مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research -Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

تقييم كفاءة نظم المعالجة الطبيعية لمياه الصرف الصحي بطريقة بحيرات الأكسدة

- حالة دراسة: محطة السلمية في حماة -

الدكتور: عادل عوض*

الدكتور: هيثم شاهين**

إلهام بدور***

(قبل للنشر في 1998/8/23)

❐ ملخص ❐

تمّت دراسة محطة المعالجة ببحيرات الأكسدة لمياه الصرف الصحي في السلمية في محافظة حماة وهي الوحيدة في سورية، خلال الفترة (شباط 1996 وحتى آذار 1998) وذلك من النواحي الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية. وقد أعطى التقييم أن كفاءة محطة السلمية منخفضة بحيث لم تتجاوز في المعدل الوسطي وفي أفضل الشروط المناخية النسبة 55% من اجل الـBOD و51 % من اجل الـCOD و 96 % من اجل الـTC و FC. وهذا يعود إلى التحميل العضوي العالي للبحيرات حيث تراوح ما بين (415 كغ/هكتار. يوم) في الفترة الحارة، و(448كغ/هكتار. يوم) في الفترة الباردة. كما أن مدة البقاء الكلية كانت غير كافية فهي لم تتجاوز الـ19 يوماً في الفترة الحارة و18 يوماً في الفترة الباردة. كما أن كفاءة المحطة في التخفيض البكتريولوجي (F.C و T.C وبيوض الديدان) غير كافية ولاتحقق المعيار الجرثومي المطلوب عالمياً لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري الزراعي غير المقيد. لقد أعطى النموذج الأولي التجريبي الرائد لبحيرة الإنضاج ولمدة بقاء يومين تحسيناً إضافياً واضحاً لكفاءة المحطة. فقد ساهم النموذج المذكور في تحقيق إزالة إضافية أعظمية لـBOD بنسبة 58% ولـCOD بنسبة 35% ولـSS بنسبة 28% ولـNH4 بنسبة 62% ولـPO4 بنسبة 51% ولـT.C بنسبة 91% ولـF.C بنسبة 86% وحققت بذلك المياه المعالجة المعايير المطلوبة لصلاحية استخدامها للري الزراعي غير المقيد.

---

*أستاذ – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

** أستاذ مساعد – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

*** طالبة ماجستير – – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research - Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

Evaluation of the Efficiency of Natural Wastewater Treatment Systems by Oxidation Ponds - Case Study: Salamieh Plant/Hama Region –

*Dr :Adel Awad
**Dr: Hytham Shaheen
***Post graduate Ilham Badour

(Accepted 23/8/1998)

❐ ABSTRACT ❐

The constructed naturial oxidation ponds for wastewater treatment in Salamieh, Hama Region, the only one in Syria, was studied from the physical, chemical and microbiological aspects during the period (February 1996 - March 1998). The evaluation showed low efficiency of Salamieh plant. The average in best climate conditions did not exceed 55% for BOD, 51% for COD and 96% for TC & FC, and this is due to the high organic load of the ponds which varies between (415kg/hectare. day) in hot period and (448 kg/hectare. day) in cold period. As well the total detention period was not sufficient as it did not exceed 19 days in hot period and 18 days in cold period. Moreover, the efficiency of the plant in bacteriology reduction (FC, TC and Helminths) was not sufficient so it did not reach the required international bacterial standard for reuse of the treated wastewater in irrigation of unrestricted crops. Also, the climate had its clear effect on the efficiency of biological treatment of the oxidation ponds. It was clear that the effectiveness of the ponds in the hot period (April - Oct.) was better than in the cold period (Nov. - March).The pilot experimental model of the maturation pond with a detention period of two days gave clear additional improvement about the efficiency of the plant. Said pilot unit had shared in maximum elimination of 58% of BOD, 35% of COD, 28% of SS, 62% of NH4, 51% of PH4, 91% of T.C and 86% of F.C thus the treated waste water reached the required standards for its suitability in the unrestricted agricultural irrigation.

*Prof : Department of Environmental Engg.Trishreen UniversityLattakia –Syria
**Associate Prof Department of Environmental Engg.Trishreen UniversityLattakia –Syria
***Post graduate : Department of Environmental Engg.Trishreen UniversityLattakia –Syria

1- المقدمة (Introduction)

لاقى موضوع إعادة الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة اهتماماً كبيراً في العقود الأخيرة، ويعود السبب الرئيس إلى النقص في موارد المياه العذبة خاصة في المناطق الجافة ونصف الجافة. لهذا فإن إعادة الاستفادة من المياه المعالجة تشكل جزءاً هاماً من الحلول الممكنة لمشكلة نقص المياه وبشكل رئيس للاستهلاك الزراعي [1] من ناحية كما تتيح للبلديات والتجمعات السكنية المعنية الفرصة للحد من التلوث الحاصل في حالات تصريف هذه المياه إلى مصادر مائية سطحية حساسة من ناحية اخرى.نذكر بأن اعادة الاستفادة من المياه المعالجة يخضع لمعايير وضوابط عالمية ومحلية[2و3].

لهذا فإن المعالجة المتكاملة لمياه الصرف الصحية البلدية عملية ضرورية لا بد من تحقيقها بتقنيات معالجة ملائمة من حيث الجودة والاقتصادية. ومن بينها تعتبر وحدات المعالجة بنظام بحيرات الأكسدة الطبيعية (Natural Waste Stabilization or Oxidation Ponds) من الطرق الفعالة والمنخفضة الكلفة في إزالة الملوثات الضارة بمختلف أنواعها خاصة الجرثومية الممرضة [4]. كما تعتبر مناسبة لتحقيق مياه معالجة بجودة عالية تصلح لإعادة استخدامها للأغراض الزراعية وغيرها [3].

تعتمد فعالية وكفاءة المعالجة بنظام بحيرات الأكسدة بشكل كبير على الظروف المناخية مثل الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة، تكرار وشدة الرياح المحلية، إلخ... حيث تؤثر هذه العوامل مباشرة على بيولوجية النظام. وطالما أن درجة الحرارة هي العامل الأساس لفعالية الكائنات الحية الدقيقة، فإن منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط التي تتصف بمناخ معتدل طوال العام، تمتلك فرصة الاستفادة من نظم بحيرات الأكسدة الطبيعية أو المهواة اصطناعياً لمعالجة مياه المجاري وبالكفاءة المثلى حتى تطهيرها [5].من مميزات هذه النظم أنها لا تحتاج، في استثمارها أو تشغيلها، إلى عمالة مدربة ماهرة أو مختصة، وهي تتكون بشكل عام من سلسلة أو عدة سلاسل متتالية لثلاثة أنواع من البحيرات (لاهوائية anaerobic – هوائية لاهوائية أو اختيارية facultative – إنضاج maturation) وتتراوح أعماقها عادة ما بين 1.1 وحتى 1.7 متراً. اما مدة البقاء الكلية فتتراوح ما بين 40 إلى 70 يوماً، وهذا يعني الحاجة إلى مساحات كبيرة تقدر بحدود 10 م2 لكل فرد [6].تؤكد جميع الأبحاث والدراسات العديدة جداً والمنشورة في مجال تقييم وتقويم نظم بحيرات الأكسدة الطبيعية لمعالجة مياه الصرف الصحي ، على فعالية واقتصادية هذه النظم (شرط توفر المساحات الضرورية). لذا نجد انها منتشرة بشكل ناجح وفعّال في عدة دول أوروبية متوسطية مثل أسبانيا – في جنوب شرقها [7]. و فرنسا خاصة جنوبها حيث يوجد ما يزيد عن (2000) وحدة معالجة بالنظم المذكورة منذ الثمانينات [8]. تستخدم هذه النظم لمعالجة مياه الصرف الصحي من التجمعات السكانية الصغيرة والكبيرة، والعديد منها مصمم لمعالجة مياه الصرف الصحي للمناطق السياحية.

