مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (2) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (2) 2015

تقييم توزع تراكيز الأوكسجين المنحل في أحواض التهوية في بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي في اللاذقية

الدكتور هيثم جناد*
الدكتور عمار دباليز**
هبه محمد***

(تاريخ الإيداع 27 / 10 / 2014. قُبِل للنشر في 6/ 4 / 2015)

□ ملخّص □

يتضمن البحث مراقبة توزع تراكيز الأوكسجين المنحل في محطات معالجة مرج معيربان و الرويمية اللتين تستعملان أنماطاً مختلفة من أنظمة التهوية (مهويات سطحية وناشرات هواء). أظهر البحث ارتفاعاً ملحوظاً في قيم الأوكسجين المنحل في أحواض التهوية المدروسة عن القيمة المرجعية 2mg/l مما يعني استهلاكاً متزايداً للطاقة وحدوث مشاكل تشغيلية بالإضافة إلى الدور الذي تلعبه عملية التهوية الطبيعية في تخفيض عدد ساعات تشغيل المهويات مما ينعكس إيجاباً على أداء المحطة وتكاليف الاستثمار فيها، .

الكلمات المفتاحية: الأوكسجين المنحل، المهويات السطحية، ناشرات الهواء، تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

* مدرس – قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.
** مدرس – قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.
*** طالبة ماجستير– قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (2) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (2) 2015

An evaluation of the distribution of DO concentrations in aeration tanks at Lattakia WWTPs

Dr. Haitham Jnad*
Dr. Ammar Dabaliz**
Hiba Mohammad***

(Received 27 / 10 / 2014. Accepted 6 / 4 / 2015)

□ ABSTRACT □

This research includes monitoring the distribution of DO concentrations in the Marj Maarban and AL Ruyemih WWTPs which use different types of aeration systems (surface aerators and diffusers). Research has shown a remarkable increase in the values of DO concentrations in the studied aeration basins above 2 mg/l which means an increased electricity consumption and operational problems, in addition to the role of the natural aeration process in reducing the number of aerators operation hours. This will reflect positively on the performance of the plant and the investment cost

Keywords: Disolved oxygen, surface aerators, diffusers, wastewater treatment plants operation

*Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
***postgraduate student in the department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

إن عملية نقل الأوكسجين خلال معالجة مياه الصرف الصحي هو عملية تتم على مرحلتين: ينحل غاز الأوكسجين في مياه الصرف الصحي عبر التهوية بالناشرات أو المهويات الميكانيكية، حيث يتم استهلاك الأوكسجين المنحل من قبل الكائنات الدقيقة في عملية استقلاب المادة العضوية في مياه الصرف الصحي، إذا ازداد معدل استهلاك الأوكسجين من قبل البكتريا فسوف يتناقص تركيز الأوكسجين في السائل الممزوج، حيث يوصف هذا الانتقال بمعامل انتقال الكتلة الحجمي K_La، والذي يُحدد ضمن المختبر بالاستناد إلى معدل التنفس الخلوي و تراكيز الأوكسجين المنحل المُقاسة (ASCE, 2006).

قد يحدث نقص الأوكسجين في حوض التهوية إذا كان معدل التفكك البيولوجي يزيد عن قدرات الجهاز، على سبيل المثال إن التحميل العضوي الزائد لنظام التهوية المديدة المزود بناشرات هواء ذات فقاعات خشنة التي وضعت على عمق ضحل يؤدي إلى مستوى أقل من 0.5 mg/l للأوكسجين المنحل رغم أن محتوى الحوض ممزوج بشكل جيد بواسطة فقاعات الهواء. إن الحالة التي قد تحدث كثيراً في التشغيل هي التهوية الزائدة وهي عملية غير اقتصادية وتؤدي إلى تركيز أكبر للأوكسجين من المطلوب في السائل الممزوج. بما أن النشاط البيولوجي يكون كبيراً عند المستويات المنخفضة ومعدل نقل الأوكسجين من الهواء يزداد بتناقص التركيز، فمن المنطقي تشغيل النظام بشكل أقرب ما يمكن إلى التركيز الأصغري للأوكسجين المنحل. إن تشغيل ضواغط الهواء عند التراكيز المنخفضة أو حتى إطفاء إحدى النافخات في أيام العطل الأسبوعية يمكن أن يكون عملياً في الحفاظ على الطاقة من دون تأثيرات سلبية على العملية البيولوجية (Metcalf and Eddy, 1991).

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على متطلبات الأوكسجين للبكتريا في حوض التهوية، لكن يتركز الاهتمام على عاملين: العامل الأول هو العلاقة المباشرة بين تركيز الطلب الحيوي للأوكسجين في التدفق الداخل BOD والأوكسجين المنحل في حوض التهوية، إذ إنه بزيادة تركيز BOD الداخل إلى حوض التهوية يزداد تركيز الأوكسجين المطلوب للمحافظة على تراكيز الأوكسجين المنحل DO. إذا لم تتم الاستجابة للمستويات المتزايدة من BOD الداخل بواسطة زيادة معدلات التهوية، فإن مستوى الأوكسجين المنحل في حوض التهوية سوف يتناقص. يفترض بعض المشغلين بشكل خاطئ أنه إذا تناقص الأوكسجين المنحل فإن مواداً سامة سوف تدخل إلى حوض التهوية لتؤدي إلى تثبيط وموت البكتريا، لكن حقيقة ما يحدث هو العكس تماماً، حيث البكتريا المفيدة هي التي تستهلك الأوكسجين المنحل في السائل، فإذا ثبطت أو ماتت هذه البكتريا فإن تراكيز الأوكسجين سوف تزداد في حوض التهوية.

أما العامل الثاني فهو العلاقة بين تركيز الأوكسجين المنحل وكمية البكتريا في حوض التهوية. إن كمية التهوية المطلوبة للحفاظ على المستوى المطلوب من الأوكسجين المنحل هي بشكل مباشر متناسبة مع كمية البكتريا الموجودة في الحوض، لذلك كما ازداد تركيز البكتريا الموجودة في الحوض يجب زيادة معدلات التهوية للمحافظة على المستوى المطلوب من الأوكسجين المنحل، إذا كان هناك مشاكل في الحفاظ على مستويات الأوكسجين المنحل ومستويات المواد الصلبة في حوض التهوية مرتفعة، فيمكن زيادة الأوكسجين المنحل بواسطة غسل الحمأة لتخفيض مستويات المواد الصلبة (Hobson, 1992).

لقد بحث Amand و Carlsson (2012) في الطريقة التي يجب التحكم من خلالها بعملية التهوية لتحقيق متطلبات جودة التدفق الخارج و فعالية الطاقة، حيث استخدم نموذج Benchmark لتحقيق عملية الأمثلة المطلوبة وتم إنجازها بحيث تم تخفيض متغيرات عملية التهوية لتوافق جودة التدفق الخارج. أثبتت نتائج هذه المحاكاة أن تركيز

الأوكسجين المنحل المثالي يتراوح بين 0.7 mg/l –1.8 بالاعتماد على تغيرات التدفق الداخل، يمكن تخفيض متطلبات تدفق الهواء حتى 4–1 % مقارنة مع نقطة مرجعية ثابتة للأوكسجين المنحل، ومن خلال ذلك تم تخفيض الطاقة بمقدار 14 % من الكمية اللازمة.

أجرى الباحث Fernandes وزملاؤه (2011) بحثاً عن تخفيض تكاليف التهوية بواسطة مجموعة من نقاط التشغيل المتقطع، كان الهدف منه اختيار الترتيبات الأفضل من أجل ضبط جهاز الأوكسجين المنحل في محطة المعالجة المدروسة للتأكد من قيم تراكيز الأوكسجين المنحل الأفضل باعتماد خمس نقاط لضبط عمل المهويات وهي mg/l (0.5– 0.75– 1.25– 2.5– 3). حيث تسمح القيم المثلى لمجموعة النقاط بالوصول إلى نوعية جيدة للتدفقات الخارجة من المحطة، وتقليل تكاليف التشغيل المتعلقة بعملية التهوية. وكنتيجة لضبط جهاز الأوكسجين المنحل، فقد تم التوصل إلى نظام أكثر استقراراً، أدى إلى تحسن نوعية التدفق الخارج و الحمأة النشيطة وعمر أنظمة التهوية، حيث تم تخفيض تكاليف التهوية وبالتالي تكاليف الطاقة بنسبة 17 % تقريباً.

