السطحي $\sigma \times ١٠^{-٣}$ = نيوتن/متر
صفر	٩٩٩,٨	١,٧٩٢	١,٧٩٢	٩,٨٠٧	٧,٥٦
٢	٩٩٩,٩	١,٦٧٤	١,٦٧٤	٩,٨٠٧	٧,٥٤
٤	١٠٠٠	١,٥٦٨	١,٥٦٨	٩,٨٠٨	٧,٥١
٥	٩٩٩,٩	١,٥١٩	١,٥١٩	٩,٨٠٧	٧,٤٩
٦	٩٩٩,٩	١,٤٧٣	١,٤٧٣	٩,٨٠٧	٧,٤٨
٧	٩٩٩,٩	١,٤٢٩	١,٤٢٩	٩,٨٠٧	٧,٤٦
٨	٩٩٩,٨	١,٣٨٨	١,٣٧٨	٩,٨٠٦	٧,٤٥
٩	٩٩٩,٧	١,٣٤٨	١,٣٤٨	٩,٨٠٥	٧,٤٣
١٠	٩٩٩,٧	١,٣١	١,٣١	٩,٨٠٥	٧,٤٢
١١	٩٩٩,٦	١,٢٧٤	١,٢٧٤	٩,٨٠٤	٧,٤١
١٢	٩٩٩,٥	١,٢٣٩	١,٢٤	٩,٨٠٣	٧,٣٩
١٣	٩٩٩,٤	١,٢٠٦	١,٢٠٧	٩,٨٠٢	٧,٣٨
١٤	٩٩٩,٢	١,١٧٥	١,١٧٦	٩,٨٠١	٧,٣٦
١٥	٩٩٩	١,١٤٥	١,١٤٦	٩,٨	٧,٣٥
١٦	٩٩٨,٩	١,١١٦	١,١١٧	٩,٧٩٩	٧,٣٣
١٧	٩٩٨,٨	١,٠٨٧	١,٠٨٩	٩,٧٩٥	٧,٣٢
١٨	٩٩٨,٦	١,٠٦	١,٠٦٢	٩,٧٩٣	٧,٣١
١٩	٩٩٨,٤	١,٠٣٤	١,٠٣٦	٩,٧٩١	٧,٢٩
٢٠	٩٩٨,٢	١,٠٠٩	١,٠١١	٩,٧٨٩	٧,٢٨
٢٥	٩٩٧,١	٠,٨٩٥	٠,٨٩٨	٩,٧٧٨	٧
٣٠	٩٩٥,٧	٠,٨	٠,٨٠٤	٩,٧٦٥	٧,١٢
٣٥	٩٩٤,١	٠,٧٢١	٠,٧٢٥	٩,٧٤٩	٧,٠٤
٤٠	٩٩٢,٢	٠,٦٥٦	٠,٦٦١	٩,٧٣١	٦,٩٦
٤٥	٩٩٠,٢	٠,٥٩٩	٠,٦٠٥	٩,٧١١	٦,٨٨
٥٠	٩٨٨,١	٠,٥٤٩	٠,٥٥٦	٩,٦٩	٦,٧٩
٥٥	٩٨٥,٧	٠,٥٠٦	٠,٥١٣	٩,٦٦٦	٦,٧١
٦٠	٩٨٣,٢	٠,٤٦٩	٠,٤٧٧	٩,٦٤٢	٦,٦٢
٦٥	٩٨٠,٦	٠,٤٣٦	٠,٤٤٤	٩,٦١٦	٦,٥٣
٧٠	٩٧٧,٨	٠,٤٠٦	٠,٤١٥	٩,٥٨٩	٦,٤٤
٧٥	٩٧٤,٩	٠,٣٨	٠,٣٩	٩,٥٦	٦,٣٥
٨٠	٩٧١,٨	٠,٣٥٧	٠,٣٦٧	٩,٥٣	٦,٢٦
٨٥	٩٦٨,٦	٠,٣٣٦	٠,٣٤٧	٩,٤٩٩	٦,١٧
٩٠	٩٦٥,٣	٠,٣١٧	٠,٣٢٨	٩,٤٦٧	٦,٠٨
٩٥	٩٦١,٩	٠,٢٩٩	٠,٣١١	٩,٤٣٣	٥,٩٩
١٠٠	٩٥٨,٤	٠,٢٨٤	٠,٢٩٦	٩,٣٩٩	٥,٨٩

* Van der Leeden, F.; Troise, F.L. & Todd, D.K, The water encyclopedia, ٢nd Edi., Lewis Pub., Chelsea, ١٩٩١
* Munson, B.R., Young, D.F, & Okiishi, T.H., Fundamentals of fluid mechanics, John Wiely & Sons, New Yor
* Davis, M.L. & Cornwell, D.A., Introduction to environmental engineering, McGraw-Hill Inter. Editions, Chemical Engng. Series, ٢nd Edi., McGraw-Hill, Inc., ١٩٩١
* Streeter, V and Wylie, E.B., Fluid mechanics, McGraw Hill Kogakusha, Tokyo, ٧th Ed., ١٩٧٩

جدول ٣

قيم تركيز التشبع للأكسجين الذائب فى الماء والمعرض لمياه مشبعة بهواء يحتوى على ٢٠,٩ % أكسجين وتحت ضغط يعادل ٧٦٠ ملم زئبق

