كلية الهندسة
جامعة أسوان

Wastewater Engineering
Stabilization Ponds

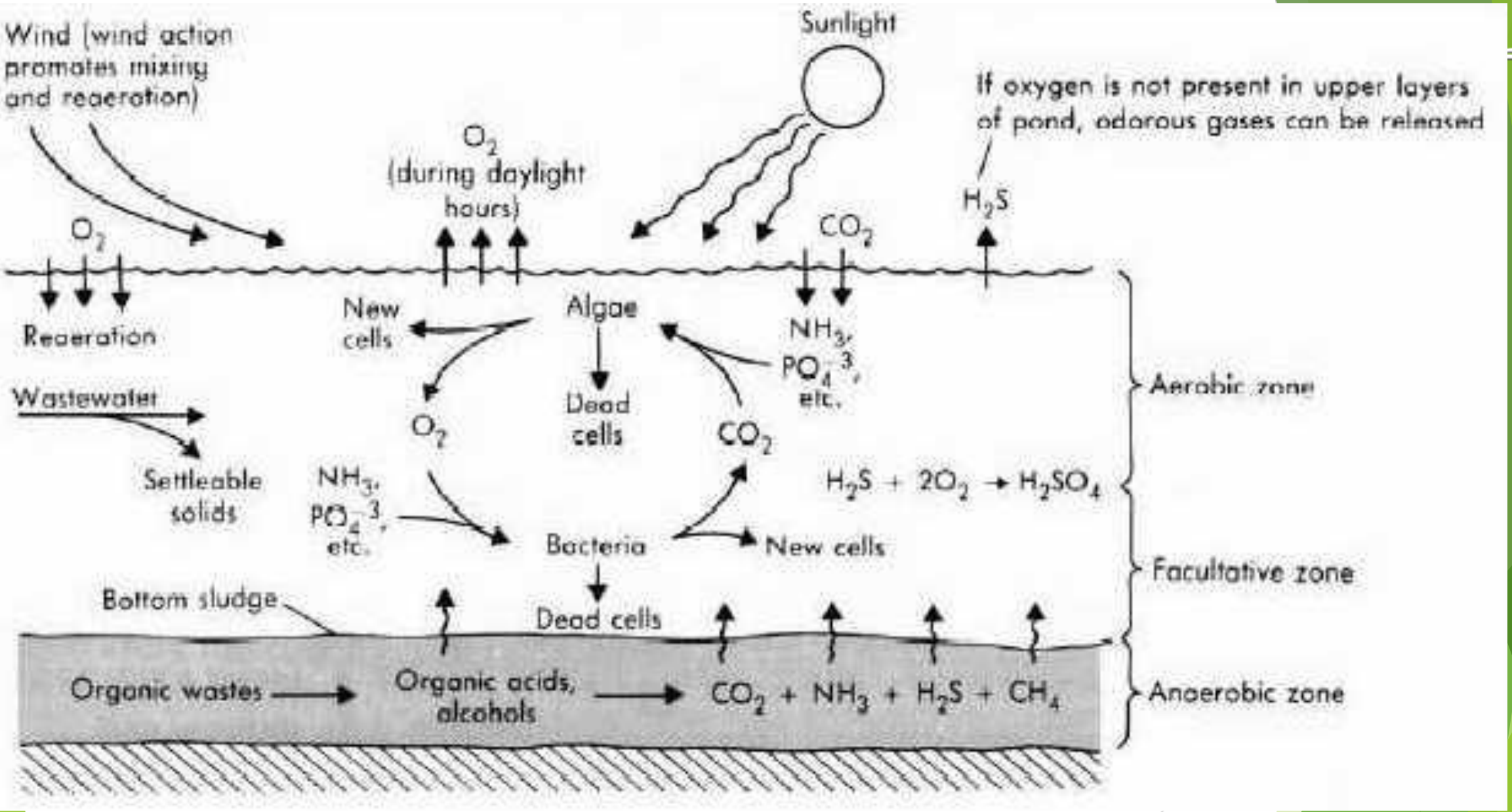
Collected BY

Dr. Mohamed Fekry

تعتبر بحيرات الأكسدة أبسط الطرق لمعالجة مياه الصرف الصحى والمخلفات الصناعية . وتنشأ هذه البحيرات بطرق هندسية بسيطة لا تتعدى فى بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية ويكون عمقها صغير ومساحتها كبيرة. وتتم المعالجة فى هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا بالاستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً فى مياه الصرف الصحى وهناك نشاط متكامل بين البكتريا والطحالب ، فالبكتريا الهوائية تستخدم الأكسجين الذائب فى المياه لأكسدة المواد العضوية وينتج من هذه الأكسدة مواد عضوية مثبتة وثانى أكسيد الكربون ، والطحالب بدورها تستخدم ثانى أكسيد الكربون مع بعض الأملاح فى تخليقها الضوئى بمساعدة أشعة الشمس وتعطى أكسجين ذائب وهو من احتياجات البكتريا.