قدم الباحث Cristea وزملاؤه (2011) بحثاً عن التحكم بالتهوية في محطة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام نظام هجين، حيث تم اعتماد خوارزمية تحكم تنبؤية غير خطية هجينة ترتكز على مجموعة من الأهداف الاقتصادية والتشغيلية. طبقت هذه الدراسة في بلدة Manaresa في إسبانيا وهي ترتكز على ضبط الأوكسجين المنحل لتحقيق مجموعة من الشروط النوعية الخاصة بالأوكسجين المنحل بالإضافة إلى انخفاض متطلبات الطاقة، حيث ينظم تركيز الأوكسجين المنحل بواسطة سلسلة من المهويات ذات السرعة الثابتة. علماً بأن هذه الخوارزمية سمحت بالمحافظة على تركيز الأوكسجين المنحل في أحواض التهوية أعلى من التركيز المطلوب وهو 2 mg/l مع تخفيض تكاليف استهلاك الطاقة المستعملة في عملية التهوية.

في بحث أجري من قبل الباحث Descoins وزملائه (2011) حول كفاءة الطاقة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي تعمل بنظام الحمأة النشيطة واستخدام هضم لا هوائي للحمأة، تم تقييم استهلاك الطاقة في وحدات المعالجة، وإجراء ربط كامل بين النشاط البيولوجي والطلب على الطاقة أو إنتاج الطاقة. حيث تم دراسة تأثير كفاءة الترسيب الأولي على الطاقة الكهربائية كعامل مقيد بالإضافة إلى تدوير الأمونيوم من الهضم اللاهوائي إلى أحواض الحمأة النشيطة.

طور Weijers (2000) منهجية شاملة لتصميم نظام التحكم بعملية التهوية بهدف تحسينه حيث بحث عن صيغة جديدة لعملية التحكم وعن علاقة رياضية يساندها يتضمن بنية التحكم واختيار قوانين التحكم.

وصف Rosen (2001) التحديات المشتركة في عملية المراقبة والتحكم بعمليات معالجة مياه الصرف الصحي ومن أهمها التهوية، حيث اقترح استعمال مجموعة من نقاط التحكم، بالإضافة إلى أجهزة التحكم بالتدفق الداخل والتي تساهم بعمل أجهزة التحكم بالحدود الدنيا.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في أن أي توفير في الطاقة وبالتالي تخفيض تكاليف التشغيل يمكن أن يتحقق بتصميم وتشغيل أنظمة تهوية لتحقق تراكيز الأوكسجين المنحل المثلى، من خلال تحسين قيم تراكيز الأوكسجين المنحل في مياه الصرف الصحي، وتغيرها خلال اليوم والفصل. تتلخص أهداف هذا البحث في تحديد جهاز التهوية الأكثر فعالية

بالاستناد إلى تراكيز الأوكسجين المنحل في أحواض التهوية في المحطات المدروسة، وذلك من خلال مراقبة توزع تراكيز الأوكسجين المنحل في أحواض تهوية تلك المحطات التي تستعمل أنماطاً مختلفة من أنظمة التهوية.

طرائق البحث ومواده:

أولاً: حالة الدراسة:

تم تنفيذ البحث في محطة معالجة (مرج معيربان) التي تعمل بنظام التهوية المديدة باستخدام مهويات شاقولية ميكانيكية وأيضاً في محطة معالجة (الرويمية) التي تعمل بنظام التهوية المديدة مع إزالة المواد المغذية (النتروجين والفوسفور) باستخدام نظام ناشرات الهواء.

ثانياً: التجارب المخبرية:

امتدت الدراسة المخبرية الحقلية من شهر آب 2013 في الصيف إلى شهر كانون الأول 2013 في الشتاء حيث تم إجراء القياسات الحقلية للأوكسجين المنحل ودرجة الحرارة داخل حوض التهوية اعتباراً من الساعة 8 صباحاً وحتى أوقات مختلفة في اليوم اعتماداً على دورة التهوية لكل جهاز، أخذت عينات الأوكسجين المنحل من النقاط الثلاثة الموضحة في حوضي التهوية للمحطتين المدروستين وفق الشكلين (1) و (2).

تم قياس الأوكسجين المنحل على عمق 0.5 m و 1.5 m بشكل مباشر في حوض التهوية لكلتا المحطتين المدروستين وذلك استناداً لدورة التهوية لكل جهاز باستخدام جهاز حقلي نوع Oxi315 والمؤلف من مسبر يوصل إلى جهاز قياس مزود بشاشة تظهر نتائج القياس، حيث أُخذت عدة قراءات في حوضي التهوية لكلتا المحطتين، وذلك في النقاط الموضحة على الشكلين (1) و (2)، وقد استخدمت كرة صغير لتثقيل المسبر حتى يتوضع في موقعه الصحيح.

تم قطف عينات بسيطة بمعدل مرة كل شهر من أجل تحديد BOD_5 بين الساعة 10 صباحاً و 12 ظهراً، ووضعت عينات الـ BOD_5 في حاضنة الـ BOD_5 في مخبر كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين.

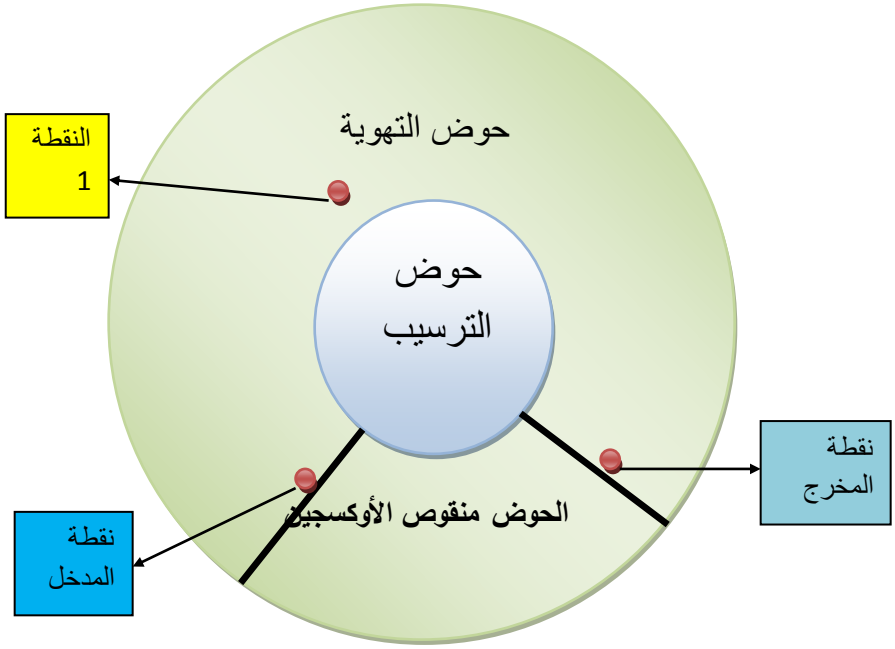
تم قياس تركيز الـ BOD_5 الداخل إلى مدخل كل محطة من منشأة الدخول قبل الحواجز القضبانية ومن مخرج كل محطة بعد الكلورة (علماً أنه لا يتم إضافة الكلور للمياه للمعالجة بسبب توجيهات الشركة العامة للصرف الصحي نظراً لأضراره الكبيرة على البيئة) حيث ونظراً لصعوبة قطف عينات مركبة على مدار اليوم وهي الأكثر تمثيلاً لمياه الصرف الداخلة فقد لجأنا إلى قطف عينات بسيطة لحظية تعبر عن مواصفات مياه الصرف الصحي في لحظة القطف فقط.