درجة الحرارة (منوية)	كمية الكلوريد الذائب فى الماء (ملجم/ لتر)				الفروق لكل ١٠٠ ملجم كلوريد
	صفر	٥٠٠٠	١٠٠٠٠	٢٠٠٠٠	
صفر	١٤,٦	١٣,٨	١٣	١١,٣	٠,٠١٧
١	١٤,٢	١٣,٤	١٢,٦	١١	٠,٠١٦
٢	١٣,٨	١٣,١	١٢,٣	١٠,٨	٠,٠١٥
٣	١٣,٥	١٢,٧	١٢	١٠,٥	٠,٠١٥
٤	١٣,١	١٢,٤	١١,٧	١٠,٣	٠,٠١٤
٥	١٢,٨	١٢,١	١١,٤	١٠	٠,٠١٤
٦	١٢,٥	١١,٨	١١,١	٩,٨	٠,٠١٤
٧	١٢,٢	١١,٥	١٠,٩	٩,٦	٠,٠١٣
٨	١١,٩	١١,٢	١٠,٦	٩,٤	٠,٠١٣
٩	١١,٦	١١	١٠,٤	٩,٢	٠,٠١٢
١٠	١١,٣	١٠,٧	١٠,١	٩	٠,٠١٢
١١	١١,١	١٠,٥	٩,٩	٨,٨	٠,٠١١
١٢	١٠,٨	١٠,٣	٩,٧	٨,٦	٠,٠١١
١٣	١٠,٦	١٠,١	٩,٥	٨,٥	٠,٠١١
١٤	١٠,٤	٩,٩	٩,٣	٨,٣	٠,٠١
١٥	١٠,٢	٩,٧	٩,١	٨,١	٠,٠١
١٦	١٠	٩,٥	٩	٨	٠,٠١
١٧	٩,٧	٩,٣	٨,٨	٧,٨	٠,٠١
١٨	٩,٥	٩,١	٨,٦	٧,٧	٠,٠٠٩
١٩	٩,٤	٨,٩	٨,٥	٧,٦	٠,٠٠٩
٢٠	٩,٢	٨,٧	٨,٣	٧,٤	٠,٠٠٩
٢١	٩	٨,٦	٨,١	٧,٣	٠,٠٠٩
٢٢	٨,٨	٨,٤	٨	٧,١	٠,٠٠٨
٢٣	٨,٧	٨,٣	٧,٩	٧	٠,٠٠٨
٢٤	٨,٥	٨,١	٧,٧	٦,٩	٠,٠٠٨
٢٥	٨,٤	٨	٧,٦	٦,٧	٠,٠٠٨
٢٦	٨,٢	٧,٨	٧,٤	٦,٦	٠,٠٠٨
٢٧	٨,١	٧,٧	٧,٣	٦,٥	٠,٠٠٨
٢٨	٧,٩	٧,٥	٧,١	٦,٤	٠,٠٠٨
٢٩	٧,٨	٧,٤	٧	٦,٣	٠,٠٠٨
٣٠	٧,٦	٧,٣	٦,٩	٦,١	٠,٠٠٨

Source: * Hammer, M.J., Water & Wastewater Technology, ٢nd Edi., Wiley, New York, ١٩٨٦

* Steel, E.W. & McGhee, T.J, Water Supply & Sewerage, McGraw-Hill International Book Co., London, ١٩٨٤, ٧th reprinting

* Whipple, G.C. & Whipple, M.C., Solubility of Oxygen in Sea Water, JACS, ٣٣, ١٩١١, ٣٦٢

* Abdel-Magid, I.M., Selected Problems in Wastewater Engineering, Khartoum University Press, National Council for Research, Khartoum, ١٩٨٦

جدول ٤

بعض الأوزان الذرية لبعض العناصر ذات الصلة

العنصر	الرمز	الوزن الذري
الومنيوم	Al	٢٧
زرنيخ	As	٧٥
باريوم	Ba	١٣٧
بروم	Br	٨٠
كالسيوم	Ca	٤٠
كادميوم	Cd	١١٢
كربون	C	١٢
كلوريد	Cl	٣٥,٥
كروم	Cr	٥٢
نحاس	Cu	٦٣,٥
فلور	F	١٩
هيدروجين	H	١
يود	I	١٢٦,٩
حديد	Fe	٥٦
رصاص	Pb	٢٠٧
مغنيسيوم	Mg	٢٤,٢
منجنيز	Mn	٥٥
نتروجين	N	١٤
أكسجين	O	١٦
فسفور	P	٣١
بوتاسيوم	K	٣٩
فضة	Ag	١٠٨
صوديوم	Na	٢٣
كبريت	S	٣٢
سيلكون	Si	٢٨
استرونسيوم	Sr	٨٧,٦
خارصين	Zn	٦٥

جدول ٥

معامل التوزيع للأكسجين في الماء

درجة الحرارة	معامل التوزيع
٠	٠,٠٤٩٣
١٠	٠,٠٣٩٨
٢٠	٠,٠٣٣٧
٣٠	٠,٠٢٩٦

جدول (٦) تحويل الوحدات

اضرب	في	للحصول على
المساحة		
فدان	٤٣٥٦٠	قدم^{٢}
فدان	٤٠٤٧	م^{٢}
سم^{٢}	٠,١٥٥	بوصة^{٢}
قدم^{٢}	٠,٠٩٢٩	م^{٢}
هكتار (١٠٠٠٠ م^{٢})	٢,٤٧١١	فدان
بوصة^{٢}	٦,٤٥٢	سم^{٢}
كيلومتر^{٢}	٠,٣٨١٦	ميل^{٢}
م^{٢}	١٠,٧٦٣٩	قدم^{٢}
ملم^{٢}	٠,٠٠١٥٥	بوصة^{٢}
التركيز		
ملجم/لتر	٨,٣٤٥	رطل/مليون جالون أمريكي
جزء في المليون	١	ملجم/لتر
الكثافة		
جم/سم^{٣}	١٠٠٠	كجم/م^{٣}
جم/سم^{٣}	١	كجم/لتر
جم/سم^{٣}	٦٢,٤٣	رطل/قدم^{٣}
جم/سم^{٣}	١٠,٠٢٢	رطل/جالون بريطاني
جم/سم^{٣}	٨,٣٤٥	رطل/جالون أمريكي
كجم/م^{٣}	٠,٠٠١	جم/سم^{٣}
كجم/م^{٣}	٠,٠٠١	كجم/لتر
كجم/م^{٣}	٠,٦٢٤٢	رطل/قدم^{٣}

تابع جدول (٦) تحويل الوحدات

اضرب	في	للحصول على
معدل الدفق		
قدم٣/ث	٤٤٨,٨	جالون/دقيقة
قدم٣/ث	٢٨,٣٢	لتر/ث
قدم٣/ث	٠,٦٤٦٢	مليون جالون/يوم
مليون جالون/يوم	٤٣,٨١٢٦	لتر/ث
جالون/دقيقة	٠,٠٠٢٢٣	قدم٣/ث
جالون/دقيقة	٠,٠٦٣١	لتر/ث
لتر/ث	١٥,٨٥٠٨	جالون/دقيقة
م٣/ساعة	٤,٤	جالون/دقيقة
م٣/ث	٣٥,٣١٤٧	قدم٣/ث
الطول		
قدم	٣٠,٤٨	سم
بوصة	٢,٥٤	سم
كلم	٠,٠٦٢١٤	ميل
كلم	٣٢٨٠,٨	قدم
م	٣٩,٣٧	بوصة
م	٣,٢٨١	قدم
م	١,٠٩٤	ياردة
ميل	٥٢٨٠	قدم
ميل	١,٦٠٩٣	كلم
ملم	٠,٠٣٩٣٧	بوصة
الكتلة		
جم	٢,٢٠٥×١٠$^{-٣}$	رطل
رطل	٠,٤٥٣٦	كجم
كجم	٢,٢٠٤٦	رطل
طن	١٠١٦	كجم