ويتم تثبيت المواد العضوية بواسطة التفاعلات الهوائية واللاهوائية معا، فالطبقات العليا التى يمكن ان تنفذ خلالها أشعة الشمس تنشط فيها الطحالب وتعطى المياه أكسجين ذائب تستخدمه البكتريا الهوائية فى تثبيت المواد العضوية اما الطبقات السفلى من البحيرات والتى لاتصل اليه أشعة الشمس فهى أيضا منطقة ترسب فيها المواد العالقة وينشط فيها التفاعلات اللاهوائية لتثبيت المواد العضوية بهذه الرواسب.

وعلى ذلك فلا يتم تثبيت المواد العضوية فى الطبقات السطحية فقط ولكن نسبة من هذه المواد يتم تثبيتها بواسطة البكتريا اللاهوائية. وتلعب الطبقة السطحية الغنية بالإكسجين دورا هاما إضافيا علاوة على الأكسدة الهوائية للمواد العضوية بها وهو التحكم فى نواتج التفاعلات اللاهوائية التى تحدث فى القاع ومنها الغازات الكريهة والأحماض العضوية.


Wind (wind action promotes mixing and reaeration)
Sunlight
If oxygen is not present in upper layers of pond, odorous gases can be released
O_2 (during daylight hours)
H_2S
O_2
CO_2
Reaeration
New cells
Algae
NH_3, PO_4^{-3}, etc.
Wastewater
Dead cells
O_2
CO_2
Settleable solids
NH_3, PO_4^{-3}, etc.
$H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4$
Bacteria
New cells
Aerobic zone
Facultative zone
Bottom sludge
Dead cells
Organic wastes
Organic acids, alcohols
$CO_2 + NH_3 + H_2S + CH_4$
Anaerobic zone

انواع بحيرات الاكسده

1. بحيرات أكسدة لا هوائية.....Anaerobic Ponds
2. بحيرات أكسدة هوائية - لاهوائية .....Facultative Ponds
3. بحيرات أكسدة هوائية لتحسين خواص المياه.....Maturation Ponds

يمكن استخدام هذه الطريقة فى الحالات الآتية :-

- المناطق التى يوجد فيها مساحات شاسعة من الأراضى بسعر رخيص.
- عدم توافر الاعتمادات اللازمة لطرق المعالجة التقليدية المكلفة.
- عدم توافر الخبرة والعمالة المدربة لتشغيل الطرق الأخرى.

العوامل التى تؤثر فى كفاءة العملية

(1) **درجة الحرارة:** يتضاعف التفاعل الكيميائى الناتج عن نشاط البكتريا عندما ترتفع درجة الحرارة عشر درجات مئوية ولكن خلال حدود معينة يمكن أن تعيش وتنشط فيها هذه الكائنات الحية الدقيقة.

(2) الرياح ....Wind Effect: تساعد الرياح فى عملية خلط محتويات البحيرة ، وبالتالى زيادة كفاءتها ولذلك يجب عند تصميم البحيرات تعرض جميع مسطحاتها للرياح السائدة على مدار العام ، فإذا زادت حركة سطح المياه بفعل الرياح وزاد خلط طبقة السطح مع الطبقات السفلى ، يساعد ذلك على سرعة امتصاص الأكسجين من الهواء الجوى.

(3) الأس الإيدروجينى : افضل مجال pH لمعظم البكتريا تكون بين 6.5 ، 8 .