1) **الأوكسجين المنحل DO:**

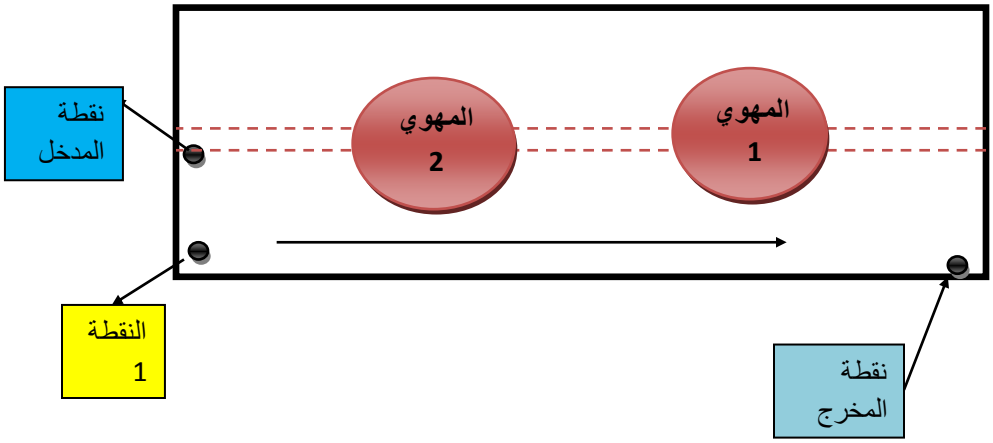
- نشغل جهاز Oxi315 بالضغط على زر الطاقة.
- نضع إلكترود الجهاز في المياه على الأعماق المطلوبة فيعطي قيمة الأوكسجين المنحل في الموقع المدروس.

2) **درجة الحرارة:**

تم قياس درجة الحرارة بالجهاز المستخدم لقياس الأوكسجين المنحل نفسه، إذ تظهر قيمة درجة الحرارة على شاشة الجهاز بالتزامن مع قيمة الأوكسجين المنحل.



الشكل (1): نقاط اعتيان الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في الرويمية.



الشكل (2) : نقاط اعتيان الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في مرج معيربان.

3) **الطلب الحيوي للأوكسجين المنحل** BOD_5:

جمعت العينات في عبوات بلاستيكية (سعة ليتر واحد) مغسولة ومجففة بشكل جيد، نقلت العينة في حافظة مغلقة لتجنب الضوء وذلك لمنع إمكانية إنتاج الأوكسجين نتيجة التركيب الضوئي. حيث بدأ التحليل خلال ساعتين من أخذ العينات، وتم إجراء كل قياس ثلاث مرات وأخذت القيمة الوسطية للنتائج (APHA, 1992).

وصف الجهاز المستخدم: أجريت التجربة باستخدام جهاز BOD_5 رقمي مؤلف من:

a. قاعدة تنشيط: تسمح بحضن 6 زجاجات BOD_5.

b. حساس يركب بسهولة على كل زجاجة BOD_5 مؤلف من شاشة صغيرة وزرين صغيرين (M و S). يحوي كل حساس محول ضغط داخلي، يتم التحكم به عن طريق معالج صغير يعمل على تحويل قيمة الضغط مباشرة إلى قيمة لـ BOD_5 (بواحدة mg/l). حيث يتم حفظ قيمة وسطية أوتوماتيكياً كل (24 ساعة)،

وذلك من أجل مدة أقصاها خمسة أيام، مما يسمح بإجراء التجربة أثناء العطل. يمكن قراءة قيمة الـ BOD_5 (عن طريق الضغط على زر S) في أي وقت حتى بعد فترة الأيام الخمسة في حال لم يعاد تصفير الجهاز.

النتائج والمناقشة:

1) الطلب الحيوي للأوكسجين المنحل BOD_5:

تم تمثيل نتائج قياسات BOD_5 في مداخل ومخارج المحطات المدروسة بالإضافة إلى القيم الوسطية الفعلية للتراكيز ومقارنتها مع القيم التصميمية وفق الجدول (1).

جدول (1): نتائج قياسات BOD_5 في مداخل ومخارج المحطات المدروسة

الشهر	مرج معيربان		الرويمية	
	مدخل	مخرج	مدخل	مخرج
آب	145	6	25	15
أيلول	250	7	35	14
تشرين الأول	280	7	170	16
تشرين الثاني	175	8	140	11
كانون الأول	290	6	230	10
التركيز الوسطي	228	7	120	13
التركيز التصميمي	815	20	400	20

نلاحظ أن تركيز BOD_5 الوسطي الفعلي الداخل إلى محطة الرويمية أخفض بحوالي 70% من التركيز الوسطي التصميمي، بينما التركيز الوسطي الفعلي الداخل إلى محطة مرج معيربان أخفض بحوالي 56% من التركيز الوسطي التصميمي.

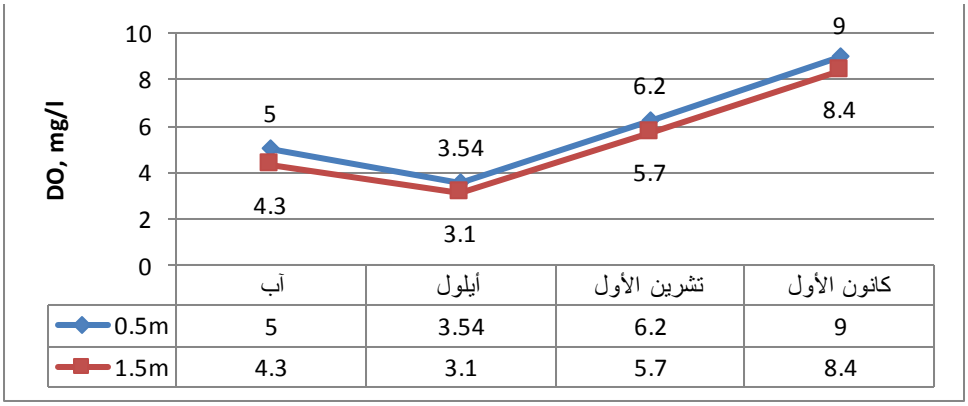
نلاحظ أن تراكيز BOD_5 في التدفق المُعالج الخارج من كلتا المحطتين أقل من الحدود المسموحة (20 mg/l) إلا أن التراكيز في مخرج محطة الرويمية أقل بقليل من الحدود المسموحة مما قد يشير إلى فعالية منخفضة ومتقلبة للمحطة.

قد يعزى هذا الانخفاض في التراكيز الداخلة إلى عدم وجود دراسات حقلية دقيقة لتحديد تراكيز الملوثات الفعلية التي تصمم على أساسها المحطات، أو إلى تحلل وترسب جزء من الملوثات العضوية داخل أنابيب شبكة الصرف الصحي أثناء نقلها إلى المحطة بسبب الأطوال الكبيرة لشبكة الصرف الصحي الداخلة إلى كلتا المحطتين، بالإضافة إلى أن نوع العينة المأخوذة للتحليل لا يعطي صورة دقيقة عن مواصفات مياه الصرف الصحي حيث أن جميع عينات التحليل هي عينات عشوائية تعطي معلومات عن تركيب المياه لحظة القطف فقط.

2) العوامل المؤثرة على تراكيز الأوكسجين المنحل خلال أشهر الدراسة:

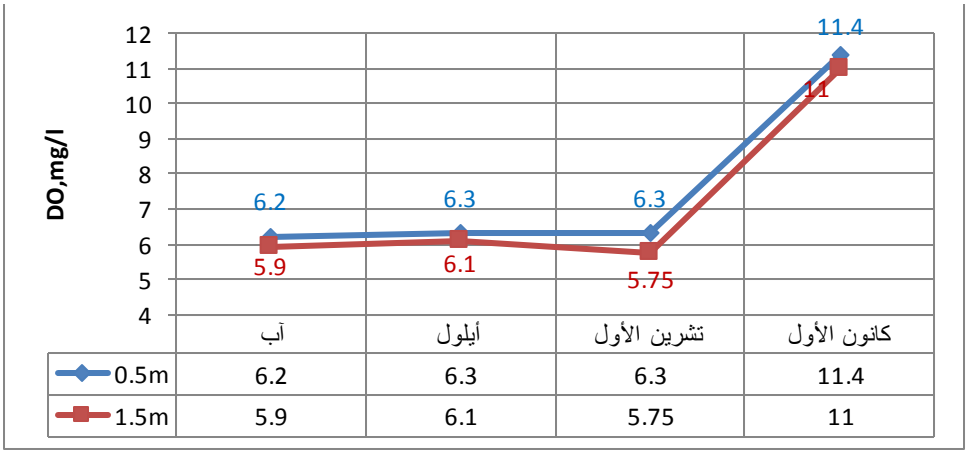
2-1) العمق:

تم تمثيل تأثير العمق على تركيز الأوكسجين المنحل في حوضي التهوية لكلتا المحطتين المدروستين خلال أشهر الدراسة على الشكلين (3)، (4).