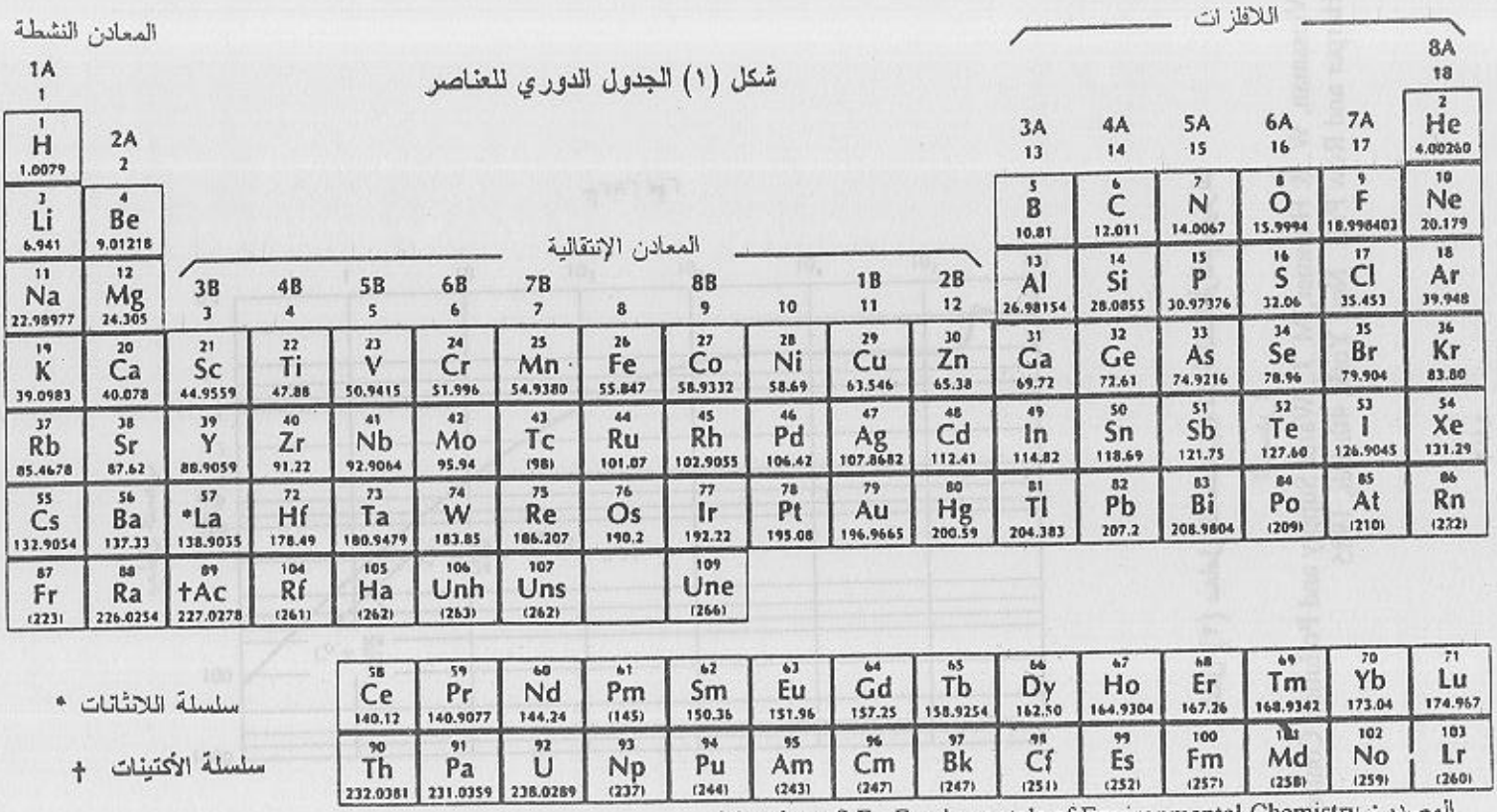
تابع جدول (٦) تحويل الوحدات

اضرب	في	للحصول على
القدرة		
Btu (وحدة حرارة بريطانية)	٢٥٢	سُعر
Btu (وحدة حرارة بريطانية)	$^{-٤}$١٠×٣,٩٣	قدرة حصان-ساعة
Btu (وحدة حرارة بريطانية)	$^{-٤}$١٠×٢,٩٣	كيلووات-ساعة
HP (قدرة حصان)	٠,٧٤٥٧	كيلووات
سعر	٤,١٨٧	جول
الضغط		
جو	٧٦٠	ملم زئبق
جو	٢٩,٩٢	بوصة زئبق
جو	٣٣,٩٣	قدم ماء
جو	١٠,٣٣	متر ماء
جو	^{٤}١٠×١,٠٣٣	كجم/م^{٢}
جو	^{٥}١٠×١,٠١٣	نيوتن/م^{٢}
بوصة ماء	١,٨٦٦٥	ملم زئبق
بوصة زئبق	٠,٤٩١١٦	رطل/بوصة^{٢}
بوصة زئبق	٣٣٨٦	نيوتن/م^{٢}
بوصة زئبق	٢٥,٤	ملم زئبق
كيلوباسكال	٠,١٤٥	رطل/بوصة^{٢}
ملم زئبق	١٣٣,٣	نيوتن/م^{٢}
ملم زئبق	١٣,٥٩٥	كجم/م^{٢}
رطل/بوصة^{٢}	٦٨٩٥	نيوتن/م^{٢}
رطل/بوصة^{٢}	٠,٠٧٠٣	كجم/سم^{٢}
بار	^{٥}١٠	نيوتن/م^{٢}