(4) العناصر المطلوبة لكى تقوم البكتريا بنشاط وتشمل :Carbon/Nitrogen/Phosphorous وبعض المواد الأخرى مثل الكالسيوم والماغنسيوم . وفى المخلفات الصناعية يجب الحفاظ على نسبة النتروجين والفوسفور بالنسبة للBOD لتكون النسبة .....C/N/P ratio = 100/5/1

(5) الأكسجين الذائب DO

تحتوى مياه بحيرات الأكسدة عادة على أكسجين ذائب فى حدود (10 إلى 25)% من درجة التشبع ، ويعتمد تركيز الأكسجين الذائب على عمق البحيرة ، ودرجة العكارة وعدد الساعات اليومية التى يصل فيها الضوء إلى البحيرة بالكثافة المناسبة. وتحول الحمل العضوى عادة إلى خلايا طحلبية حية

(6) الخلايا الطحلبية .....Algal Cells:

والطحالب نباتات مجهرية تعيش بالتخليق الضوئى وليس لها جذور أو ساق أو أوراق . وتتواجد فى المياه من خلية واحدة تكسب المياه لوناً أخضر . وتتواجد ايضاً فى أشكال مرئية متشبعة متصلة بلون يميل إلى الخضرة.

٢- البحيرات اللا هوائية Anaerobic Ponds

لاتعتمد على الطحالب وتنشأ قبل البحيرات الهوائية واللاهوائية لخفض تركيز الأكسوجين الحيوى المستهلك بنسبة تتراوح بين ٥٠ ، ٧٠٪ عمق المياه يتراوح بين ٢ – ٤ متر ويؤخذ ٣ متر والعامل المؤثر فى تصميم هذه البحيرات هو درجة الحرارة، مدة المكث بالبحيرات يتراوح من ٣ – ٥ أيام وتؤخذ ٣ أيام حتى لاتتحول البحيرات الي هوائية لاهوائية ، وفى هذه البحيرات يزيد نشاط البكتريا اللاهوائية وينتج من تحليل المواد العضوية بالقاع غاز الميثان وثانى أكسيد الكربون التى تساعد على تحريك ومزج الرواسب الأن هذه الغازات تحمل معها لسطح البحيرات المواد المترسبة والتي يحتمل هروبها مع المياة الخارجة من البحيرات وكذلك تتكون طبقة من المواد الطافية على سطح البحيرة تكون مصدر للذباب والروائح الكريهة.

٣- بحيرات أكسدة هوائية لا هوائية (إختيارية) Facultative Ponds

تنشأ هذه البحيرات بعمق يتراوح بين ١ الى ٢ متر ويؤخذ عادة ١ر٥ متر وبمساحة كبيرة تسمح ببقاء المياه فيها لعدة أيام يتم خلالها أكسدة للمواد العضوية تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة وتساعد فيها الخلايا الطحلبية التى تمد الطبقات العليا للمياه بالأكسجين بالإستعانة بأشاعة الشمس وهو مايسمى بالتمثيل الكلوروفيلى .

ويتم تثبيت المواد العضوية بواسطة البكتريا الى مواد غير عضوية مثبته وخلايا طحلبية تخرج فى مياه المجارى المعالجة و سميت بحيرات هوائية لاهوائية لان الطبقات السفلى ترسب فيها المواد الصلبة الرسوبية التى تقع تحت تأثير النشاط اللاهوائى فى حين أن الطبقات العلوية تقع تحت تأثير النشاط الهوائي حيث تصل أشعة الشمس لهذه الطبقات فتنمو الطحالب التى تعطى أكسجينا ذائبا فى هذه المنطقة.

٤- بحيرات النضج (إتمام الاكسدة)

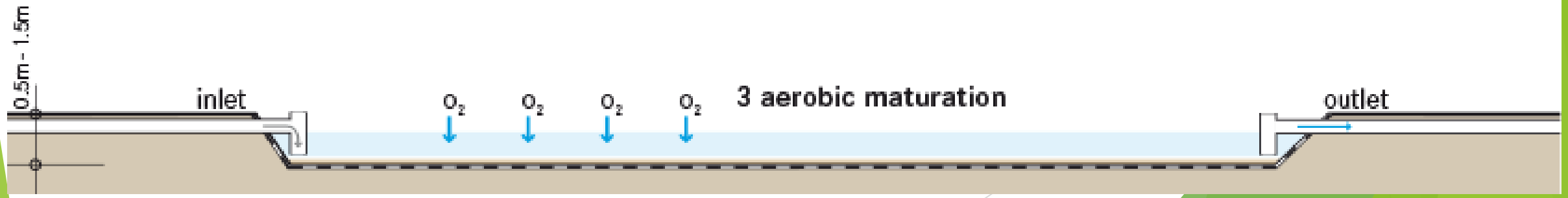
Maturation Ponds

وتستخدم هذه البحيرات لتحسين خواص المخلفات من الناحية البكتريولوجية والكيميائية وخاصة البكتريا الضارة والفيروسات الموجودة بالمخلفات السائلة وتتراوح عمق المياه بها من ١ - ٥ر١ متر حيث أن معدل القضاء على البكتريا الضارة يكون أكبر فى العمق الأصغر نظرا لفاعلية الشمس ومدة المكث بها حوالى ٧ أيام وتكون عبارة عن ثلاثة وحدات مدة المكث فى كل وحدة يومين.