	آب	أيلول	تشرين الأول	كانون الأول
0.5m	5	3.54	6.2	9
1.5m	4.3	3.1	5.7	8.4

الشكل (3): تراكيز الأوكسجين المنحل بالعلاقة مع العمق في حوض التهوية لمحطة معالجة مرج معيربان



	آب	أيلول	تشرين الأول	كانون الأول
0.5m	6.2	6.3	6.3	11.4
1.5m	5.9	6.1	5.75	11

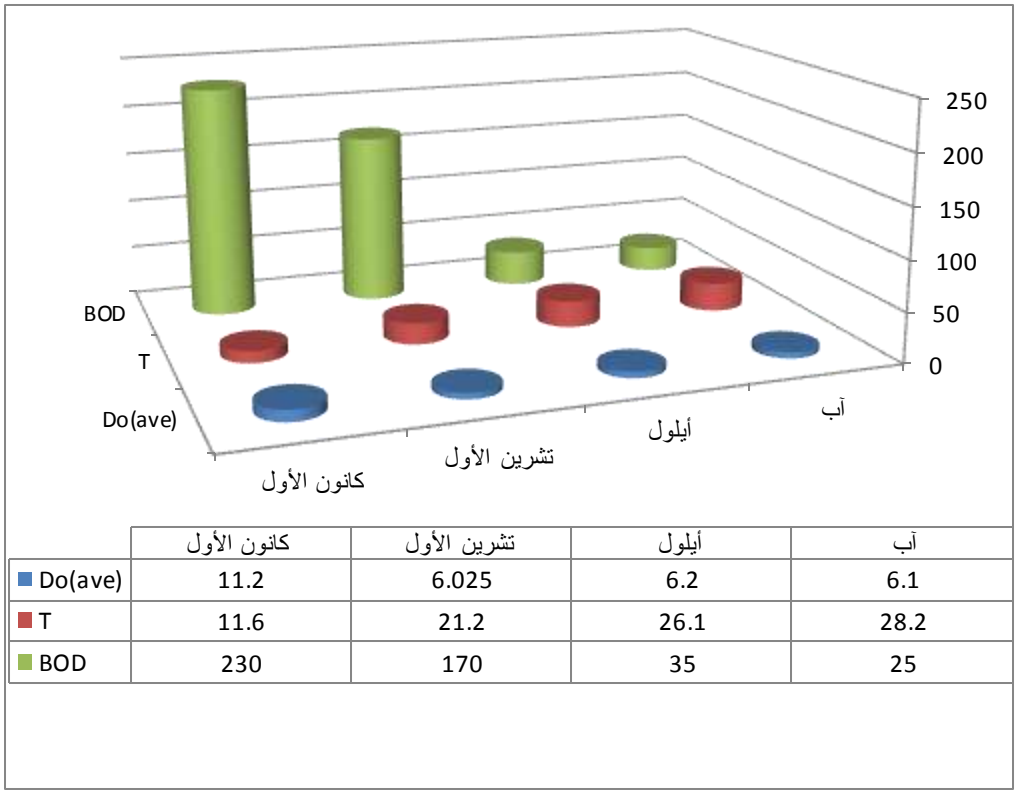
الشكل (4): تراكيز الأوكسجين المنحل بالعلاقة مع العمق في حوض التهوية لمحطة معالجة الرويمية.

يوضح الشكل (3) انخفاض تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية مع زيادة عمق نقطة الاعتيان في محطة مرج معيربان، بينما يشير الشكل (4) إلى انخفاض تراكيز الأوكسجين المنحل في الحوض مع زيادة العمق، مما يدل على حدوث تبادل أوكسجيني بالتماس مع الهواء الخارجي عند سطح الماء.

يلاحظ في محطة الرويمية أن تراكيز الأوكسجين المنحل تنخفض مع العمق رغم أن ناشرات الهواء تتوضع عند قاع الحوض مما يحتم زيادة تراكيز الأوكسجين مع الارتفاع عن موقع الناشرات وهو يتعارض مع مقاطع الأوكسجين المنحل لناشرات الهواء، بينما في محطة مرج معيربان تنخفض تراكيز الأوكسجين المنحل مع زيادة عمق الحوض بسبب استعمال مهويات سطحية مما يتفق مع مقطع الأوكسجين المنحل للمهويات السطحية.

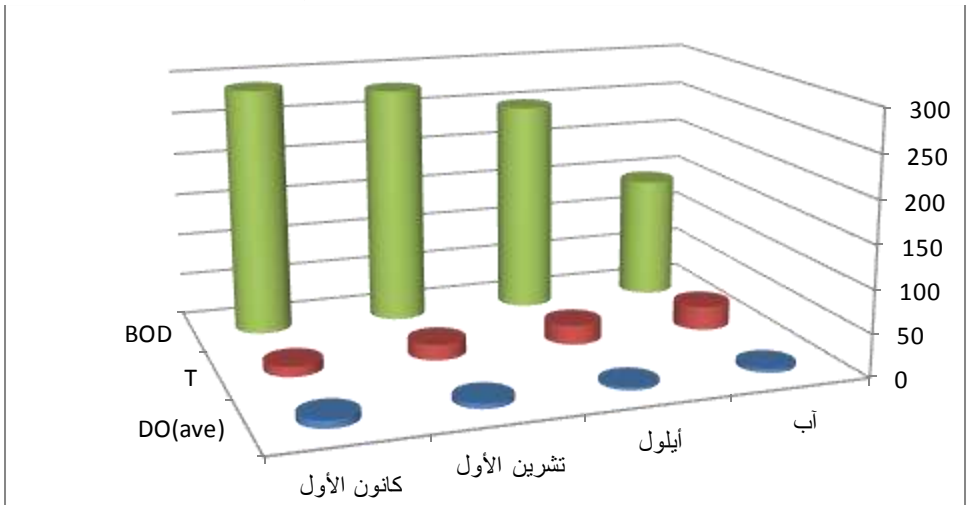
2-2) الطلب الحيوي للأوكسجين BOD_5 ودرجة الحرارة:

تم تمثيل العلاقة بين الأوكسجين المنحل وتراكيز BOD_5 ودرجة الحرارة في محطات المعالجة المدروسة في الشكلين (5) و(6)، حيث تعبر قيم الأوكسجين المنحل ودرجات الحرارة في الشكلين عن القيمة الوسطية لتراكيز الأوكسجين المنحل المُقاسة عند كلا العمقين 0.5m و 1.5m ولمختلف نقاط الاعتيان.



	كانون الأول	تشرين الأول	أيلول	آب
Do(ave)	11.2	6.025	6.2	6.1
T	11.6	21.2	26.1	28.2
BOD	230	170	35	25

الشكل (5): تأثير درجة الحرارة و BOD_5 على الأوكسجين المنحل في محطة معالجة الرويمية.



	كانون الأول	تشرين الأول	أيلول	آب
DO(ave)	8.6	6	3.3	4.65
T	11.8	18.3	22.6	28.2
BOD	290	280	250	145

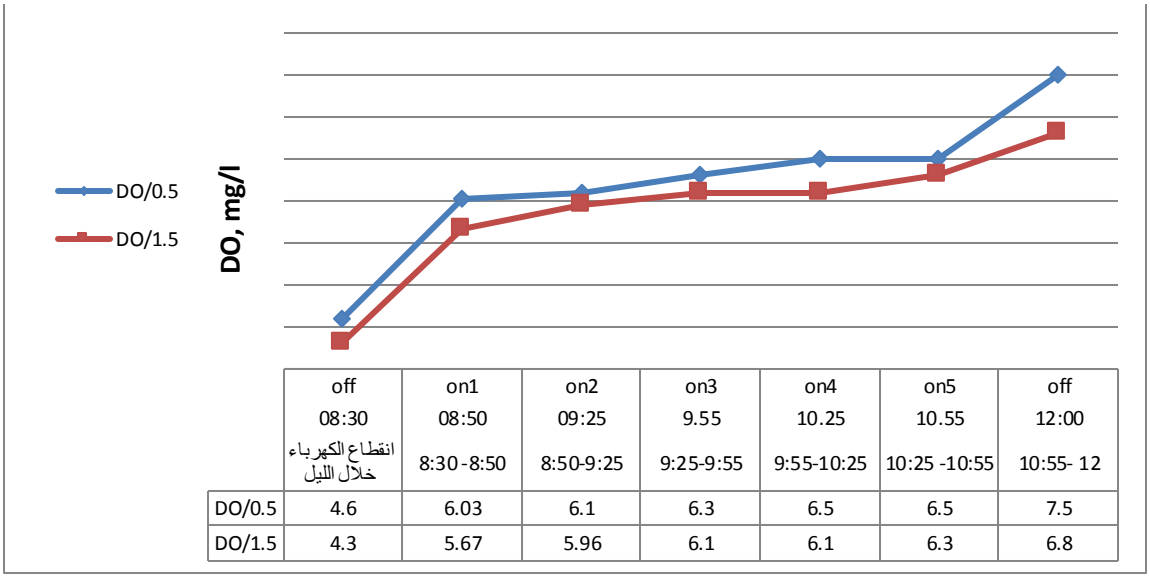
الشكل (6): تأثير درجة الحرارة و BOD على الأوكسجين المنحل في محطة معالجة مرج معيربان.