كما انتشرت نظم المعالجة الطبيعية المذكورة (أو المهواة اصطناعياً) في بلدان صناعية أخرى، كالولايات المتحدة الأميركية في كاليفورنيا هي تتميز بمعاييرها الحازمة والخاصة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للأغراض الزراعية [9]، وطبقاً لمعطيات وكالة حماية البيئة الأميركية لعام 1980، هناك تقريباً (7000) وحدة معالجة بنظام بحيرات الأكسدة في أميركا [10]. في ألمانيا ايضاً يوجد عدة مئات من المحطات التي تعمل بنظام بحيرات الأكسدة لمعالجة مياه الصرف الصحي الناتجة عن تجمعات سكانية صغيرة وهي إما بحيرات اختيارية أي هوائية – لاهوائية (Facultative ponds) أو بحيرات مهواة اصطناعياً (Aerated lagoons) أو بحيرات إنضاج (Maturation ponds) [11].

بصورة عامة لاقت نظم المعالجة ببحيرات الأكسدة لمياه الصرف الصحي الناتجة عن التجمعات السكانية الريفية أو المدنية تطبيقاً واسعاً جداً في البلدان النامية والبلدان المتقدمة صناعياً، حيث تكون الشروط المناخية مناسبة والمساحات الكبيرة متوفرة. وهذا ما يميز خصوصية هذه النظم من حيث تقييم سلوكيتها في المعالجة وطرق التطوير الخاصة بها، مقارنة بالطرق التقليدية المعروفة في معالجة مياه الصرف الصحي.

يهدف البحث إلى تقييم وحدة المعالجة المقامة بنظام بحيرات الأكسدة الطبيعية في منطقة السلمية بمحافظة حماة، وذلك من النواحي الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والميكروبيولوجية، باعتبارها المحطة الوحيدة المطبقة في القطر العربي السوري على المقياس الكبير كحالة ميدانية مناسبة للبحث بغرض التوصل إلى:

1- تطوير الوحدة المذكورة تبعاً للشروط والظروف البيئية والاقتصادية والاجتماعية السائدة

2-الاستفادة من المياه المعالجة لأغراض الري الزراعي غير المحدد،

3-تعميم النظام المتكامل لبحيرات الأكسدة على مناطق أخرى في القطر خاصة الريفية منها، بهدف الحصول على مياه معالجة بجودة عالية تصلح للري الزراعي دون مخاطر صحية. وتتجلى اهمية ذلك إذا ماعلمنا أن معظم الأحواض المائية الموجودة في القطر خاصة في المناطق الجافة ونصف الجافةتعاني من نقص واضح في توفر المياه للأغراض الزراعية.

2- المواد والطريقة المتبعة (Materials & Methods)

وصف محطة السلمية (Site descriptions):

تقوم محطة معالجة مدينة السلمية بمعالجة مياه المجاري المنزلية الواصلة اليها عبر شبكة الصرف الصحي للمدينة (عدد سكانها حوالي 85000 نسمة) وهي تعمل بطريقة أحواض الأكسدة الطبيعية (Natural Oxidation ponds). المصممة على غزارة 24000 م3/يوم تقريباً، وعند زيادة الغزارة الداخلة إلى المحطة عن هذه القيمة (في فترات الجريانات المطرية) يتم تشغيل الهدار قبل المحطة.تشتمل المحطة على معالجة أولية قوامها حواجز قضبانية عدد 2 وأحواض ترسيب أولية دائرية مخروطية عدد4. يلي ذلك أحواض الأكسدة الطبيعية الاختيارية (Facultative ponds)، الموزعة على ثلاثة خطوط أو مسارات متوازية كل خط منها مكوّن من ثلاث بحيرات متتالية وهذا يعني أن مجموعها تسع بحيرات (أحواض) بيولوجية. يبلغ طول كل حوض 180م وعرضه 60م وارتفاع الماء فيه 1.35م (الشكل رقم 1). يشكل معمل البصل أثناء تشغيله في فترة الصيف (من آب حتى تشرين الأول) نسبة من الحمل الملوث تتراوح قيمته من 10-23% من مجمل حمولات الصرف الصحي في السلمية. تخضع مياه صرف معمل البصل الى معالجة اولية قبل خلطها مع مياه مجاري المدينة لأن مياه المعمل تؤثر سلباً على نظام المعالجة. وهذا مايحدث عند انخفاض كفاءة المعالجة في المعمل . الجدول رقم (1) يبيّن مواصفات بحيرات الأكسدة لمحطة السلمية بشكل عام.

القياسات المخبرية والحقلية والأسلوب التحليلي(Sampling and analytical procedures):

تمّ أخذ العينات (Sampling) للتحاليل الفيزيا - كيميائية (Physico - chemical analysis) والميكروبيولوجية (Microbiological analysis) بمعدل مرة واحدة كل شهر بدءاً من شهر شباط 1996 وحتى شهر آذار 1998، وكان ذلك عموماً في الفترة ما بين الساعة 10-12 صباحاً. كما تمّ قياس أو تحديد العوامل الفيزيو - كيميائية والجرثومية والبيولوجية في مواقع مختلفة من محطة المعالجة شملت مدخل مياه الصرف الصحي الخام عند بداية المحطة وعند بداية البحيرات الاختيارية (Facultative ponds) وكذلك مخارج المياه من كل البحيرات الاختيارية ومخرج المياه المعالجة عند نموذج بحيرة الإنضاج الرائد (Maturation pilot pond)، وكذلك في المخرج النهائي للمحطة.

جرت القياسات الحقلية (Field analysis) لمركبات النتروجين (N) والفوسفور (P) والكبريتات (SO4) بوساطة جهاز الطيف الضوئي (Hach 2000) وقد تمّ إجراؤها مع اختبارات SS, BOD_5, COD وفق الطرق القياسية الأميركية المعتمدة عالمياً لتحليل مياه الشرب ومياه الصرف الصحي [12]. نفذت التحاليل في مخبر حوض العاصي في حماة، ولاحقاً في المخبر الذي أقيم حديثاً عند محطة السلمية. أما التحاليل الفيزيائية (درجة الحرارة، الأكسجين المنحل، الناقلية ...) فقد تمّت في الموقع مباشرة (On site). كانت تجرى التحاليل على العينات في نفس اليوم الذي تؤخذ فيه وإذا تطلب الأمر حفظها لمدة أطول كانت تحفظ وفق إجراءات احتياطية معروفة لدى المخابر. أما التحاليل الخاصة بالطحالب (Algae) فقد تمّت في مخبر الماجستير في كلية العلوم بجامعة تشرين وفق طرق معتمدة باستخدام الميكروسكوب. بالنسبة للتحاليل الجرثومية ومنها عصيات الكوليفورم الكلية (Total coliform TC) وعصيات الكوليفورم الغائطية (Faecal coliform FC) فقد نفذت في مخبر

مديرية الصحة في مدينة حماة وذلك باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة (Multiple tube fermentation MT) وطريقة الصب في الطبق ووفق جدول (MPN)، أما بقية القياسات الجرثومية مثل السالمونيلا (Salmonela) وغيرها والأوساط المستخدمة فقد تمّت وفق طرق معروفة ومعتمدة.

3- النتائج والمناقشة (Result & Discussion)

تقييم كفاءة محطة المعالجة:

شمل البحث تحديد الخصائص الفيزيائية - الكيميائية والميكروبيولوجية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي في محطة السلمية خلال فترة الدراسة بين شباط 1996 وآذار 1998.وسنركز هنا بشكل أساسي على عرض نتائج ومناقشة القياسات التالية للملوثات: FC, TC, COD, BOD_5، وذلك من اجل تحديد كفاءة بحيرات الأكسدة المقامة في المحطة ككل وتحديد كفاءة كل خط أو مسار من المعالجة على حدة (الشكل 1)، مع تبيان تأثير عامل المناخ (الفترة الحارة من نيسان حتى تشرين الأول والفترة الباردة من تشرين الثاني حتى آذار) على هذه الكفاءة.