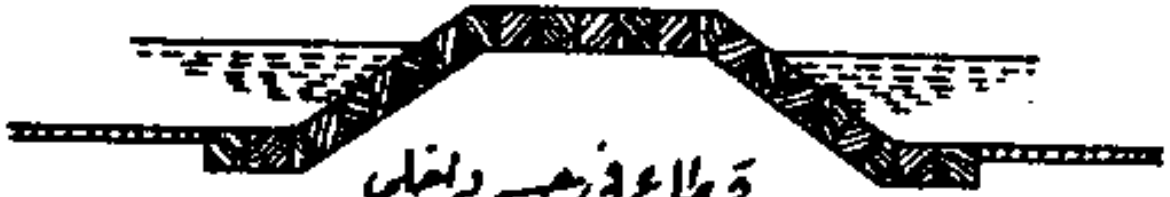
1 anaerobic
2 facultative
3 aerobic maturation

inlet
1 anaerobic
outlet
2m - 5m
liner
sludge

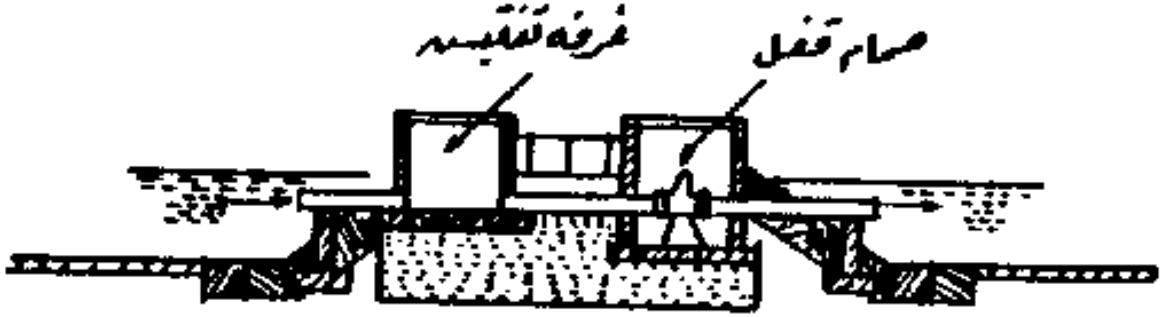
inlet
O_2 O_2 O_2 O_2
2 facultative
outlet
1m - 2.5m
sludge