تابع جدول (٦) تحويل الوحدات

اضرب	في	للحصول على
السرعة		
قدم/ث	٣٠,٤٨	سم/ث
قدم/ث	١,٠٩٧	كلم/ساعة
قدم/دقيقة	٠,٥٠٨	سم/ث
سم/ث	٠,٠٣٢٨١	قدم/ث
سم/ث	٠,٦	م/دقيقة
م/ث	٣,٢٨١	قدم/ث
م/ث	١٩٦,٨	قدم/دقيقة
اللزوجة		
سنتي بواز	٠,٠١	جم/سم ث
سنتي ستوك	٠,٠١	سم^{٢}/ث
الحجم		
قدم^{٣}	٠,٠٢٨٣٢	م^{٣}
قدم^{٣}	٦,٢٢٩	جالون بريطاني
قدم^{٣}	٧,٤٨١	جالون أمريكي
قدم^{٣}	٢٨,٣١٦٨	لتر
جالون أمريكي	٠,٨٣٣	جالون بريطاني
جالون أمريكي	٣,٧٨٥	لتر
جالون بريطاني	٤,٥٤٧	لتر
لتر	٠,٠٠١	م^{٣}
لتر	٠,٠٣٥٣٢	قدم^{٣}
لتر	٠,٢٢	جالون بريطاني
لتر	٠,٢٦٤٢	جالون أمريكي
م^{٣}	٣٥,٣١٤٧	قدم^{٣}
م^{٣}	١٠٠٠	لتر

شكل (١) الجدول الدوري للعناصر

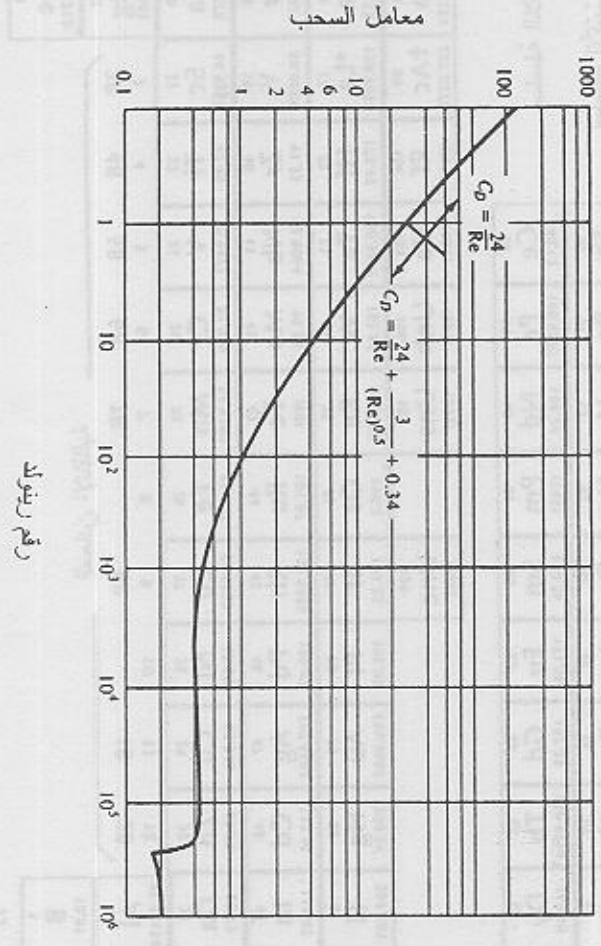


* سلسلة اللانثانات

† سلسلة الأكتينات

المصدر: Manahan, S.E., Fundamentals of Environmental Chemistry, Lewis Publishers, Boca Raton, 1993

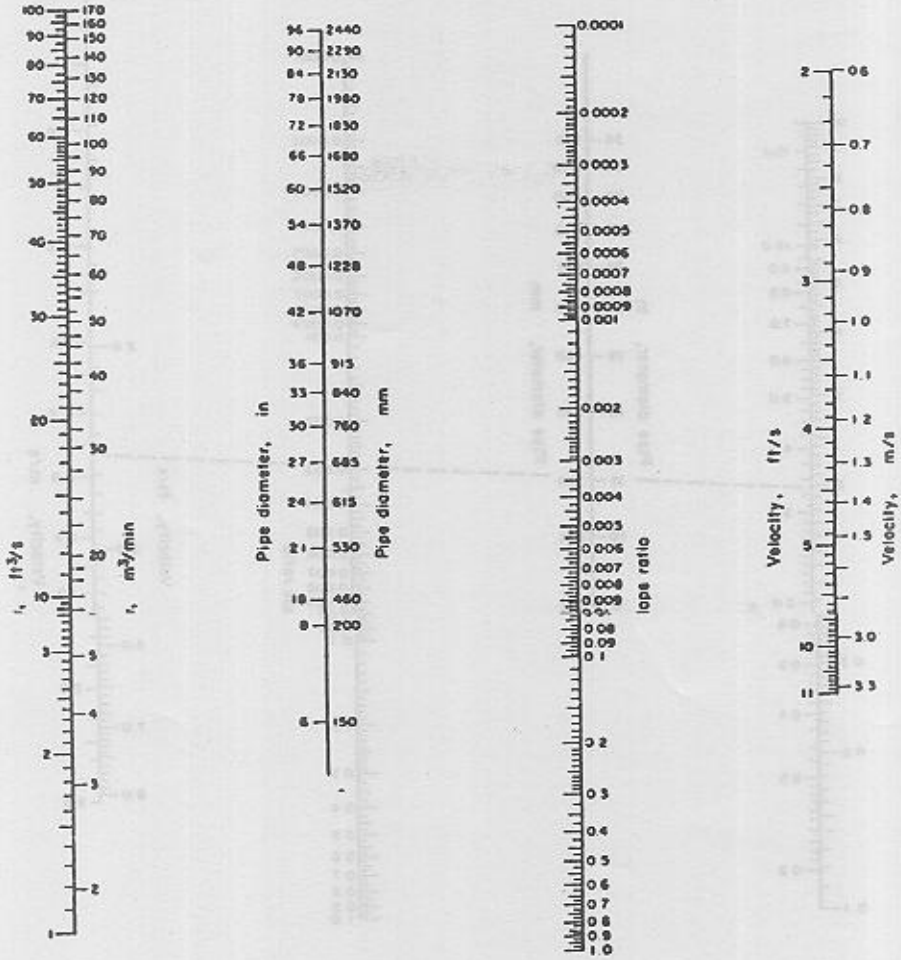
The larger and smaller labels reflect two different numbering schemes in common usage.