*** الطلب الحيوي للأكسجين (BOD_5):**

وهو من أكثر المؤشرات أهمية وشيوعاً لتحديد درجة تلوث مياه الصرف الصحي بالمواد العضوية.

إذ تزداد قيمته بازدياد تركيزها والعكس صحيح، وبوساطته يتمّ تصميم وحدات المعالجة واعتماداً عليه يحدد مردودها وفعالية تشغيلها.

يلاحظ من الشكل رقم (2) تغيرات قيم الـ BOD_5 خلال فترة الدراسة والتي تراوحت بين (155-350) ملغ/لتر في المدخل وبين (55-130) ملغ/لتر في المخرج، ويلاحظ أن القيم المرتفعة كانت في فترة الانفجار الطحالبي. من الجدول رقم (2) يلاحظ أن كفاءة البحيرات ككل بلغت 55% صيفاً (في الفترة الحارة) و 51% شتاءً (في الفترة الباردة)، وهي نسب تعتبر منخفضة لنظم بحيرات الأكسدة الطبيعية التي يجب أن لا تقل كفاءتها عن 90%. كما يلاحظ من الجدول رقم (3) تأثير عامل المناخ على معدل الإزالة وفقاً لمسارات المعالجة، ففي الفترة الحارة كانت نسبة الإزالة أكبر من الفترة الباردة وهي نتيجة متوقعة، ونلاحظ أن نسبة الإزالة في الخط الأول (73% في الفترة الحارة و56% في الفترة الباردة) أكبر منها في الخطين الثاني (54% في الفترة الحارة و52% في الفترة الباردة) والثالث (58% في الفترة الحارة و49% في الفترة الباردة)، مما يدل على أن الخطوط الثلاثة لا تعمل بالكفاءة نفسها وهذا يعود لأسباب فنية خاصة بتنفيذ البحيرات في الخطين الثاني والثالث..

***الطلب الكيميائي للأكسجين (COD):**

تراوحت قيم COD بين (270-820) ملغ/لتر في المدخل وبين (77-308) ملغ/لتر في المخرج (الشكل رقم 3). ويلاحظ من الجدول رقم (2) أن كفاءة البحيرات ككل بلغت (51% في الفترة الحارة و43% في الفترة الباردة)، وهي أيضاً نسب منخفضة لكفاءة نظم بحيرات الأكسدة الطبيعية. كما يلاحظ من الجدول رقم (3) تأثير عامل المناخ على معدل الإزالة وفقاً لخطوط أو لمسارات المعالجة. ففي الفترة الحارة كانت نسبة الإزالة أكبر منها في الفترة الباردة. وكذلك الإزالة في الخط الأول أفضل منها في الخطين أو المسارين الثاني والثالث، حيث كانت في الخط الأول (51% في الفترة الحارة و44% في الفترة الباردة) بينما كانت في الخط الثاني (49% في الفترة الحارة و42% في الفترة الباردة) وفي الخط الثالث (51% في الفترة الحارة و41% في الفترة الباردة).

*** النتائج الميكروبيولوجية:**

أظهرت نتائج القياسات اختلافات واضحة في قيم المؤشرات الجرثومية (عدد عصيات القولون الغائطية FC وعدد عصيات القولون الكلي TC)، فقد تراوحت قيمها في المياه الخام الداخلة إلى المحطة ما بين ($2.5\times 10^4/100$ مل - $8\times 10^7/100$ مل) بالنسبة لـــTC و بين ($1.1\times 10^4/100$ مل - $1.8\times 10^6/100$ مل) بالنسبة لـــFC. أما قيم المؤشرات الجرثومية المذكورة في المياه المعالجة فقد بلغت ($4.5\times 10^2/100$ مل - $1.2\times 10^5/100$ مل) بالنسبة لـــTC و ($8\times 10^1/100$ مل - $9.5\times 10^3/100$ مل) بالنسبة لـــFC (الشكلان رقم 4و5). يلاحظ ارتفاع قيم TC وFC في المياه الخام

خلال شهر آب عام 1996، وهذا يعود إلى وجود مياه صرف ملوثة قادمة من معمل البصل الذي يبدأ تشغيله عادة في كل عام من بداية شهر آب.

تقدر الكفاءة الوسطية لبحيرات المحطة ككل في تخفيض التلوث الجرثومي خلال فترة الدراسة بحدود 96% صيفاً و86% شتاءً بالنسبة لـــTC وبحدود 96% صيفاً و91% شتاءً بالنسبة لـــFC (الجدول رقم 2). مع العلم أن القيمة المطلقة لعدد العصيات بالنسبة للمؤشرين FC,TC هي في كثير من القياسات غير محققة للمعايير العالمية في حال استخدام المياه المعالجة لأغراض الري الزراعي غير المحدد أو المقيد.

يلخص الجدول رقم (4) كفاءة المعالجة في تخفيض الـــFC,TC في الخطوط أو المسارات الثلاثة بالعلاقة مع عامل المناخ، حيث يلاحظ أن نسبة التخفيض لـــ (TC) في الخط الأول وصلت إلى (97% في الفترة الحارة و92% في الفترة الباردة)، بينما وصلت بالنسبة إلى (FC) إلى (99% في الفترة الحارة و94% في الفترة الباردة). أما كفاءة الخطين الثاني والثالث في تخفيض الـــ(TC) فهي مماثلة للخط الأول سواء في الفترة الحارة أو الباردة. في حين نجد أن كفاءتهما أقل من الخط الأول بالنسبة لـــ(FC)، فهي في الخط الثاني والثالث (95% في الفترة الحارة و90% في الفترة الباردة)، وهذا يدل على تقارب كفاءة المعالجة البكتريولوجية للخطوط الثلاثة بشكل عام، وبنفس الوقت كان عامل الحرارة واضحاً في زيادة فعالية الخطوط أو البحيرات في الموسم الصيفي مقارنة بالموسم الشتوي.

لقد مثلت نتائج التخفيض، (كنسبة وسطية) للملوثات المدروسة السابقة الذكر (FC, TC, COD, BOD_5) من اجل الخطوط الثلاثة المكونة لنظام بحيرات الأكسدة في محطة السلمية وتبعاً للفصول الحارة والباردة، بمعايير إحصائية وهي قيم الانحراف المعياري (S) وعوامل التغير u (المساوية للانحراف المعياري مقسوماً على القيم الوسطية). وقد لوحظ أن هذه المعاير بالنسبة للخط الأول هي كما يلي: قيمة (S) لـــBOD_5 (8.44) ولـــCOD (16.4) وعوامل التغير لها u (0.12 لـــBOD_5 و 0.33 لـــCOD)و هي في حالتي الطقس الحار والبارد أصغر من القيم المماثلة لها في الخط الثاني (قيم S لـــBOD_5 وCOD في الفترة الحارة هي على التوالي 19.4 و 14.5 وفي الفترة الباردة 21.13 و 19.1 وقيم u لها على التوالي 0.33 و 0.30 في الفترة الحارة و 0.41 و 0.42 في الفترة الباردة)، والخط الثالث (قيم S لـــBOD_5 وCOD على التوالي 15.41 و 13.3 في الفترة الحارة و 24.1 و 19 في الفترة الباردة، وقيم u لها على التوالي 0.25 و 0.27 في الفترة الحارة و 0.55 و 0.46 في الفترة الباردة)، مما يدل على أن عمل الخط أو المسار الأول في التخفيض للملوثات العضوية (BOD_5 وCOD) هو أكثر قبولاً وأفضل مقارنة بنتائج الخطين الآخرين. وهذا ما يفسر من خلال ارتفاع كفاءة المعالجة عند الخط الأول مقارنة بالخطين الآخرين.

أما ما يتعلق بقيم عوامل التغير (u) في حالة التخفيض الجرثومي (FC,TC) ولكل الخطوط فنجد انها متقاربة وكانت كمايلي:0.12 وحتى 0.16لـــــ TC وما بين 0.02 وحتى 0.11لـــFC حسب الموسم صيفاً أم شتاءً وهذا يدل على تجانس عمل في التخفيض الجرثومي، وهذا ما يفسر تقارب كفاءة المعالجة البكتريولوجية للخطوط الثلاثة بشكل عام.