0.5m - 1.5m
inlet
O_2 O_2 O_2 O_2
3 aerobic maturation
outlet

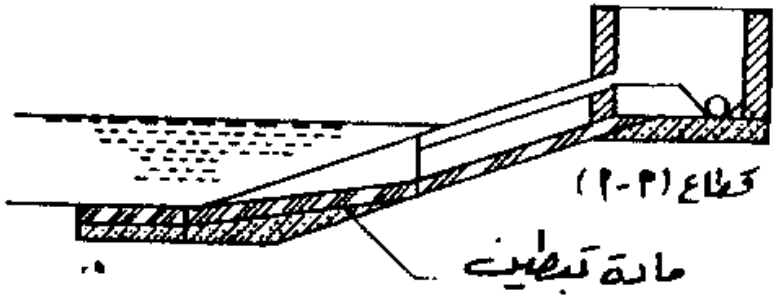
قطاع في جسر خارجي

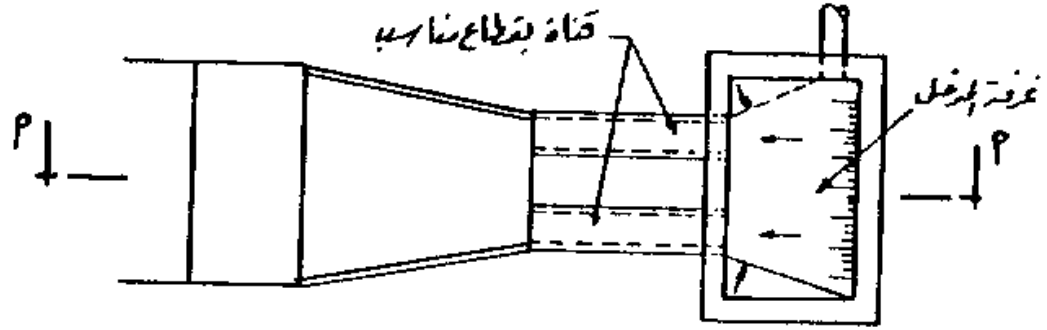


قطاع في جسر داخلي

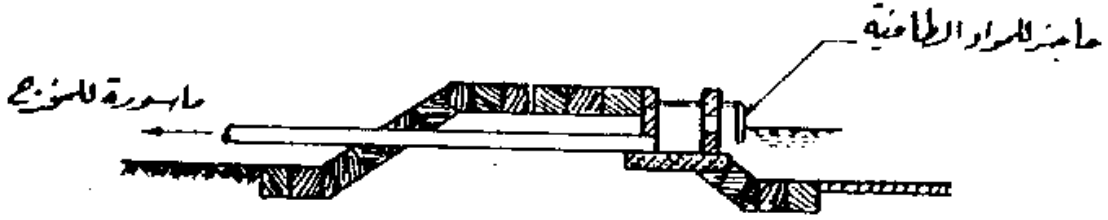


وصلة بين الجيران





مسقط أفقي
مدخل للبحيرات الكبيرة



شكل رقم (٢-٢٤) : تفاصيل بحيرات الأكسدة

٥- مكونات وأسس تصمم بحيرات الاكسدة

٥-١ بحيرات الاكسدة اللا هوائية : Anaerobic ponds

- مدة المكث فى بحيرة الأكسدة اللاهوائية تتراوح من ٣ر٠٠ يوما الى ٤ر٠٠ يوما.
- معدل إزالة المواد العضوية :(BOD_5)

١ر٠٠ يوما نسبة ٥٠٪

٢ر٥٠ يوما نسبة ٦٠٪

٥ر٠٠ يوما نسبة ٧٠٪

وتؤخذ هذه النسب من الإزالة عند درجات حرارة متوسطة للمياه فى البحيرة .

لمعرفة تركيز BOD الخارج من البحيرات اللاهوائية

$$BODo = \frac{BODi}{t\,KT\,(BODo/BODi)^{4.8} + 1}$$

t = HRT

K_T = ثابت التلاشى او ثابت تقليل الحمل العضوى فى البحيرات اللاهوائية

K_T = constant = 6 (1.085)^T-20

- عمق المياه فى بحيرة الأكسدة اللا هوائية يتراوح من ٢ر٥٠ مترا الى ٥ر٠٠ مترا أعلى من ٢٠ م . ويتوقف ذلك على مساحة الأرض المتاحة لذلك كما يلزم إضافة عمق آخر للرواسب.
- الحمل العضوى ($B.O.D_5$) يتراوح من ١٢٥ر. كيلوجرا للمتر المكعب فى اليوم الى ٣ر٠ كيلوجرام للمتر المكعب فى اليوم .
- فى حالة زيادة الحمل العضوى عن ٤ر٠ كيلوجرام ($B.O.D5$) للمتر المكعب فى اليوم تظهر الروائح الكريهة.

معدل تجميع الرواسب يتراوح من ٣ر٠ متر مكعب للشخص فى السنة الى ٤ر٠ متر مكعب للشخص فى السنة.

- كما يلزم تفريغ بحيرة الأكسدة اللاهوائية من الرواسب عندما يبلغ عمق هذه الرواسب حوالى نصف عمق البحيرة.
- يلزم أن يكون نسبة طول البحيرة الى عرضها يتراوح من ٢ : ١ الى ٣ : ١.

- تكون جوانب بحيرة الأكسدة اللاهوائية أو جسورها بميل ١ر٥ أو ٢ر٠٠ أو ٣ر٠٠ أو ٤ر٠٠ الى ١ر٠٠ كما تعمل بلاطة خرسانية على الجوانب عند سطح المياه لمقاومة حركة المياه بواسطة الرياح ، ولعدم نمو الأعشاب والحشائش ولعدم وجود الباعوض.
- يتم تبطين الجوانب بإستخدام ألواح البولى إيثيلين أو الدبش ، أو الخرسانة العادية ، أو بلاطات خرسانية.
- يتم تبطين القاع عندما تثبت التجارب أن ذرات التربة خشنة أما فى الحالة العادية فإن المواد الصلبة تقفل مسام التربة.