شكل (٢) معامل السحب C_D لكرة لعدة أرقام رينولد

المصدر :

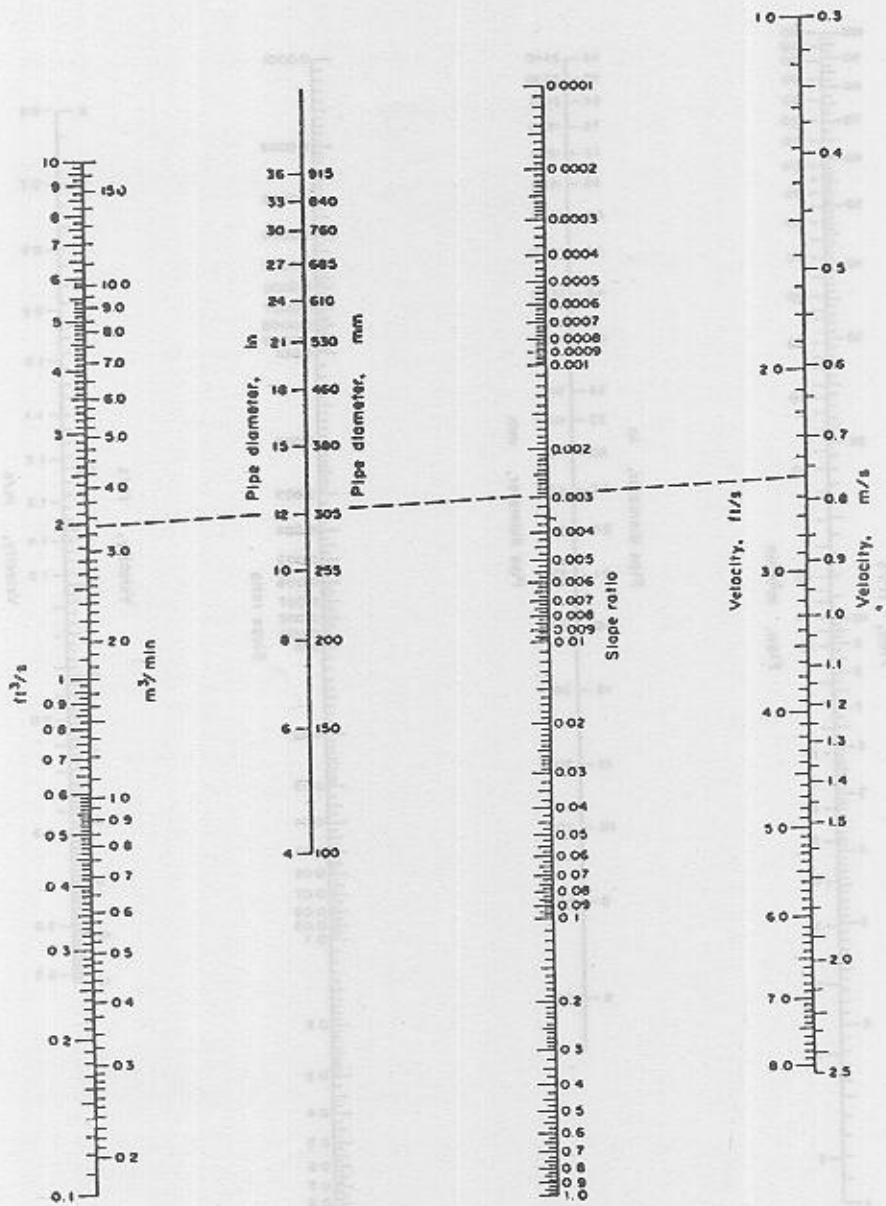
Viessman, W. & Hammer, M..J., Water Supply and Pollution Control. Harper and Row Pub.. New York, 4th Edi, 1985



شكل (٣-أ) رسم تخطيطي لحل صيغة مانتج لأنابيب دائرة ممتلئة n = ٠,٠١٣

المصدر :

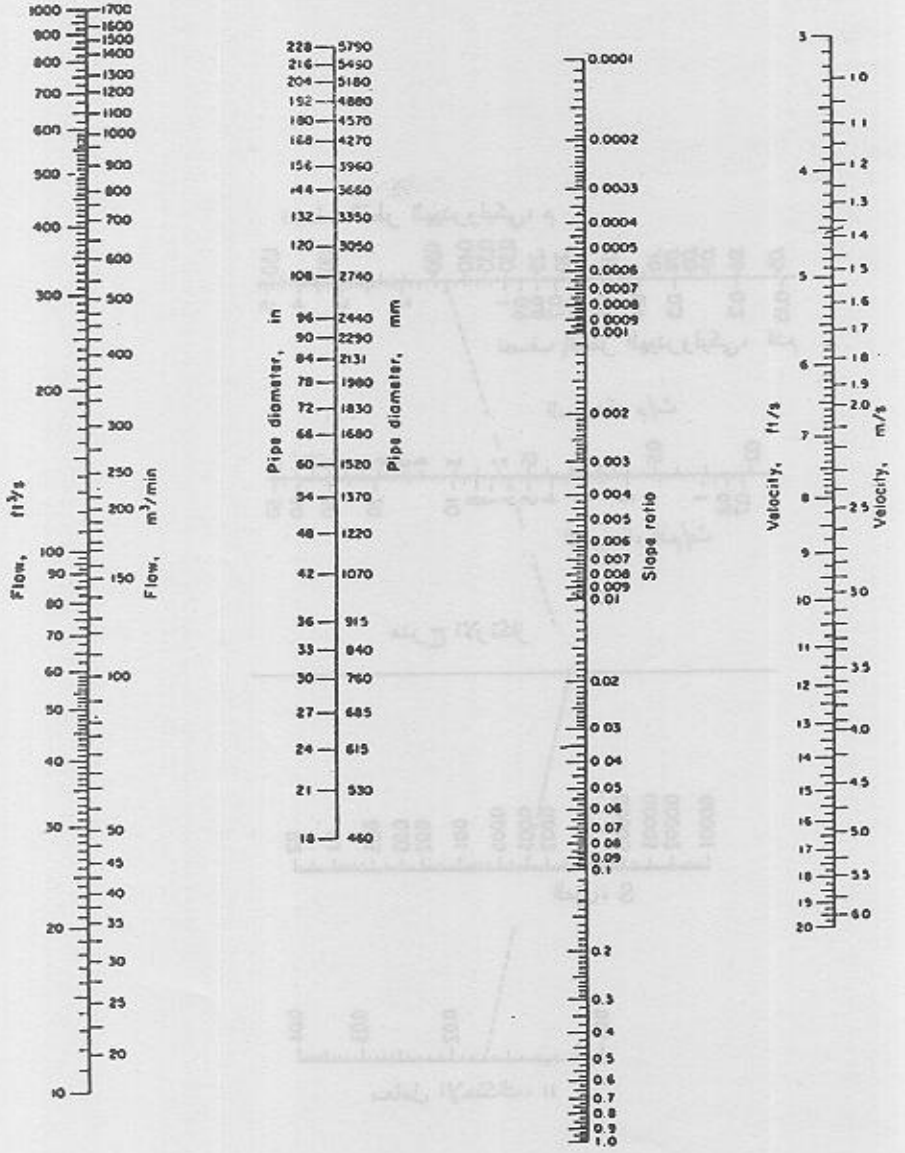
Steel E.W. and McGhee, T.J Water Supply and Sewerage, McGraw - Hill Intern. Book Co., 5th Ed., 1984