إن انخفاض كفاءة محطة السلمية في إزالة الملوثات التالية:BOD_5 و COD و PO_4 و NH_4 و SO_4 (الجدول رقم 2) وذلك في أفضل الشروط المناخية، لم تتجاوز نسبة الـــ55% بالنسبة لـــBOD_5 و 51% بالنسبة لـــ COD وحوالي 41.5% بالنسبة لـــ PO_4 و NH_4 و 28% بالنسبة لـــ SO_4. وهذا يعود إلى قيمة التحميل العضوي العالي لبحيرات الأكسدة الطبيعية، حيث بلغت ما بين (415 كغ/هكتار. يوم) في الفترة الحارة و(448 كغ/هكتار. يوم) في الفترة الباردة، وذلك كما هو موضح في الجدول (1) وهي قيم عالية جداً إذا ما قورنت بقيم التحميل المقبولة أو المعتمدة عالمياً، حيث يجب أن لا تزيد عن 100كغ/هكتار. يوم في مناطق حوض البحر الأبيض المتوسط [5]. كما أن معظم المراجع المنشورة في هذا المجال تحدد قيم التحميل العضوي ما بين 50 إلى 60 كغ/هكتار. يوم وبحيث تحقق إزالة 90% أو أكثر بالنسبة لـــBOD_5 [13].

كما أن مدة البقاء الكلية في بحيرات الأكسدة (محطة السلمية) كانت بحدود 19 يوماً في الفترة الحارة وبحدود 18 يوماً في الفترة الباردة وذلك كما هو موضح في الجدول رقم (1) وهذا قليل، حيث يجب أن لا تقل عن (4-6) أسابيع [14]. اعطت

ابحاث حول نظم المعالجة الطبيعية ببحيرات الأكسدة في مناطق عربية مثل مراكش، مدة بقاء ملائمة بحدود 50 يوماً [15]. واعطت مراجع أخرى (في أوروبا)فترة تمتد من 70 إلى 170 يوماً [16 و 17].

أما من حيث تقييم كفاءة المحطة القائمة في تخفيض أو إزالة الملوثات الجرثومية (TC و FC) فانها لم تقل عن 90% في كل الأحوال ،مع ذلك فهي غير محققة للمعيار الجرثومي المطلوب بشكل دائم في مياه صرف صحي معالجة ومستخدمة للأغراض الزراعية غير المحددة.

تجدر الاشارة الى أن معاييرمنظمة الصحة العالمية [3] تحدد المستوى الأعظمي المسموح به لعدد عصيات القولون البرازية (FC) بالرقم (1000) عصية في كل (100) مل وذلك في حال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري المحاصيل الزراعية التي تؤكل نيئة، علماً أن هذا المعيار أصبح حالياً غير مقبول في معظم بلدان العالم، لضمان تحقيق الشروط الصحية بشكل فعلي، لذا نجد أن وكالة حماية البيئة الأميركية [2] حددت المعيار المسموح به لعصيات (FC) بالرقم 14 في كل 100 مل.

أما بالنسبة لبيوض الديدان (Helmineth eggs) المسموح وجودها في مياه الري الزراعية فهي واحد أو أقل من بيضة في كل (1000) مل [3]، في حين أن القيمة المقاسة لها في المياه المعالجة والخارجة من محطة معالجة السلمية كانت تفوق أحياناً هذا الرقم.

تحسين كفاءة المعالجة بنظام بحيرات الإنضاج:

لتحسين كفاءة المحطة في تحقيق إزالة أفضل للملوثات العضوية والجرثومية ولمركبات N و P و SS، هناك عدة إمكانيات بحثية طبقنا منها حالة نموذج أولي رائد تجريبي لبحيرة إنضاج (Maturation or polishing pond) مدة البقاء فيها (2) يوماً وتمّ تحديد أبعادها (15× 5 × 0.8) م بحيث تعالج تدفق (Q) مساوياً إلى 0.4 ل/ثا. وقد نفذنا هذا النموذج في نهاية الخط الأول من البحيرات (الشكل 1).ومن الجدير بالذكرأن استخدام بحيرة الأنضاج ياتي كمعالجة متقدمة يتراوح عمقها مابين 0,8 الى 1 م وبمدة بقاء من يوم الى يومين لضمان المعالجة الكاملة ، وهي تهدف بشكل رئيسي الى تخفيض أو إزالة ماتبقى من الجراثيم الممرضة،الى جانب دورها في تخفيض الملوثات الاخرى التبقية (العضوية والعالقة والمواد المغذية وبعض الطحالب). نتيجة تحليل القياسات، التي تمّت على نموذج بحيرة الإنضاج من حزيران 1997 وحتى آذار 1998، والتي لخصت في الجدول رقم (5)، نلاحظ أن هذا النموذج ساهم في تحقيق إزالة إضافية وسطية في قيم الملوثات كما يلي :

BOD_5:	25 % في الفترة الحارة و 58% في الفترة الباردة
COD:	17% في الفترة الحارة و 35% في الفترة الباردة
SS:	28 % في الفترة الحارة و16 % في الفترة الباردة
NH4:	38 % في الفترة الحارة و62 % في الفترة الباردة
PO4:	51 % في الفترة الحارة و 38 % في الفترة الباردة
TC:	64 % في الفترة الحارة و 91 % في الفترة الباردة
FC:	81 % في الفترة الحارة و 86 % في الفترة الباردة

بيوض الديدان : سلبية دوماً

الشكلان رقم (6و7) يمثلان الفعالية الواضحة لحوض الأنضاج التجريبي في تخفيض TCوFC مقارنة مع احواض الأكسدة الاخرى على الخط أو المسار (1-4-7).

أما معادلات الارتباط الممثلة للعلاقة ما بين كفاءة أو فعالية بحيرة الإنضاج (%μ كمتغير تابع) والملوثات الموجودة في المياه الداخلة إلى نموذج بحيرة الإنضاج للمعالجة و هي BOD_5 و COD و PO_4 و NH_4 و SS و TC و FC

(كمتغيرات مستقلة) فقد وضحت في الأشكال رقم (8 حتى11)، حيث يلاحظ بشكل عام تزايد كفاءة المعالجة لنموذج الإنضاج مع ازدياد تراكيز أو قيم الملوثات المذكورة الداخلة للمعالجة.

إن أفضل معادلة لتمثيل العلاقة ما بين الفعالية (μ%) وقيم BOD_5 و COD كانت من الدرجة الثانية (الشكل رقم 8) حيث كانت بالنسبة لـــBOD_5 من الشكل $y=-0.0011x^2+0.4143x+18$ بمعامل ارتباط (R) مساوٍ لـــ (0.4) و بالنسبة لـــ COD كانت من الشكل $y=0.0005x^2-0.2032x+42.911$ بمعامل ارتباط (R) مساوٍ حوالي لـــ (0.5) . أما ما يخص أفضل علاقة بين الفعالية (μ%) و قيم NH_4 (الشكل رقم 9) فهي معادلة من الدرجة الثانية $y=0.0085x^2-0.6242x+53.857$ بمعامل ارتباط (R) مساوٍ لـــ (0.2) . أما العلاقة بين الفعالية (μ%) وقيم PO_4 (الشكل رقم 9) فهي خطية من الشكل :

$y=0.9359x + 34.342$ بمعامل ارتباط (R) مساوٍ لـــ (0.34) . أما العلاقة الرياضية بين قيم (SS) و الفعالية (μ%) فهي من الشكل $y=0.0037x^{1.6606}$ بمعامل ارتباط (R) مساوٍ لـــ (0.76).