على الرغم من أن تركيز الأوكسجين المنحل يعد مؤشراً على درجة تلوثها فإذا كانت درجة التلوث عالية وكمية المواد العضوية كبيرة فيمكن أن ينعدم تركيز الأوكسجين المنحل في المياه بسبب استهلاكه من قبل البكتريا لأكسدة المواد العضوية وذلك حسب درجة تعويض الأوكسجين المنحل من قبل التهوية الطبيعية وأجهزة التهوية المستخدمة، إلا أننا نلاحظ من الشكلين (5) و (6) أن تراكيز الأوكسجين المنحل بقيت مرتفعة رغم ارتفاع حمولة التلوث الداخل إلى المحطات المدروسة، مما يشير إلى أن تعويض الكميات المستهلكة من الأوكسجين المنحل يتم على حساب انحلاله من الغلاف الجوي ومن الجريان في منشآت المعالجة السابقة (الحواجز القضبانية ومصائد الرمال).

نلاحظ أيضاً أن ارتفاع درجة حرارة المياه يقلل من انحلال غاز الأوكسجين فيها، ففي شهر آب (صيفاً) بلغ تركيز الأوكسجين المنحل 6.1mg/l في الرويمية و 4.65 mg/l في محطة مرج معيربان، أما في شهر كانون الأول (شتاءً) 8.6 mg/l في مرج معيربان و 11.2 mg/l في الرويمية، أي أن النقص في تركيز الأوكسجين المنحل في مياه الصرف يكون أخفض ما يمكن في فصل الصيف، وهو يتوافق مع ما تورده المراجع العلمية (2) و (4).

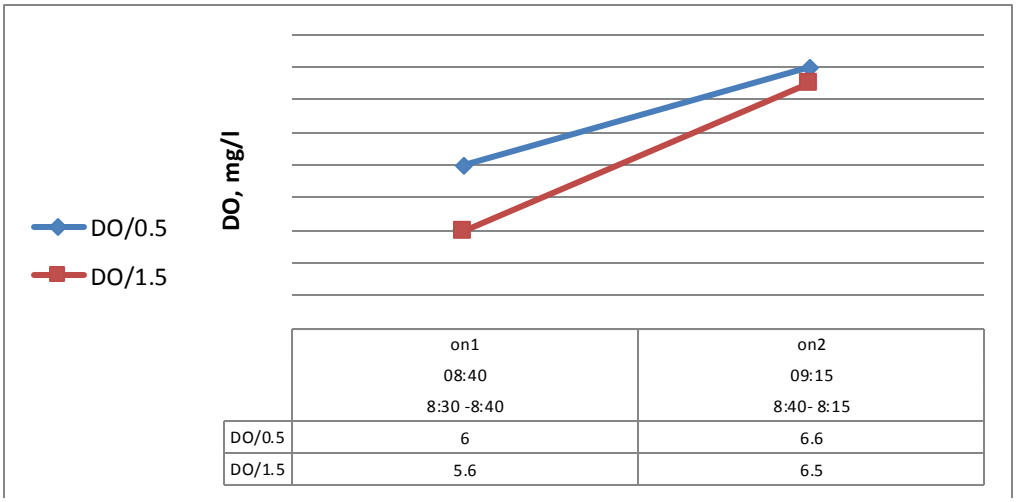
3) **تأثير دورة التهوية في تراكيز الأوكسجين المنحل:**

يمكن وصف مقطع التهوية بتكرار الدوران، حيث تتكون كل دورة من فترة تشغيل التهوية air on تليها فترة إطفاء التهوية air off، تم تمثيل العلاقة بين تركيز الأوكسجين المنحل ودورة التهوية ممثلة بساعة القياس في الأشكال (7، 8، 9، 10،11، 12، 13، 14) حيث يمثل السطر الأول من جدول البيانات حالة التهوية (on ,off)، أما السطر الثاني فيمثل دورة التهوية والسطر الثالث يمثل لحظة القياس. تعمل المحطتان المدروستان بنظام on/off، إذ تمتد فترة التشغيل لـ 10 دقائق وفترة الإطفاء لـ 20 دقيقة، وبمقارنة تراكيز الأوكسجين المنحل مع دورة التهوية نلاحظ ارتفاع تراكيز الأوكسجين المنحل مع استمرار عمل المهويات إلى قيم أعلى بكثير من القيمة المرجعية 2 mg/l وهذا **يقود إلى استهلاك مرتفع للطاقة في المحطة ومشاكل تشغيلية مختلفة.**



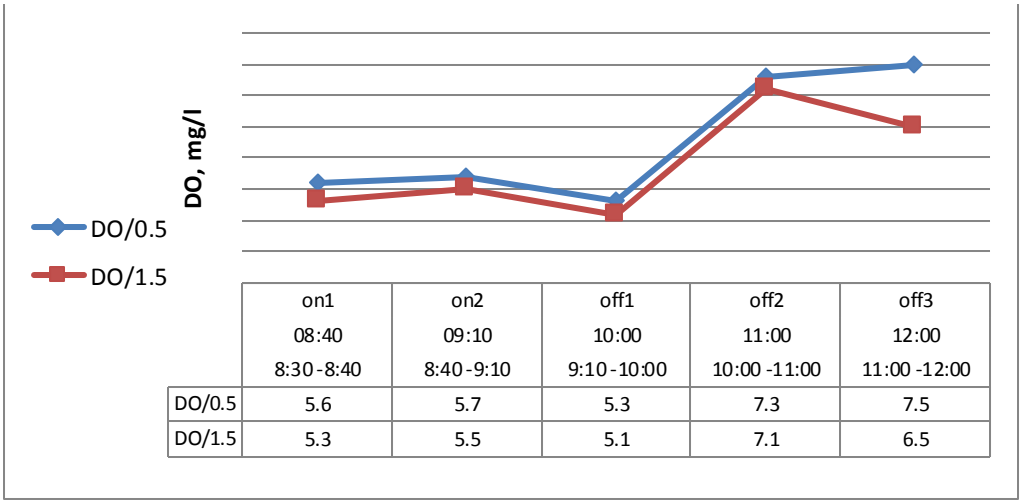
	off 08:30 انقطاع الكهرباء خلال الليل	on1 08:50 8:30-8:50	on2 09:25 8:50-9:25	on3 9.55 9:25-9:55	on4 10.25 9:55-10:25	on5 10.55 10:25 -10:55	off 12:00 10:55- 12
DO/0.5	4.6	6.03	6.1	6.3	6.5	6.5	7.5
DO/1.5	4.3	5.67	5.96	6.1	6.1	6.3	6.8

الشكل (7): تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة معالجة الرويمية بالعلاقة مع دورة التهوية عند الأعماق 0.5m و1.5m في شهر آب



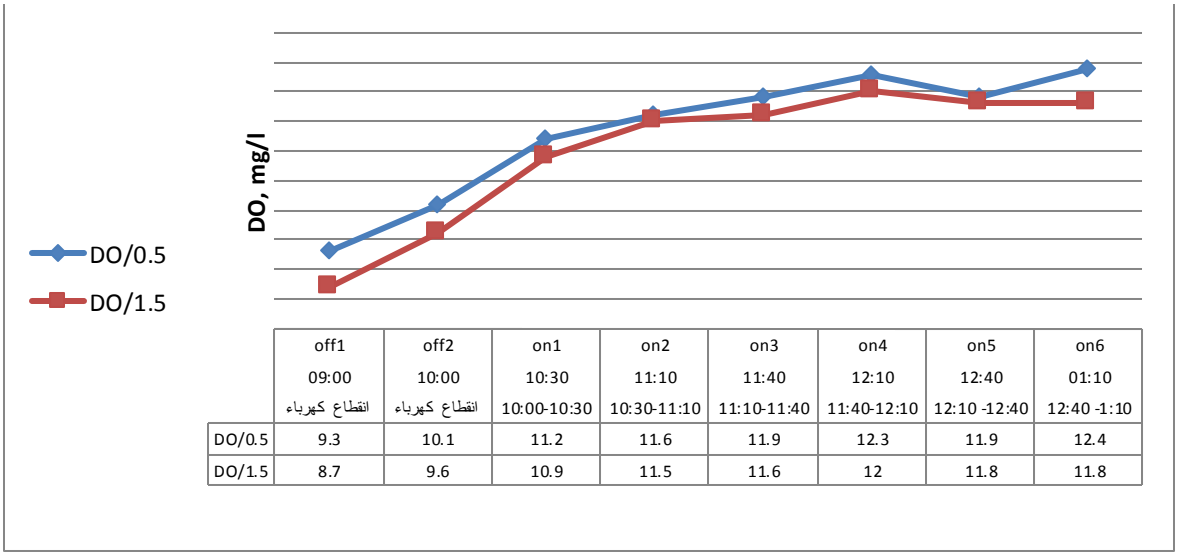
	on1 08:40 8:30 -8:40	on2 09:15 8:40- 8:15
DO/0.5	6	6.6
DO/1.5	5.6	6.5