شكل (٣-ب) رسم تخطيطي لحل صيغة ماننج لأنابيب دائرة ممتلئة n = ٠,٠١٣

المصدر :

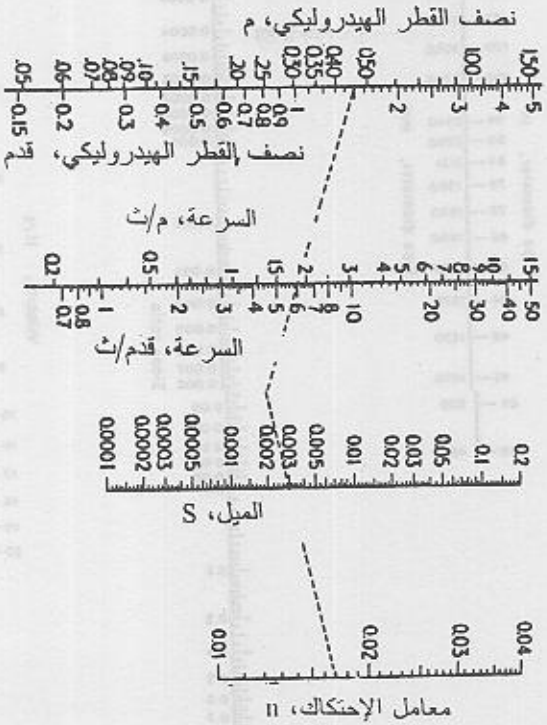
Steel E.W. and McGhee, T.J Water Supply and Sewerage, McGraw - Hill Intern
Book Co., 5th Ed., 1984



شكل (٣-ج) رسم تخطيطي لحل صيغة مانتج لأنابيب دائرة ممتلئة n = ٠,٠١٣

المصدر:

Steel E.W. and McGhee, T.J Water Supply and Sewerage, McGraw - Hill Intern. Book Co., 5th Ed., 1984



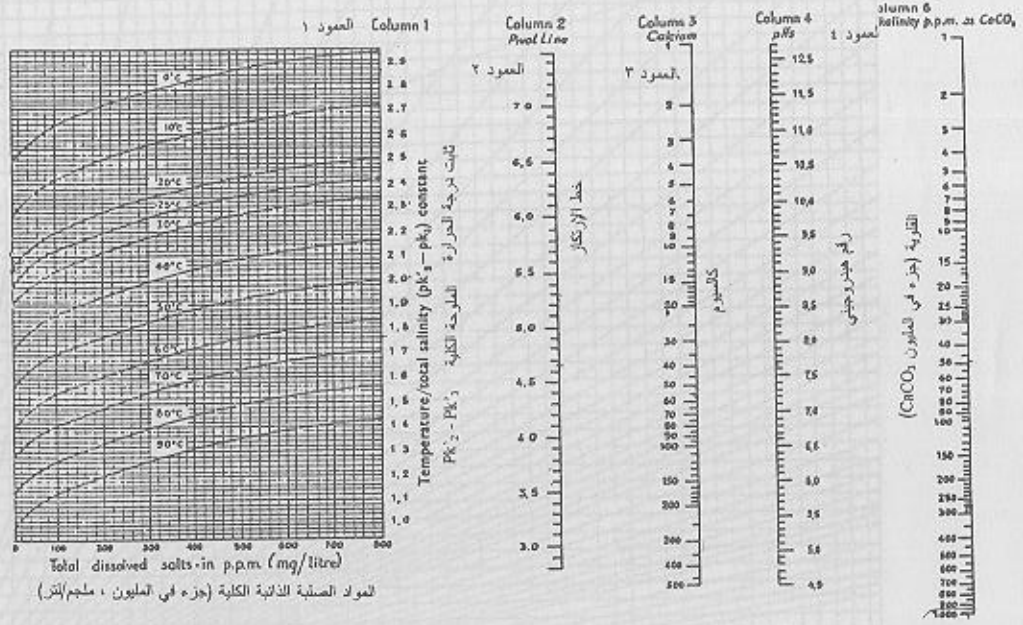
شكل (٤) بياني معادلة مبني على صيغة مانننج

المصدر :

Steel E.W. and McGhee, T.J Water Supply and Sewerage, McGraw - Hill Intern. Book Co., 5th Ed., 1984

شكل (٥) رسم بياني وبياني معادلة صممه هوفر لإيجاد رقم هيدروجيني التشبع
ومعامل تشبع الماء طبقاً لصيغة لانقلير (مصحح لقيم رقم هيدروجيني بين ٧ إلى ٩,٥)

شكل (٦) منحنى تلمان



كيفية استخدام الرسم:

أ. حدد على العمود (ج) المواد الصلبة الكلية المعلومة وذلك باختيار منحنى درجة الحرارة المناسب.

ب. ارسم خط مستقيم م المعلوم، وحدد النقطة التي يقطع عندها هذا الخط عمود ٢.

ت. ارسم خط مستقيم ل (عمود ٢) مع النقطة عند عمود ٥ المماثلة للقلوية المعلومة.