(الشكل رقم 10) . أما ما يخص العلاقات الرياضية لكفاءة نموذج بحيرة الانضاج بالعلاقة مع قيم (TC و FC) فهي بالنسبة لـــ (TC) من الشكل $y=19.702x^{0.0914}$ و معامل ارتباط (R) مساوٍ حوالي (0.4) ، وبالنسبة لـــ (FC) فهي خطية من الشكل $y=0.0001x+64.204$ و معامل ارتباط (R) مساوٍ حوالي (0.4) (الشكل رقم 11) .

لذلك فإن أفضل العلاقات الرياضية الممثلة للقياسات الميدانية في تحديد كفاءة بحيرة الإنضـــاج التجريبـــي هـــي على التوالي لـــ: SS و COD و BOD_5 و TC و FC و PO_4 و NH_4 حيث أن قيم معامل ارتباطها جيدة (≈ 0.8) الى مقبولة باستثناء NH_4و PO_4 فهي منخفضة (0.2) .

تفيدنا هذه المعادلات الرياضية في تحديد كفاءة بحيرات الإنضاج بالعلاقة مع تركيز الملوث المدروس الداخل إليها، لمدة بقاء محددة بيومين، بحيث تسمح بتقدير الأبعاد الواقعية لبحيرات الإنضاج بشكل متوافق مع بحيرات الأكسدة الموجودة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في السلمية، وذلك من حلال تحديد كفاءة المعالجة الكلية أو الإضافية المقترحة والمطلوبة للمحطة بالعلاقة مع نوعية ودرجة تخفيض الملوثات في بحيرة الإنضاج.

4- الاستنتاجات (Conclusion)

– محطة السلمية القائمة بنظام بحيرات الأكسدة الطبيعية لا تحقق الكفاءة المطلوبة في تخفيض الملوثات الكيميائية والعضوية فهي في المعدل الوسطي وفي المناخ الحار الملائم لم تتجاوز 55% بالنسبة لـــBOD_5 و 51% بالنسبة لـــCOD و 96% بالنسبة لـــ TC و FC.

– التحميل العضوي لبحيرات الأكسدة الطبيعية القائمة عا لٍ جد اً حيث وصلت قيمته إلى حوالي (4 حتى 6) أضعاف التحميل العضوي المقبول أو المعتمد عالمياً حسب تغيرات الفصول.

– كانت مدة البقاء الكلية في بحيرات الأكسدة غير كافية حيث لم تزد عن (19) يوماً في الفترة الحارة و (18) يوماً في الفترة الباردة.

– كفاءة المحطة في التخفيض البكتريولوجي (TC و FC وبيوض الديدان) لم تحقق الكفاءة المطلوبة في تحقيق المعيار الجرثومي المطلوب بشكل دائم في مياه صرف صحي معالجة ويراد استخدامها للري الزراعي غير المقيد.

– كان لعامل المناخ (فترة حارة أو باردة) دوراً واضحاً في التأثير على كفاءة المعالجة البيولوجية لبحيرات الأكسدة. فقد كان واضحاً أن عمل البحيرات كان أفضل في الفترة الحارة (نيسان – تشرين الأول) منها في الفترة الباردة (تشرين الثاني – آذار).

– أعطى النموذج الأولي التجريبي الرائد لبحيرة الإنضاج المنفذ على خط المعالجة الأول ولمدة بقاء يومين تحسيناً إضافياً واضحاً لكفاءة محطة السلمية المقامة. فقد ساهم النموذج في تحقيق إزالة إضافية أعظمية لـــBOD_5 : 58% ولـــCOD

35% و لـ SS: 28% ولـ TC: 91% ولـ FC: 86% وبما يحقق المعايير المطلوبة لصلاحية استخدام المياه المعالجة للأغراض الزراعية غير المقيدة.

– وضحت معادلات الارتباط الممثلة للعلاقة ما بين كفاءة نموذج بحيرة الإنضاج التجريبي والملوثات الموجودة في المياه (PO_4, NH_4, F.C, T.C, COD, BOD) الداخلة للمعالجة في هذا النموذج، تزايد كفاءة المعالجة بشكل عام مع ازدياد تراكيز أو قيم الملوثات.

– نتيجة ما أثبته البحث، يوصى بتعميم تجربة المعالجة الطبيعية بطريقة بحيرات الأكسدة كمعالجة بيولوجية أساسية أو ثانوية (بحيرات اختيارية متتالية تليها بحيرات إنضاج) في جميع المناطق السورية الصغيرة والكبيرة (الريف وبعض المدن) التي تتوفر فيها المساحات الضرورية وحيث تكون الحاجة إلى المياه المعالجة كبيرة أو ماسة بغرض الاستفادة من هذه المياه للأغراض الزراعية. وذلك لاقتصاديتها وسهولة تشغيلها وصيانتها، ولتوفر الشروط المناخية الملائمة، وبحيث تضمن مدة بقاء كافية للمياه المراد معالجتها على أن لا تقل عن 20 يوماً.

جدول رقم 1 – مواصفات بحيرات الأكسدة (Facultative ponds) لمحطة السلميةكأحواض معالجة بيولوجية

(راجع الشكل رقم 1)

	الفترة الحارة نيسان – تشرين الأول	الفترة الباردة تشرين الثاني – آذار
مساحة البحيرة الواحدة (m^2)	10800	10800
عمق البحيرة الواحدة (m)	1.35	1.35
حجم البحيرة الواحدة (m^3)	14580	14580
تركيز BOD_5 في المياه الداخلة للبحيرات (mg / L)	195 (نسبة الإزالة 55 %)	198 (نسبة الإزالة 51 %)
تركيز BOD5 في المياه الخارجة المعالجة (mg / L)	88 (نسبة الإزالة 55 %)	97 (نسبة الإزالة 51 %)
التدفق الوسطي (m^3 / d)	6902	7320
الحمل العضوي الوسطي للبحيرات الأولى من الخطوط (Kg BOD_5 / d)	1346	1450
الحمل العضوي الوسطي الخارج النهائي (Kg BOD_5 / d)	607	710
التحميل السطحي العضوي للبحيرات الأولى (Kg BOD_5 / he . d)	415	448
مدة البقاء الكلية (days)	19	18

جدول رقم 2 – المواصفات الوسطية لمياه الصرف الصحي الداخلة إلى بحيرات الأكسدة والخارجة منها (المعالجة)خلال الفترة (شباط 1996 – آذار 1998)

المؤشرات أو الملوثات	الفترة الحارة (نيسان – تشرين 1)			الفترة الباردة (تشرين 2 – آذار)		
	الداخل	الخارج	الإزالة %	الداخل	الخارج	الإزالة %
BOD_5 (mg / L)	195	88	55	198	97	51
COD (mg / L)	384	190	51	498	275	43
TC في 100 مل	6 10 × 2.9	4 10×3.0	96	6 10×2.12	4 10×4.13	86
FC في 100 مل	4 10×3.4	2 10×4.8	96	5 10×1.41	3 10×2.94	91
$N\text{-}NH_4$ (ملغ/ لتر)	59.3	30.8	48	67.2	59.7	11
PO_4 -P (ملغ/ لتر)	29	10.9	62	33.3	15	55
SO4 (ملغ / لتر)	40.6	24.6	39	47	41.8	11
TSS (ملغ / لتر)	150	170	-	131	155	-

جدول رقم 3 – متوسط تراكيز ملوثات BOD_5 وملوثات COD عند الدخول والخروج للخطوط ونسبة الإزالة خلال الفترة (شباط 1996 - آذار 1998)

		متوسط تراكيز ملوثات BOD_5 (mg/ l)		متوسط تراكيز ملوثات COD (mg / l)	
		* I نيسان – تشرين1	** II تشرين 2–آذار	* I نيسان – تشرين1	** II تشرين2 – آذار
الجريان الداخل		195	198	384	498
الخط الأول	الجريان الخارج	52	87	191	277
	الإزالة (%)	73	56	51	44
الخط الثاني	الجريان الخارج	74	100	197	272
	الإزالة (%)	54	52	49	42
الخط الثالث	الجريان الخارج	67	116	189	292
	الإزالة (%)	58	49	51	41