ويكون تبطين القاع فى حالة الإحتياج إليه من الآتى :

* ١٠ سنتيمترا من الطين المضغوط.
* أو من ألواح البولى ايثيلن أو الڤينيل .
* أو خليط روبة مع الأسمنت.

- تكون الجسور أعلى من سطح المياه بمقدار حوالى ١ر٠٠ مترا لمقاومة حركة المياه بواسطة الرياح.
- فى حالة عمل هدارات بين البحيرات يكون عرض الهدار حوالى ٣ر٠٠ مترا.

Facultative Ponds

٥-٢- بحيرات الاكسدة الإختيارية

- هى بحيرات الأكسدة الهوائية – اللاهوائية.
- يلزم أن يكون نسبة طول البحيرة الى عرضها يتراوح من ٢ : ١ الى ٣ : ١ .
- عمق المياه فى بحيرة الأكسدة الإختيارية يتراوح من ١ر٥٠ مترا الى ٢ر٠٠ مترا.
- الحمل العضوى (B.O.D 5) يتراوح من ٢٠٠ كيلوجرام للهكتار فى اليوم الى ٣٠٠ كيلو جرام للهكتار فى اليوم .

$$\text{- Area} = \frac{Q \times t}{D}$$

Where : Q = Flow in m^3 / day

t = Retention time in days

D = Depth of water in Pond (m)

زمن المكث 15 - 30 يوم
الكفاءة فى ازالة الحمل العضوى من 70 -95 %

لمعرفة تركيز BOD الخارج من البحيرات المترددة (الاختيارية)

$$BODo = \frac{BODi}{t\,KT + 1}$$

t = HRT

ثابت التلاشى او ثابت تقليل الحمل العضوى فى البحيرات المترددة K_T =

K_T = constant = 1.2 (1.085)^T-35

- Asian Institute of Technology Method

$Ls = 8 \times 1.054^{T}$ (1)

Ls = permissible load of $B.O.D_5$ In effluent

kg/hectare / day

$T_f=(T_c * 1.8)/32$
$T_c=5/9\ (T_f-32)$
$T_k=T_c+273$

T = temperature in (F^o)

$t = 10 \times D \frac{Li}{Ls}$ (11)

Where :

t = detention time in days

Li = influent B.O.D. mg/litre

Ls = allowed B.O.D. load kg/hectare In effluent

D = depth of water in pond in metres

Another Modified Formula :

$$t = \frac{Li - 60}{18 \times 1.05^{T-20}}$$

where :

Li = Influent B.O.D. mg/litre

T = Temperature in (^{o}C)

60 = 60 mg/litre, the allowed B.O.D. in effluent

Design Based on Mean Temperature of Coldest Month :

$$1 - A = \frac{Q\,(Li - Le)}{18D\,(1.05)^{T-20}}$$

Where :

A = Area in m^2

Q = m^3 Per day

Li = B.O.D5 of incoming liquor in mg/litre

Le = $B.O.D_5$ effluent

T = Mean temperature of coldest month in ^{o}C

D = depth of water in pond in metres

2- Empirical Method:

$$A = \frac{Li \times Q}{2T - 12}$$

Where :

A = area m^2

Li = B.O.d_5 mg/litre

Q = daily flow m3/day

T = temperature in (^{o}F)

(average of coldest month)

٣-٥ بحيرات إتمام الاكسدة Maturation ponds

- تستعمل برك الإنضاج لإزالة العوامل الممرضة كبعض أنواع الجراثيم والعفن fungi والحيوانات وحيدة الخلية protozoa والفيروسات . وكذلك لابد من استخدامها عند رستعمال السيب الخارج من البحيرات فى الرى .