الشكل (8): تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة معالجة الرويمية بالعلاقة مع دورة التهوية عند الأعماق 0.5m و1.5m في شهر أيلول



	on1 08:40 8:30 -8:40	on2 09:10 8:40 -9:10	off1 10:00 9:10 -10:00	off2 11:00 10:00 -11:00	off3 12:00 11:00 -12:00
DO/0.5	5.6	5.7	5.3	7.3	7.5
DO/1.5	5.3	5.5	5.1	7.1	6.5

الشكل (9): تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة معالجة الرويمية بالعلاقة مع دورة التهوية عند الأعماق 0.5m و1.5m في شهر تشرين الأول

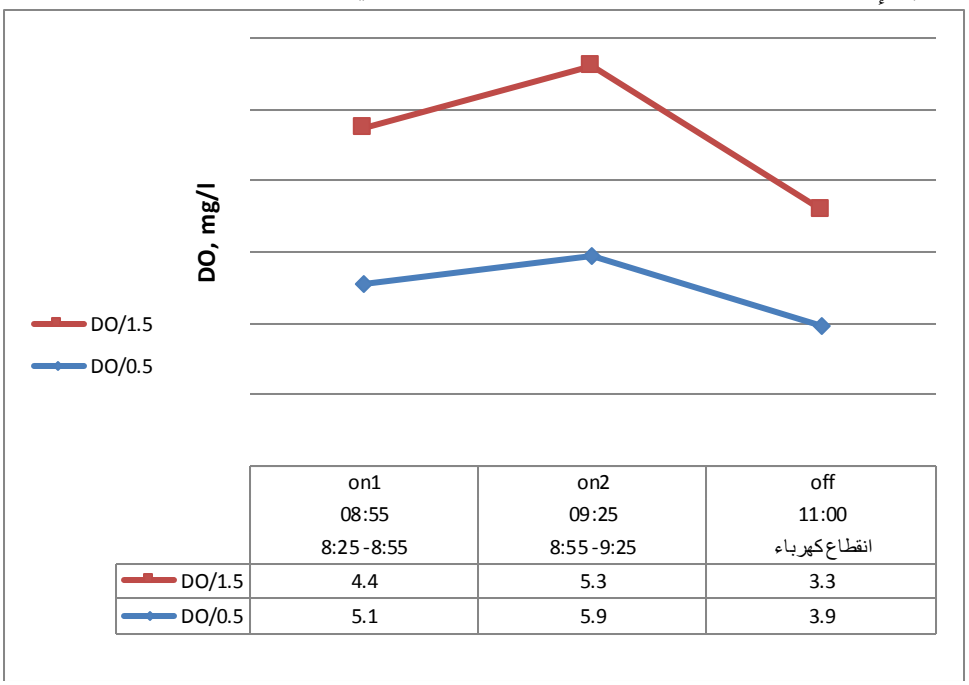


	off1 09:00 انقطاع كهرباء	off2 10:00 انقطاع كهرباء	on1 10:30 10:00-10:30	on2 11:10 10:30-11:10	on3 11:40 11:10-11:40	on4 12:10 11:40-12:10	on5 12:40 12:10 -12:40	on6 01:10 12:40 -1:10
DO/0.5	9.3	10.1	11.2	11.6	11.9	12.3	11.9	12.4
DO/1.5	8.7	9.6	10.9	11.5	11.6	12	11.8	11.8

الشكل (10): تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة معالجة الرويمية بالعلاقة مع دورة التهوية عند الأعماق 0.5m و1.5m في شهر كانون الأول

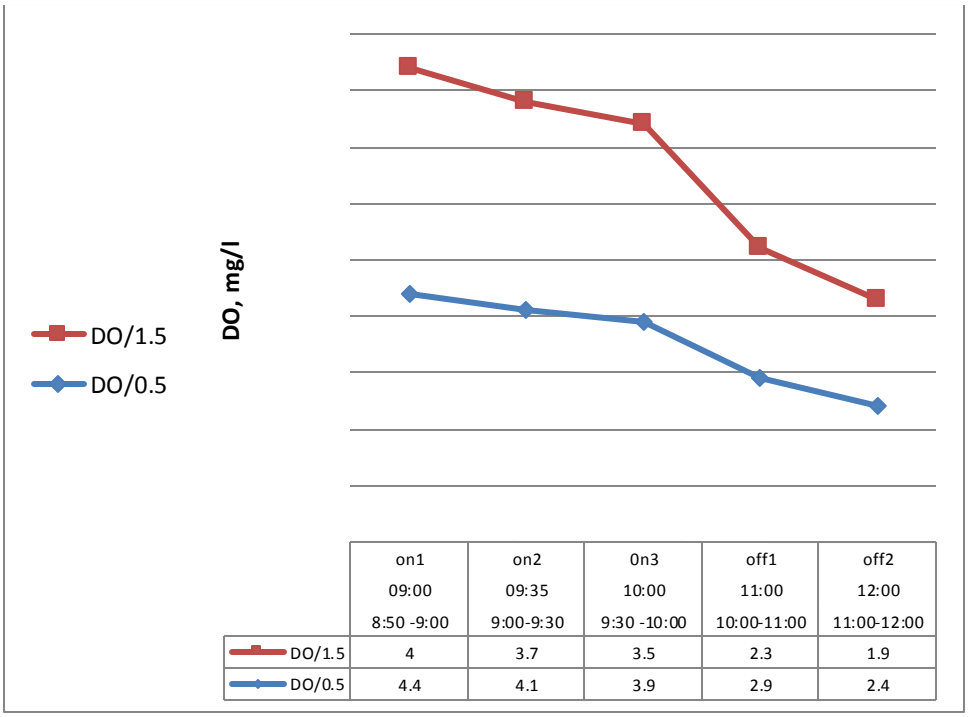
تبين النتائج الواردة على الأشكال السابقة انخفاض تركيز الأوكسجين المنحل مع العمق في أحواض تهوية محطة معالجة الرويمية رغم أن ناشرات الهواء تتوضع عند قاع الحوض مما يحتم انخفاض تراكيز الأوكسجين مع زيادة عمق الحوض.

نلاحظ أنه رغم توقف ناشرات الهواء عن العمل في الرويمية بسبب انقطاع الكهرباء ولمدة تزيد أحياناً عن الثلاث ساعات في المحطة إلا أن التراكيز كانت تزداد على الأعماق 0.5 m و 1.5 m وتنخفض مع العمق مما يشير إلى انحلال جيد للأوكسجين المنحل من الهواء الجوي وإلى استهلاك نسبة من الأوكسجين من قبل البكتريا في الأعماق المنخفضة.