* : الفترة الحارة وهي الفترة من نيسان حتى تشرين أول

** : الفترة الباردة وهي الفترة من تشرين ثاني حتى آذار

جدول رقم 4– متوسط تراكيز ملوثات الكوليفورم وملوثات الأشريشياكولي عند الدخول والخروج ونسبة الإزالة خلال الفترة آب 1996 – آذار 1998)

		متوسط تراكيز ملوثات الكوليفورم TC in 100 ml		متوسط تراكيز ملوثات الأشريشياكولي FC in 100 ml	
		* I نيسان - تشرين 1	** II تشرين 2–آذار	* I نيسان – تشرين1	** II تشرين 2–آذار
الجريان الداخل		$^{6}10\times2.895$	$^{6}10\times2.12$	$^{4}10\times3.4$	$^{5}10\times1.409$
الخط الأول	الجريان الخارج	$^{4}10\times7.733$	$^{5}10\times1.675$	$^{2}10\times4.671$	$^{3}10\times7.933$
	الإزالة (%)	97	92	99	94
الخط الثاني	الجريان الخارج	$^{4}10\times6.56$	$^{5}10\times1.5$	$^{3}10\times1.2242$	$^{4}10\times1.02$
	الإزالة (%)	97	92	95	90
الخط الثالث	الجريان الخارج	$^{4}10\times5.915$	$^{5}10\times1.44$	$^{3}10\times1.2028$	$^{4}10\times1.14$
	الإزالة (%)	97	92	95	90

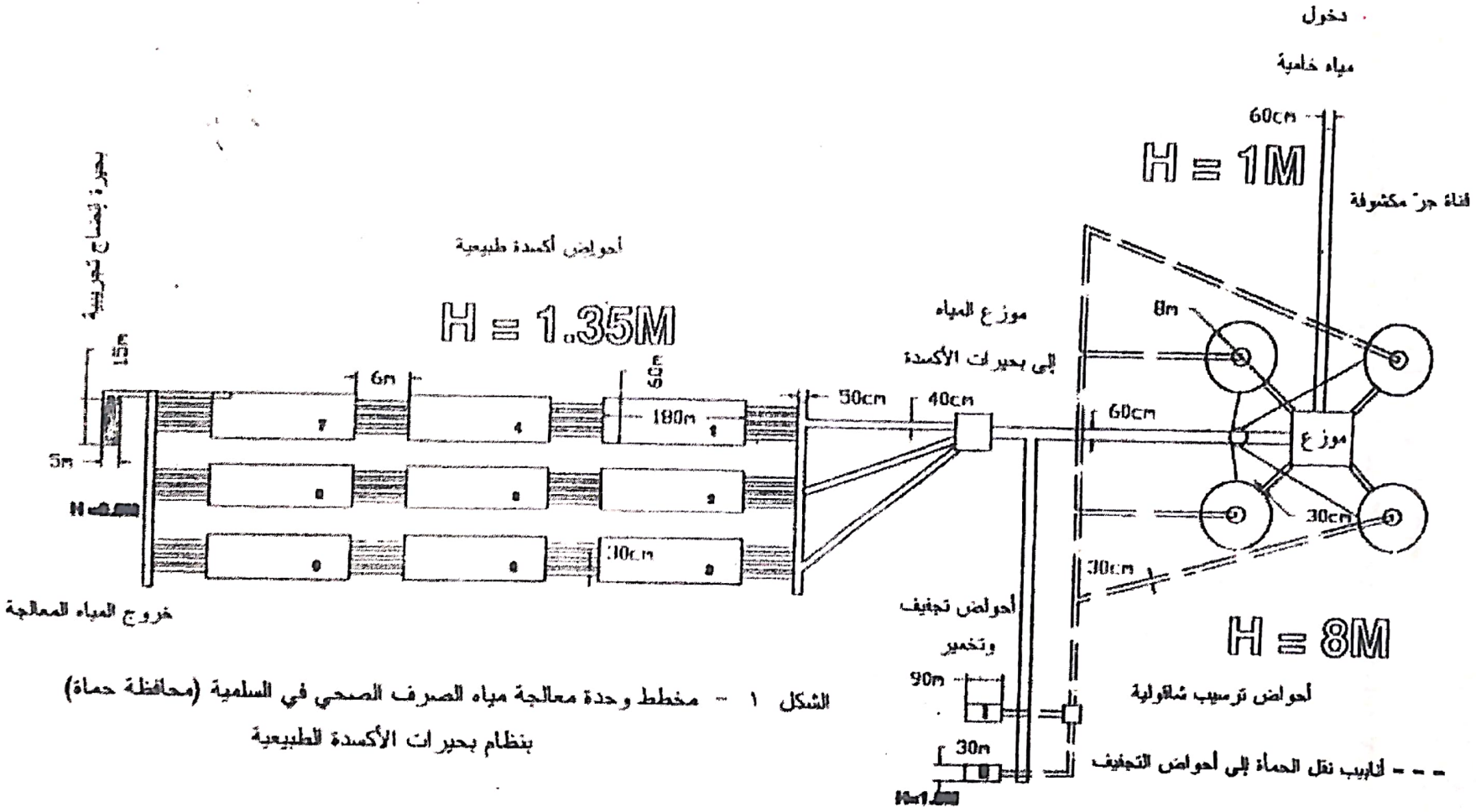
* : الفترة الحارة وهي الفترة من نيسان حتى تشرين أول

** : الفترة الباردة وهي الفترة من تشرين ثاني حتى آذار

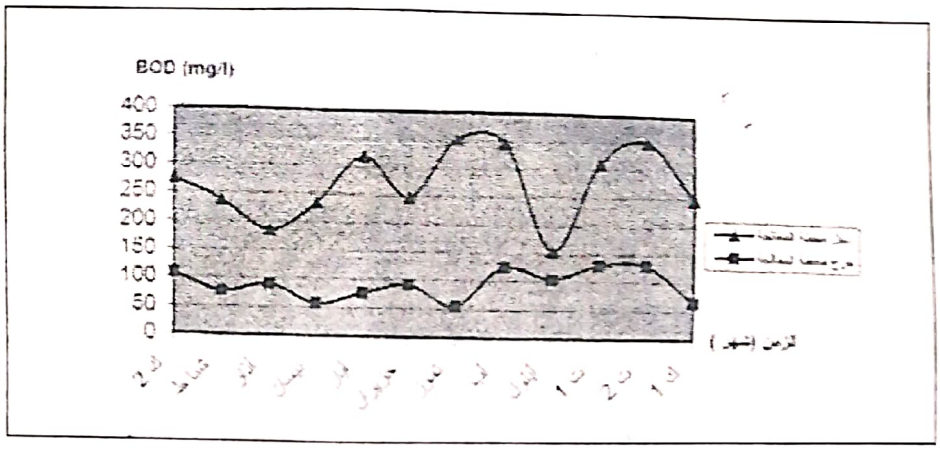
جدول رقم 5 – مواصفات مياه الصرف الصحي الداخلة والخارجة ونسبة الإزالة (%)

لبحيرة الإنضاج خلال الفترة (حزيران 1997 – آذار 1998)