اقرأ قيمة رقم هيدروجيني المقاسة ورقم هيدروجيني التشبع

ث. يعبر معامل التشبع/جيني المقاسة ورقم هيدروجيني التشبع

البيانات المطلوبة لإيجاد قيمة رقم هيدروجيني التشبع :

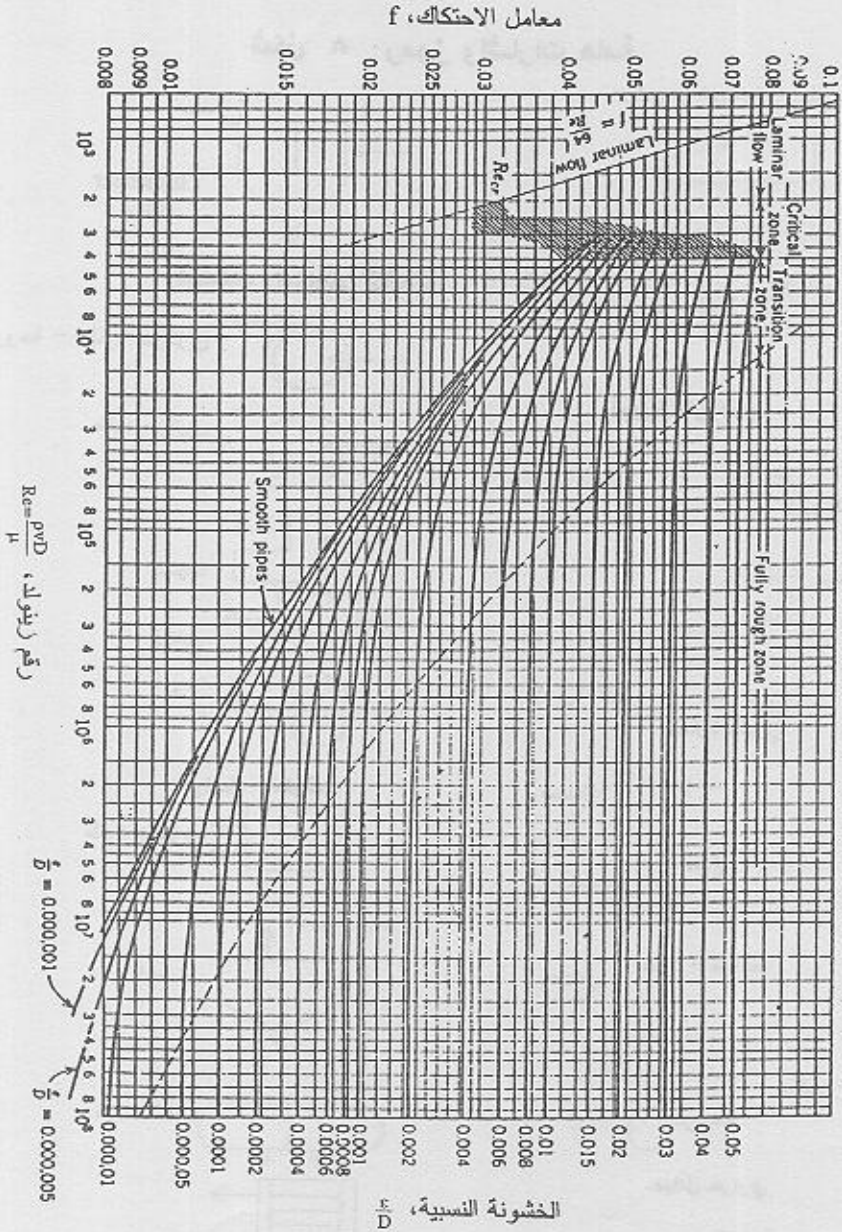
(أ) القلوية الكلية مقدرة كجزء في المليون كربونات كالسيوم .

(ب) الكالسيوم مقدر بجزء في المليون كالسيوم .

(جـ) المواد الصلبة الكلية كجزء في المليون .

(د) درجة الحرارة (°م) المطلوب عندها رقم هيدروجيني التشبع .

شكل (٦) منحنى تلمان

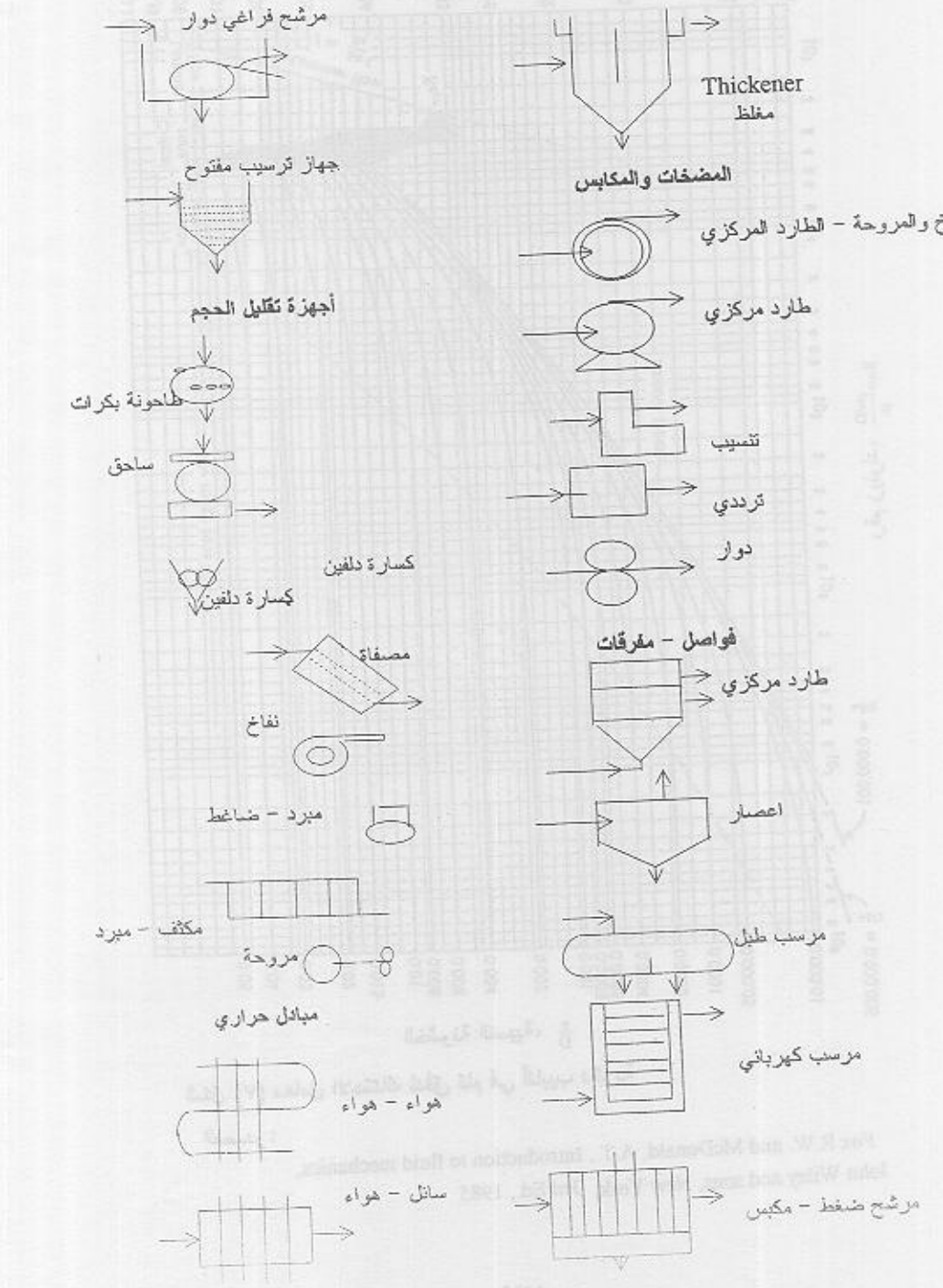


شكل (٧) معامل الاحتكاك لدفق تام في أنابيب دائرية

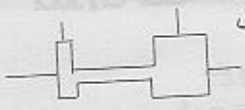
المصدر:

Fox R.W. and McDonald, A.T., Introduction to fluid mechanics, John Wiley and sons, New York, 3rd Ed., 1985

شكل ٨ رموز واشارات هامة



تابع رموز واشارات هامة


سائل – سائل

فوهة – تحكم دفق

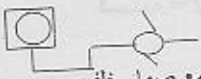
مضخة – سائل

CO

مخرج نظافة

مصرف أرضي

FD


مرف أرضي مع صمام خلفي

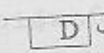
مصرف سقفي

RD

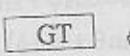
بئر جاف

مصرف أمامي – موجه

غرفة تفتيش



مجفف



مصيدة شحوم

مقدمة خرطوم

عداد

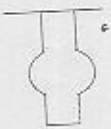
منفذ غاز

منفذ مفرغ

حوض سفلي للسطح

رأس دش

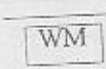
مبولة


مبولة نساء

مبولة مشاة

مبولة قائمة

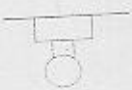
مبولة حائطية



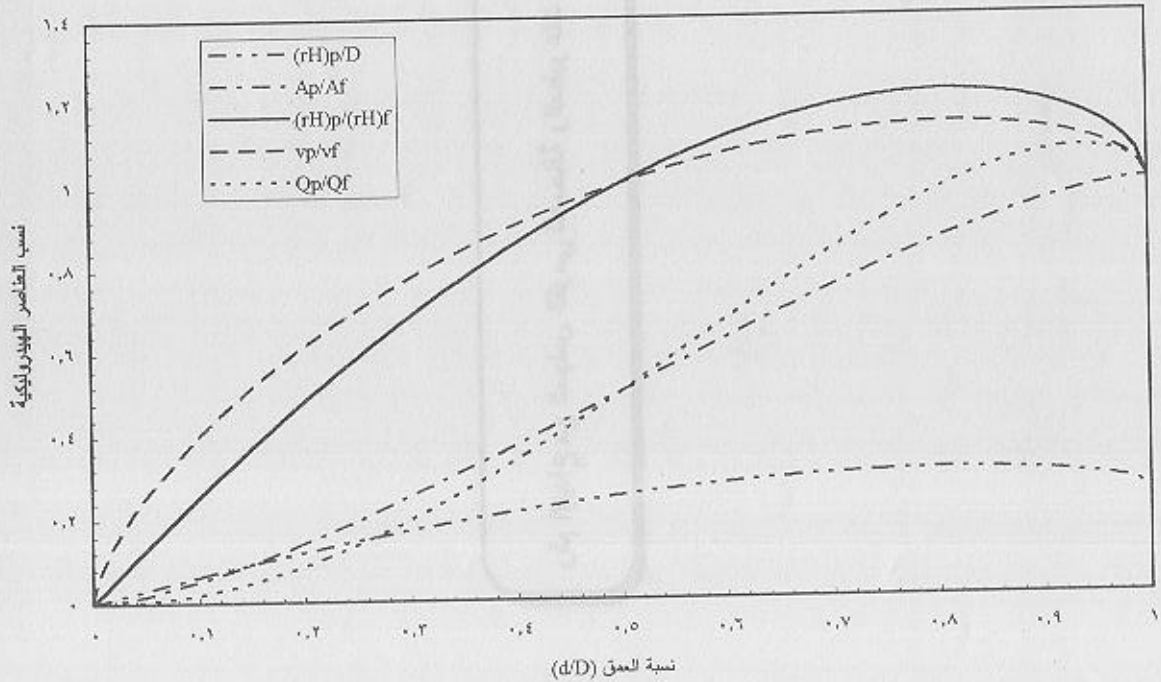
غسالة

دورة مياه

صمام شفط لدورة مياه


حوض دورة مياه

شكل (١٠) العناصر الهيدروليكية لقطع دائري



عن المؤلف

دكتور مهندس عصام محمد عبد الماجد أحمد

لريف السوداني فى ١٩ يوليو ١٩٥٢ م.

ة، والمتوسط بأبي حراز، والثانوي برفاعة.

مدنية بجامعة الخرطوم (السودان) بمرتبة الشرف

ة بادوفا (إيطاليا).

دسة البيئية من جامعة دلفت (هولندا).

البيئية من جامعة استراثكلايد (بريطانيا).

اق علمية متخصصة وكتب دراسية ومنهجية و

وم (الخرطوم)، والأمارات العربية المتحدة (الع

ان الإسلامية (أم درمان)، وجامعة السودان للعل

ا.

عن المؤلف

بروفيسور دكتور مهندس عصام محمد عبد الماجد أحمد

- من مواليد مدينة رفاعة بالريف السوداني فى ١٩ يوليو ١٩٥٢ م.
- تلقى تعليمه الأولي برفاعة، والمتوسط بأبي حراز، والثانوي برفاعة.
- تخرج من قسم الهندسة المدنية بجامعة الخرطوم (السودان) بمرتبة الشرف الأولى.
- نال دبلوم الرى من جامعة بادوفا (إيطاليا).
- حصل على ماجستير الهندسة البيئية من جامعة دلفت (هولندا).
- نال الدكتوراة فى الهندسة البيئية من جامعة استراثكلايد (بريطانيا).
- للمؤلف عدة بحوث وأوراق علمية متخصصة وكتب دراسية ومنهجية ومراجع (باللغتين العربية والإنكليزية).
- عمل فى جامعات: الخرطوم (الخرطوم)، والأمارات العربية المتحدة (العين)، والسلطان قابوس (مسقط)، وأم درمان الإسلامية (أم درمان)، وجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا (الخرطوم)، وجامعة جوبا.