وعندما تكون كل البرك متساوية فى الحجم ومدد المكث وهذا يحدث فى أغلب الحالات فإنه يتم تصميم برك الإنضاج بإستخدام المعادلة الآتية :

زمن المكث 3 - 10 يوم
عمق المياه 1 -1.5 متر

$$\frac{\text{العدد الجرثومى بعد مدة المكث باليوم}}{\text{العدد الجرثومى فى التصرفات الداخلة}} = \frac{1}{(\text{ثابت التلاشى } k \times \text{مدة المكث} + 1)^{n}}$$

$$\left(\frac{N_I}{N_E}\right)^{-1} = \frac{1}{(kR+1)^{n}}$$

حيث :

N_I : العدد الجرثومى فى التصرفات الداخلة .

N_E : العدد الجرثومى فى التصرفات الخارجة بعد مدة المكث باليوم .

k : ثابت تلاشى أو فناء الكائنات فى اليوم .

R : مدة المكث باليوم .

n : عدد البحيرات على التوالى .

كيفية إختيار قيم العوامل التصميمية لبرك الإنضاج :

N_I : يقدر العدد الأكثر إحتمالاً لمجموعة القولونيات البرازية التى يعتمد أساساً عليها فى تصميم برك الإنضاج فى التصرفات الداخلة بمقدار ٢ر٤ × ١٠^٨ بكتريا قولونية (E - coli) لكل ١٠٠ ملليمتروبينما تكون إزالة القولونيات فى البرك اللاهوائية لا تذكر ، وتكون الإزالة فى البرك الإختبارية ٩٩٪ ، ويكون البخر ١٠٪ من حجم المياه فى البركة الإختيارية فيبقى ٩٠٪ ، وبهذا تكون القولونيات الداخلة للبركة الأولى من برك الإنضاج طبقاً للآتى :

٢ر٤ × ١٠^٨ × $\frac{(1-99ر)}{9ر}$ = ٤ر٧ × ١٠^٦ بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر.

يؤخذ N_I يساوى ٤ر٧ × ١٠^٦ بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر.

NE : تؤخذ أقل من ٢ × ١٠^{٣} بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر .

وتتوقف على دراسة إعادة استخدام السيب الخارج من البرك .

k` : عندما تكون مجموعة القولونيات البرازية هى أساس التصميم فيؤخذ ثابت التلاشى = -ر٢ وهذا المعامل يعتمد على درجة الحرارة وهذه القيمة تؤخذ عند تصميم البرك عند $T - 20^{o}$ وعند تغيير درجة الحرارة تطبق المعادلة الآتية :

$$\frac{\text{ثابت التلاشى عند درجة حرارة } {}^{o}T}{\text{ثابت التلاشى عند درجة حرارة ٢٠° س}} = \text{معامل درجة الحرارة } (T - ٢٠)^{\circ} \text{ س .}$$

$$\frac{K`_{T}}{K`_{20}} = \theta\ (T - 20)$$

وتؤخذ θ = ١ر٠٧ .

R : مدة المكث باليوم وتؤخذ ما بين ثلاثة وعشرة أيام وفى حالة وجود بركة واحدة فلا تقل مدة المكث عن خمسة أيام .

وبعد إختيار قيم العوامل التصميمية السابقة يتم فرض قيم لعدد البرك على التوالى ويتم إختيار عدد البرك التى تحقق العدد الجرثومى فى التصرفات الخارجة بعد مدة المكث بأقل من ٢× ١٠^{٣} بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر .

ويحسب حجم البركة بضرب مدة المكث فى التصرف ويتم تكرار عدد البرك على التوالى حسب عدد البرك المختار .

ملحوظـة :

١ - يؤخذ عمق المياه للبرك الإنضاج يساوى واحد متراً .