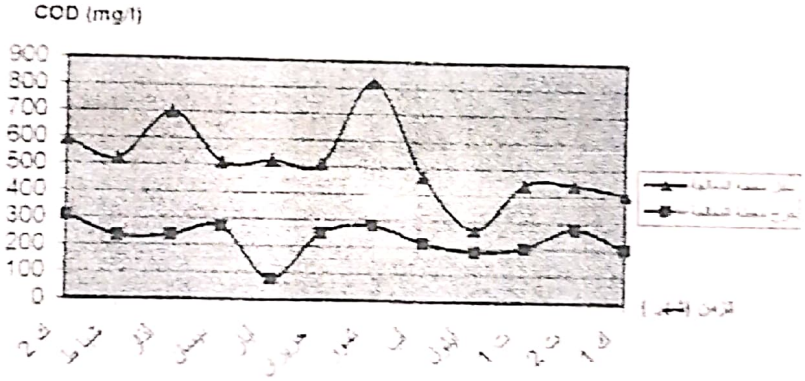
الأشهر / نوع التحليل		الفترة الحارة						الفترة الباردة					
		حزيران 1997	تموز	آب	أيلول	ت1	المتوسط	ت2	ك1	ك2	شباط	آذار 1998	المتوسط
BOD_5	الداخل	50	40	45	60	70	53	250	–	80	40	140	128
	الخارج	40	20	40	40	60	40	120	–	30	15	50	54
	الإزالة	20	50	11	33	14	25	52	–	63	63	64	58
COD	الداخل	240	140	218	300	269	233	300	360	285	227	384	311
	الخارج	195	110	174	255	237	199	237	230	174	138	237	203
	الإزالة	19	21	20	15	12	17	21	36	39	39	38	35
TC	الداخل	$^{3}10\times4$	$^{5}10\times3$	$^{3}10\times1.25$	$^{3}10\times6.5$	$10^{5}\times3.1$	$^{5}10\times1.2435$	$^{5}10\times6$	$^{5}10\times1.2$	$^{5}10\times1.1$	$^{3}10\times4.3$	$^{3}10\times3.4$	$^{5}10\times1.675$
	الخارج	$^{3}10\times3$	$^{4}10\times4$	$^{2}10\times9.5$	$^{2}10\times4$	$^{5}10\times1.8$	$^{4}10\times4.487$	$^{4}10\times1.5$	$^{4}10\times5$	$^{3}10\times9$	سلبي	$^{2}10\times7$	$^{4}10\times1.494$
	الإزالة	25	87	24	94	42	64	98	58	92	100	79	91
FC	الداخل	$^{3}10\times1.4$	$^{2}10\times5.4$	$^{1}10\times4$	$^{1}10\times9$	$^{3}10\times5.5$	$^{3}10\times1.262$	$^{3}10\times6$	$^{4}10\times1.1$	$^{4}10\times2.2$	$^{2}10\times5$	$^{2}10\times2.3$	$10^{3}\times7.946$
	الخارج	$^{2}10\times1.1$	$^{1}10\times7$	$^{1}10\times1$	$^{1}10\times4$	$^{2}10\times9.2$	$^{2}10\times2.26$	$^{3}10\times3.5$	$^{3}10\times2.1$	سلبي	سلبي	$^{1}10\times9$	$^{3}10\times1.138$
	الإزالة	21	87	75	56	83	81	42	81	100	100	61	86
NH4	الداخل	48.2	44.8	13.4	9.8	4.75	24.19	59.6		77.7	12.32	68.91	54.6
	الخارج	28.6	27.9	9.6	7.7	1.9	15.14	20		32	1.84	43.35	24.3
	الإزالة	41	38	28	21	60	38	66		59	85	37	62
PO4	الداخل	14.47	4.2	2.86	20.5	–	10.51	8.8		9.9	3.13	4.8	6.66
	الخارج	4.9	2.1	2.3	11.2	–	5.13	5.4		5.8	1.21	4	4.1
	الإزالة	66	50	20	45		51	39		41	61	17	38
SS	الداخل	193	110	222	169	136	166	200		111	112	252	169
	الخارج	141	97	109	111	140	120	176		101	105	186	142
	الإزالة	27	12	51	34	–	28	12		9	6	26	16



الشكل ١ - مخطط وحدة معالجة مياه الصرف الصحي في السلمية (محافظة حماة)
بنظام بحيرات الأكسدة الطبيعية

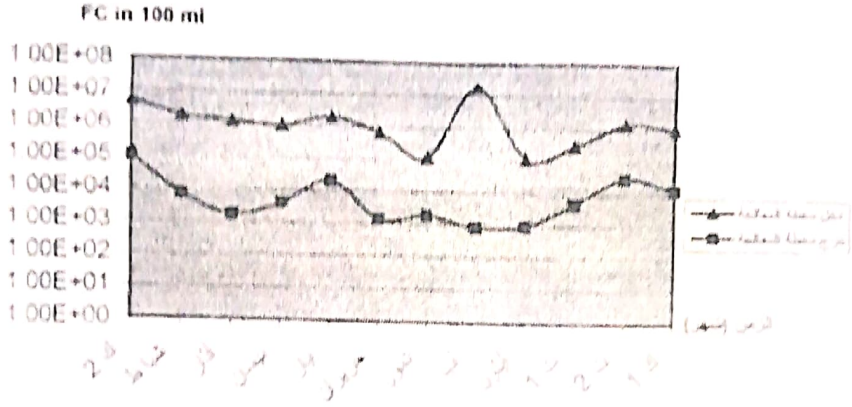


الشكل (2) التغيرات الشهرية الوسطية لـ BOD في مدخل ومخرج محطة المعالجة
خلال الفترة (شباط1996- آذار1998)

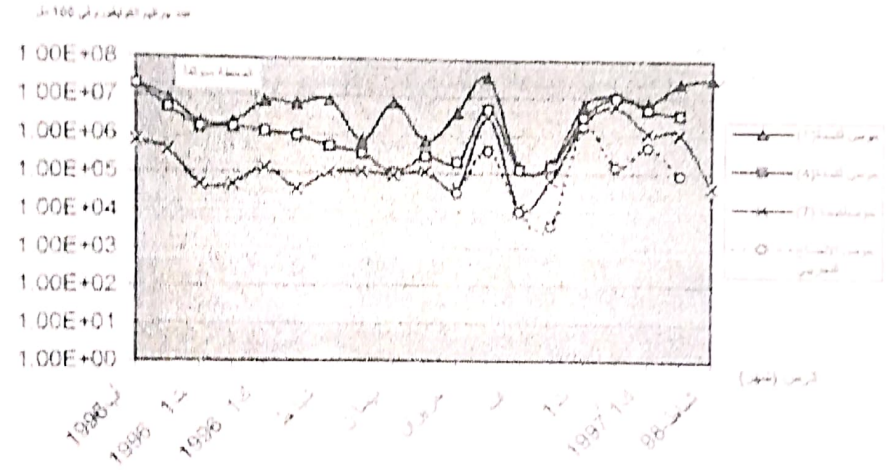


الشكل (3) التغيرات الشهرية الوسطية لـCOD في مدخل ومخرج محطة المعالجة
خلال الفترة (شباط 1996-آذار 1998)

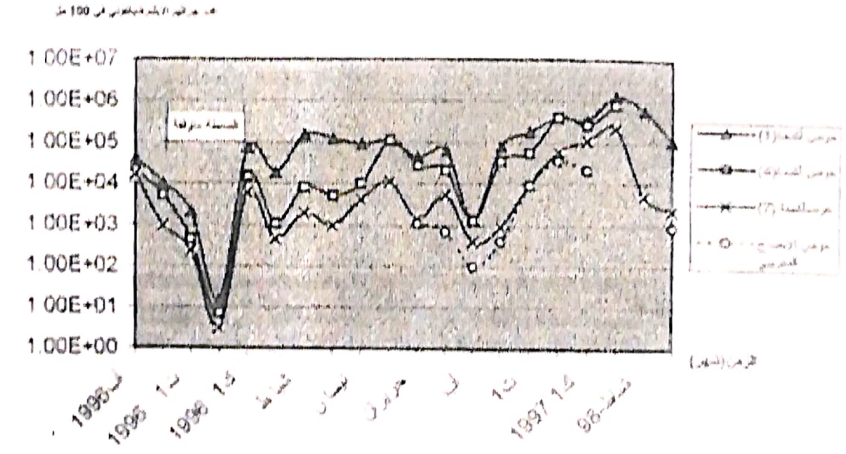
الشكل (4) التغيرات الشهرية الوسطية للكوليفورم TCفي مدخل ومخرج محطة المعالجة
خلال الفترة (آب1996-آذار 1998)