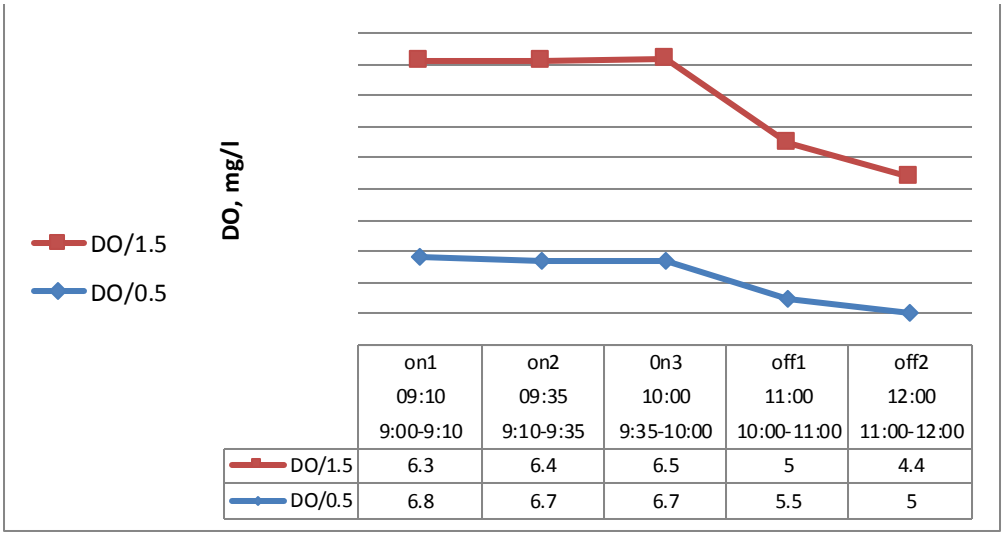
	on1 08:55 8:25 -8:55	on2 09:25 8:55 -9:25	off 11:00 انقطاع كهرباء
DO/1.5	4.4	5.3	3.3
DO/0.5	5.1	5.9	3.9

الشكل (11): تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة معالجة مرج معيربان بالعلاقة مع دورة التهوية عند الأعماق 0.5m و1.5m في شهر آب



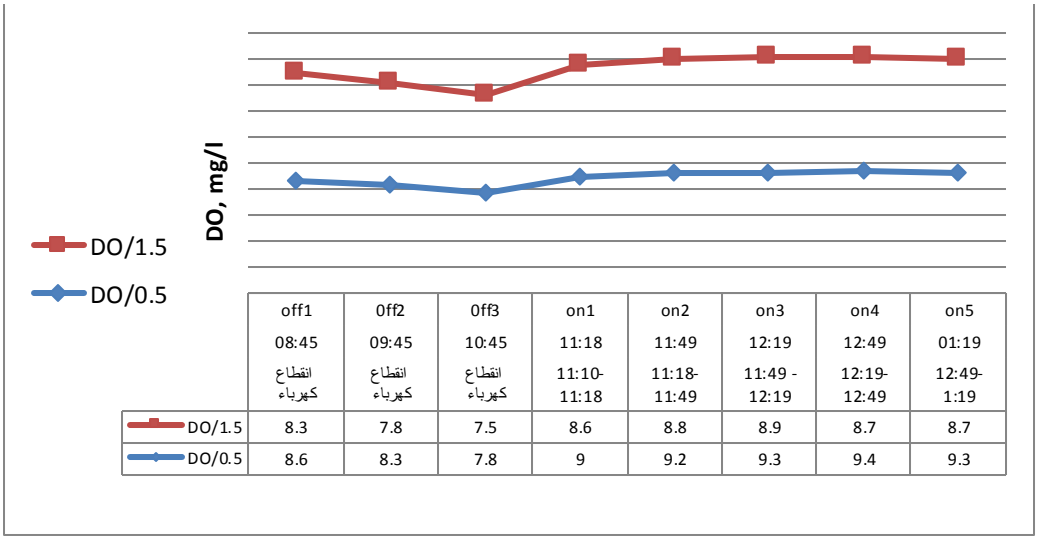
	on1 09:00 8:50 -9:00	on2 09:35 9:00-9:30	0n3 10:00 9:30 -10:00	off1 11:00 10:00-11:00	off2 12:00 11:00-12:00
DO/1.5	4	3.7	3.5	2.3	1.9
DO/0.5	4.4	4.1	3.9	2.9	2.4

الشكل (12): تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة معالجة مرج معيربان بالعلاقة مع دورة التهوية عند الأعماق 0.5m و1.5m في شهر أيلول



	on1 09:10 9:00-9:10	on2 09:35 9:10-9:35	0n3 10:00 9:35-10:00	off1 11:00 10:00-11:00	off2 12:00 11:00-12:00
DO/1.5	6.3	6.4	6.5	5	4.4
DO/0.5	6.8	6.7	6.7	5.5	5

الشكل (13): تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة معالجة مرج معيربان بالعلاقة مع دورة التهوية عند الأعماق 0.5m و1.5m في شهر تشرين الأول



	off1 08:45 انقطاع كهرباء	0ff2 09:45 انقطاع كهرباء	0ff3 10:45 انقطاع كهرباء	on1 11:18 11:10-11:18	on2 11:49 11:18-11:49	on3 12:19 11:49 - 12:19	on4 12:49 12:19-12:49	on5 01:19 12:49-1:19
DO/1.5	8.3	7.8	7.5	8.6	8.8	8.9	8.7	8.7
DO/0.5	8.6	8.3	7.8	9	9.2	9.3	9.4	9.3

الشكل (14): تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة معالجة مرج معيربان بالعلاقة مع دورة التهوية عند الأعماق 0.5m و1.5m في شهر كانون الأول

نلاحظ في محطة مرج معيربان أن تراكيز الأوكسجين المنحل قد انخفضت مع توقف عمل المهويات السطحية مما يعني أن استهلاك الأوكسجين المنحل يتم استهلاكه من قبل البكتريا في حوض التهوية، وهذا يشير إلى الأداء الجيد لمحطة مرج معيربان مقارنة بأداء محطة الرويمية.

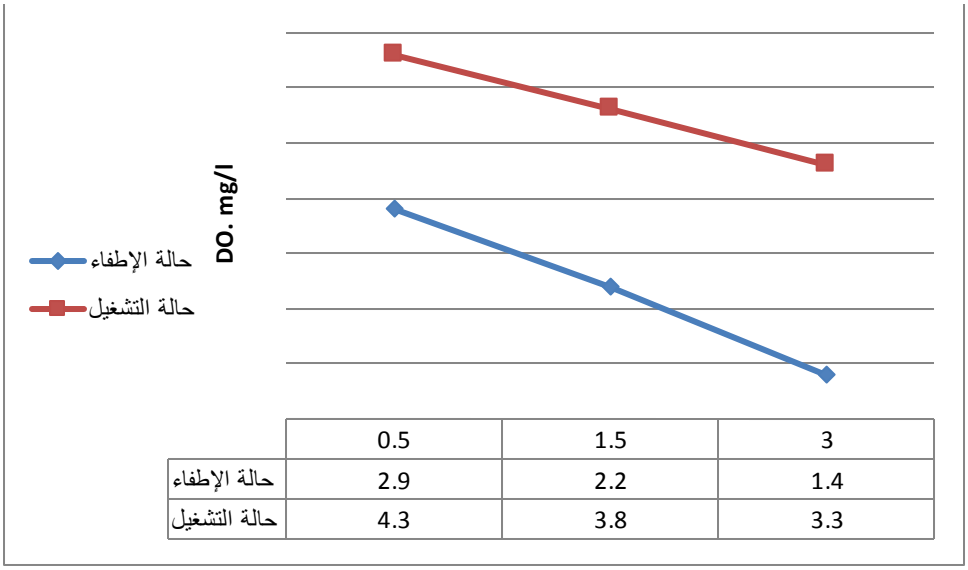
نلاحظ في كلتا المحطتين أنه ونتيجة لانقطاع التيار الكهربائي لفترات طويلة تتجاوز أحياناً الثلاث ساعات تترسب الكتلة الحيوية الممزوجة في حوض التهوية إلى قاع الحوض ولمنع حدوث ذلك لا بد من توفير أجهزة مزج متوافقة مع تقنيات الطاقة المتجددة وذلك بحيث يتم تخفيض استهلاك الطاقة المطلوبة للتهوية لأن المهويات في كلتا المحطتين تستعمل لتأمين التهوية والمزج الجيد لمياه الصرف الصحي في الحوض.

نلاحظ أن تراكيز الأوكسجين المنحل في مياه الصرف تختلف في الصيف عنها في الشتاء، وهي قيم مرتفعة في الشتاء بتأثير مياه الأمطار، مما يشير إلى ضرورة تخفيض عمل المهويات لتجنب مشاكل التهوية الزائدة ومن أجل توفير الطاقة.