٢ - عند الأخذ فى الاعتبـار أن العـدد الجرثومـى المحتمـل فى التصرفات الداخلة

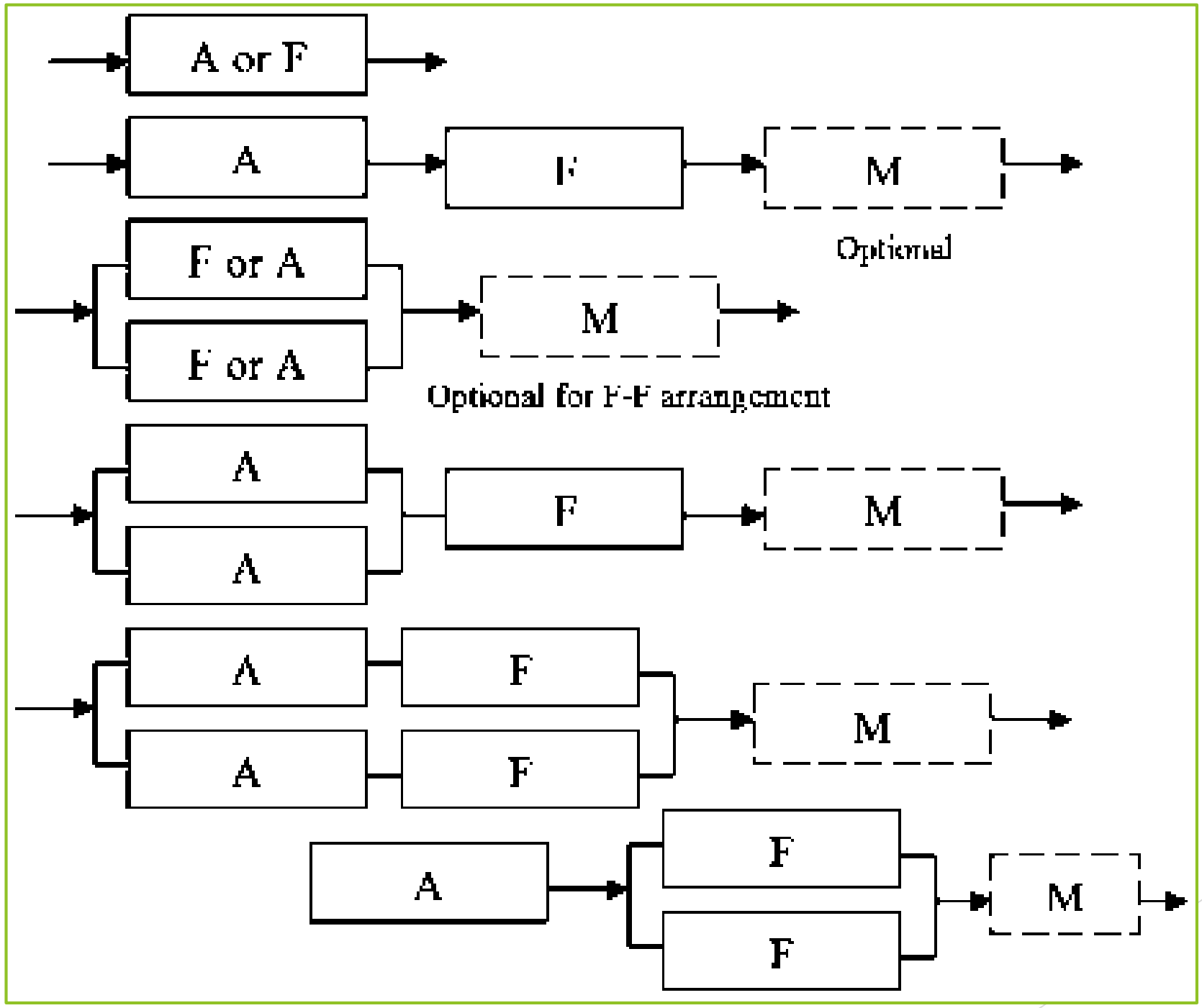
= ٤ر٧ × ١٠^٦ بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر .

وكذلك العدد الجرثومى فى التصرفات الخارجة

< ٢ × ١٠^٣ بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر

يتم اختيار مدة المكث (R) وعدد البرك (n) طبقاً للجدول التالى :

عدد البرك (n)	١	٢	٣	٤	٥
مدة المكث (R) (اليوم)	١١٧٥	٢٣ر٧	٦ر١٥	٢ر٩٨	١ر٩٦


A or F
A
F
M
Optional
F or A
F or A
M
Optional for F-F arrangement
A
A
F
M
A
A
F
F
M
A
F
F
M

Google Earth
File Edit View Tools Add Help
Search
Places
My Places
Sightseeing Tour
Make sure 3D Buildings layer is checked
Temporary Places
Sign in
Layers
Earth Gallery
Primary Database
Voyager
Borders and Labels
Places
Photos
Roads
3D Buildings
Ocean
Weather
Gallery
Global Awareness
More
© 2016 Google
© 2016 ORION-ME
Image © 2016 CNES / Astrium
Google Earth
Tour Guide
2004
Imagery Date: 3/7/2016 26°15'26.80" N 31°47'50.35" E elev 99 m eye alt 1.16 km
100%
22:23
17/12/2016

Any questions?