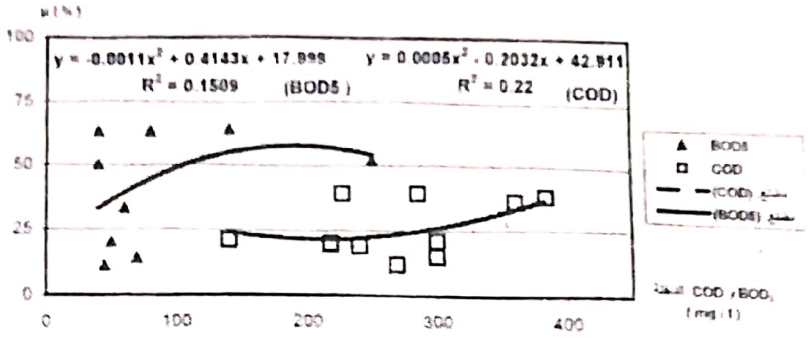
الشكل (5) التغيرات الشهرية الوسطية لجراثيم الأيشريشياكولي FC في مدخل ومخرج محطة المعالجة خلال الفترة (آب 1996 – آذار 1998)



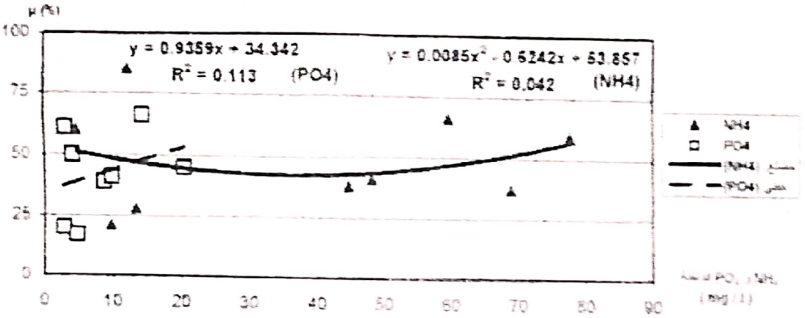
الشكل 6 تغيرات قيم الجراثيم الكوليفورم في الخط الأول(1-4-7- حوض النضاج التجريبي) خلال الفترة (آب 1996 – آذار 1998)



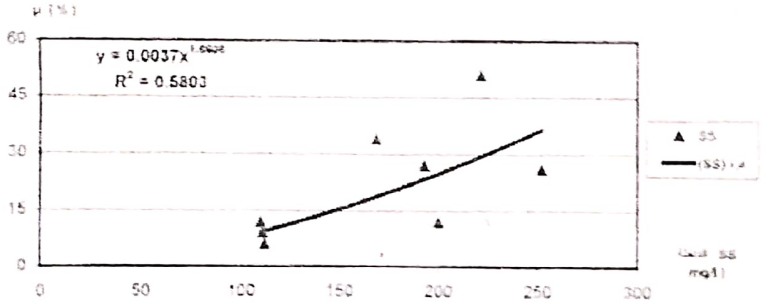
الشكل 7 تغير قيم الجراثيم الأيشرشياكولي في الخط الأول (1-4-7- حوض الانضاج التجريبي) خلال الفترة (آب 1996 –آذار 1998)



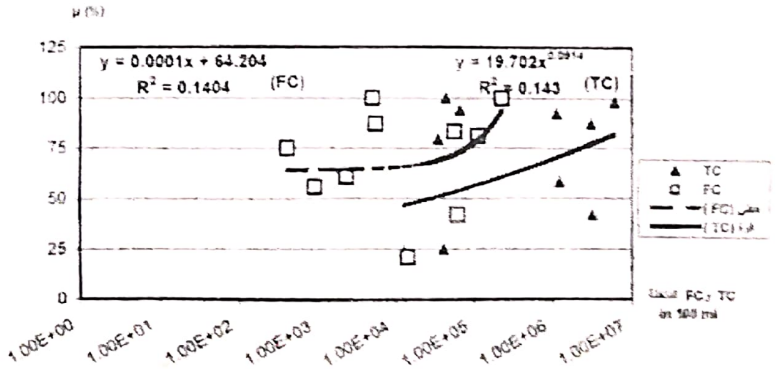
الشكل 8 العلاقةفعالية بحيرة الانضاج وتراكيز BOD_5و COD الداخلة



الشكل 9 العلاقة بين فعالية بحيرة الانضاج وتراكيز NH_4 و PO_4 الداخلة



الشكل 10 العلاقة بين فعالية بحيرة الانضاج وتراكيز SSالداخلة



الشكل 11 العلاقة بين فعالية بحيرة الانضاج وعصيات TCو FC الداخلة

References

المراجع

[1]ASANO, T. and MILLS, R.A. (1990) - *Planning and Analysis for Water Reuse Projects.* Journal American Water Works Association, Jan., pp. 38-47.

[2]U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (1992) - *Guidelines for Water Reuse (Manual).* USEPA, Washington D.C., EPA/625/R - 92/004, Sept., pp. 247.

[3]WHO, World Health Organization. (1989) - *Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agricultural and Aquaculture.* Technical Report of a WHO Scientific Group Series 778, 74 pp, Geneva.

[4]HESPANHOL, I. (1990) - *Guidelines and Integrated Measures for Public Health Protection in Agricultural Reuse Systems.* J. Wat. S. R. T. Aqua, N°.39, pp. 237-249.

[5]MARA, D.D. and PERSON, H.W. (1987) - *Waste Stabilization Ponds: Design Manual for Mediterranean Europe,* WHO - Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.

[6]GOMEZ, E. et. al. (1995) - *Ammonia Elimination Processes in Stabilization and High - Rate Algal Pond Systems.* Wat. Sci. Tech. Vol. 31, N°.12, pp. 303-312.

[7]SOLER, A. et. al. (1995) - *Performance of Two Municipal Sewage Stabilization Pond Systems with High and Low Loading in South - Eastern Spain.* Wat. Sci. Tech. Vol. 31, N°.12, pp. 81-90.

[8]RACAULT, Y. et. al. (1995) - *Waste Stabilization Ponds in France: A. Report on Fifteen Years Experience.* Wat. Sci. Tech. Vol. 31, N°.12, pp. 91-101.

[9]FUOG, R.M. et. al. (1995) - *Wastewater Reclamation at Rancho Murieta, California; Golf Course Irrigation with Upgraded Pond Effluent Meeting California's Strictest Requirements for Wastewater Reuse.* Wat. Sci. Tech. Vol. 31, N°.12, pp. 399-408.

[10]EPA. (1983) - *Municipal Wastewater Stabilization Ponds Design Manual,.* US - EPA, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH, EPA - 62511 - 83 - 015.

[11]BUCKSTEEG, K. (1987) - *German Experiences with Sewage Treatment Ponds.* Wat. Sci. Tech. Vol. 19, N°.12, pp. 17-23.

[12]APHA. (1992) - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 18 th Edition, USA.

[13]SCHLEYPEN, P. (1982) - *Abwasserbehandlung für Kleine Gemeinden, Ländliche Gebiete und Touristen Gebiete.* Korrespondenz Abwasser, N°. 7, pp. 453.

[14]VEENSTRA, S. et. al. (1995) - *Purple Non - Sulfur Bacteria and their Influence on Waste Stabilization Pond Performance in the Yemen Republic.* Wat. Sci. Tech. Vol. 31, N°.12, pp. 141-149.

[15]OUAZZANI, N. et. al. (1995) - *Wastewater Treatment by Stabilization Pond: Marrakech Experiment.* Wat. Sci. Tech. Vol. 31, N°.12, pp. 75-80.

[16]SCHETRITE, S. & RACAULT, Y. (1996) - *Purification by a Natural Waste Stabilization on Pond.* Wat. Sci. Tech. Vol. 33, N°.10-11, pp. 203-211.

[17]MARECOS DO MONTE, M. et. al. (1996) - *Necessity and Basis for Establishment of European Guidelines for Reclaimed Wastewater in the Mediterranean Region.* Wat. Sci. Tech. Vol. 33, N°.10-11, pp. 303-316.