نلاحظ أن تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في كلا المحطتين لم تنخفض عن 2 mg/l وهي القيمة المرجعية لتراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية، وقد يعزى ذلك إلى التشغيل المستمر لأجهزة التهوية وفق مؤقت زمني وليس اعتماداً على حساسات الأوكسجين المنحل بالإضافة إلى انخفاض قيم الملوثات العضوية الداخلة، لكن التهوية الزائدة تؤدي إلى تشكل ندف دبوسية تخرج مع التدفق المعالج وترفع مؤشرات التلوث وهي أيضاً عملية مكلفة من حيث استهلاك الطاقة لذلك لا بد من تقييم إستراتيجية التهوية الحالية.

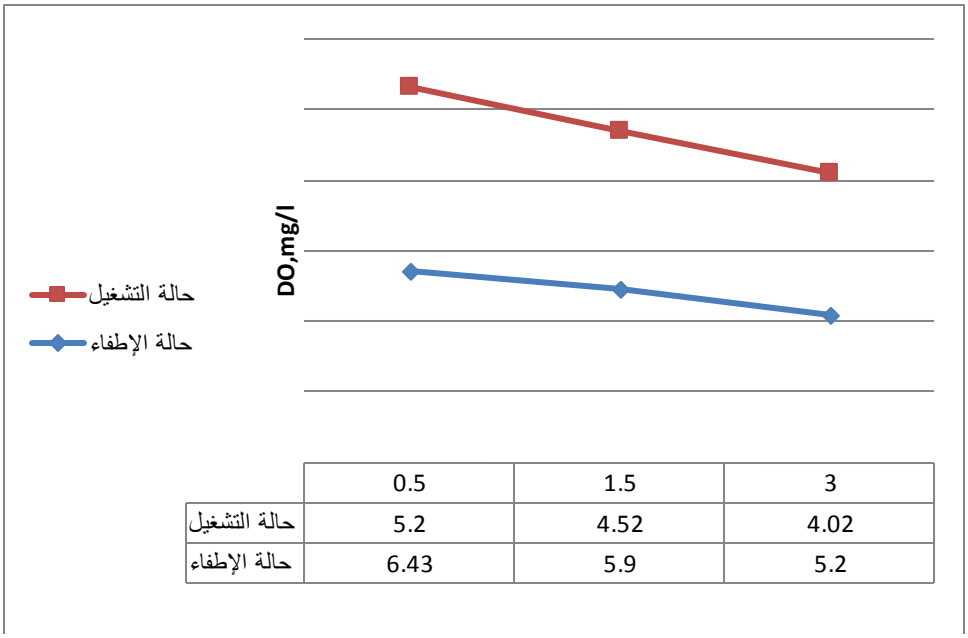
4) رسم مخططات الأوكسجين المنحل في حوض التهوية حتى عمق حتى 3m:

تم اعتيان تراكيز الأوكسجين المنحل في محطة مرج معيربان لشهر تموز 2014 على أعماق 0.5m، 1.5m، 3m بدرجة حرارة وسطية للحوض 28.6°C، ورسم مخطط تراكيز الأوكسجين المنحل لمختلف النقاط المُقاسة وفق الشكل (15)، بينما تم اعتيان تراكيز الأوكسجين المنحل في محطة الرويمية لشهر أيلول 2014 على أعماق 0.5m، 1.5m، 3m بدرجة حرارة وسطية للحوض 26.2 °C، ورسم مخطط تراكيز الأوكسجين المنحل لمختلف النقاط المُقاسة وفق الشكل (16).



	0.5	1.5	3
حالة الإطفاء	2.9	2.2	1.4
حالة التشغيل	4.3	3.8	3.3

الشكل (15): مقطع تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة مرج معيربان لشهر تموز 2014



	0.5	1.5	3
حالة التشغيل	5.2	4.52	4.02
حالة الإطفاء	6.43	5.9	5.2

الشكل (16): مقطع تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في محطة الرويمية لشهر أيلول 2014

نلاحظ من الشكلين السابقين أن تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في كلتا المحطتين تنخفض مع العمق سواء أثناء التشغيل أو أثناء الإطفاء وهو يتوافق مع المخطط النموذجي لتوزع تراكيز الأوكسجين المنحل من أجل المهويات الميكانيكية ويتعاكس مع المخطط النموذجي الخاص بالناشرات، ويلاحظ أيضاً أن التراكيز أثناء التشغيل أعلى من القيمة المرجعية 2mg/l .

تنخفض قيم التراكيز أثناء الإطفاء عنها أثناء التشغيل بشكل واضح وعلى عمق 3m من سطح الماء في محطة مرج معيربان إلى 1.4 mg/l مما يعني أن هناك انخفاضاً إلى ما دون 1mg/l في الأعماق الأخرى وقد يعزى ذلك إلى ترسب الحمأة في الحوض أثناء القطع (سواء الناتج عن دورة التهوية أو القطع الناتج عن التقنين الكهربائي في مواقع المحطات المدروسة) مما يدفع إلى استخدام أجهزة مزج لمنع عملية الترسب هذه ولمنع تشكل الظروف اللا هوائية في القاع، بينما في محطة الرويمية تزداد تراكيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية أثناء القطع حتى عمق 3m عنها أثناء التشغيل وقد يعزى ذلك إلى انخفاض الحمولة العضوية في حوض التهوية وإلى انحلالية جيدة للأوكسجين المنحل من الغلاف الجوي وإلى سوء إدارة أجهزة التهوية (تشغيلاً وتنظيفاً).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. إن أداء المهويات الميكانيكية في محطة مرج معيربان أفضل من أداء ناشرات الهواء في محطة الرويمية.
2. انخفاض تراكيز الأوكسجين المنحل مع العمق في محطة الرويمية رغم أن ناشرات الهواء تتوضع في قاع الحوض، وارتفاع التراكيز عند سطح الحوض يشير إلى حدوث عملية تبادل مع الهواء الجوي، كما لوحظ انخفاض تراكيز الأوكسجين المنحل مع زيادة العمق في محطة مرج معيربان بسبب استعمال المهويات السطحية.
3. تساهم إستراتيجية التهوية الحالية التي تعتمد 10 دقائق تشغيل لجهاز التهوية و20 دقيقة للإطفاء في حدوث مشاكل التهوية الزائدة واستهلاك كبير للطاقة.

4. زيادة تراكيز الأوكسجين المنحل عن القيمة المرجعية 2 mg/l في مختلف النقاط يساهم في استهلاك مرتفع للطاقة وحدوث مشاكل تشغيلية.

التوصيات:

a) دراسة أسباب انخفاض كفاءة عمل ناشرات الهواء في محطة معالجة الرويمية.

b) الأخذ في الحسبان دور التهوية الطبيعية عند تصميم أجهزة التهوية في محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

c) استخدام أجهزة المزج لمنع ترسب الكتلة الحيوية في حوض التهوية في فترات إيقاف المهويات والاعتماد في تشغيل هذه المهويات على تقنيات الطاقة المتجددة.

d) اعتماد التراكيز الأصغرية للأوكسجين المنحل (2 mg/l) كأداة لتشغيل المهويات.

المراجع:

1. AMANDA, L. CARLSSON, B. *Optimal aeration control in a nitrifying activated sludge Process*. Water Research, Vol. 46, 2012, 2101-2110.

2. American Public Health Association (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th ed., American Public Health Association. Washington,1992.

3. American Society of Civil Engineers (ASCE). *Measurement of oxygen transfer in clean water*. ISBN-13: 978-0-7844-0848-3, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 2007.

4. CRISTEA, S.; DE PRADA, C.; SARABIA, D.; GUTIERREZ, G. *Aeration control of a wastewater treatment plant using hybrid NMPC*. Computers and Chemical Engineering. Vol.35 , 2011, 638–650.

5. DESCOINS, N.; DELERIS ,S.; LESTIENNE, R.; TROUVÉ, E.; MARÉCHAL, F. *Energy efficiency in waste water treatments plants: Optimization of activated sludge process coupled with anaerobic digestion*. Energy xxx , 2011, 1-12.

6. HOBSON, T. *Activated sludge, Evaluating and Controlling Process*. 2nd.ed., Mckenna,1992.

7. METCALF and EDDY. *Wastewater Engineering, Treatment and reuse*. 4rd ed., McGraw Hill, 1991,425.

8. ROSEN, C. *A chemometric approach to process monitoring and control- with applications to wastewater treatment operation*. PhD thesis, Lund University, Lund, Sweden, 2001, 34.

9. WEIJERS, S. *Modelling, identification and control of activated sludge plants for nitrogen removal*. PhD thesis, Technical University, Eindhoven, 2000, 51-54.