

مملكة البحرين

الهيئة العامة لحماية الثروة البحرية والبيئة والحياة الفطرية

الإدارة العامة لحماية البيئة والحياة الفطرية

خليج توبلي

2012

## الملخص

يمتاز خليج تبولي بأهمية بيئية عالية القيمة من النواحي البيولوجية والاقتصادية والاجتماعية والعلمية والثقافية. فهو يتصدر قائمة الموانئ المهمة لحضانة الثروات السمكية التجارية بالمياه الإقليمية للمملكة، إضافة لما ينفرد به عن باقي المناطق من مقومات فيزيوكيميائية وبيولوجية مميزة. كما أن له موروثاً ثقافياً متجذراً في ذاكرة الإنسان البحريني عبر الأجيال المختلفة لما يمثله من إسهامات جمة في دعم الاقتصاد الوطني منذ تلك العصور حتى وقتنا الراهن. كما أن خليج تبولي محمية طبيعية، وكذلك بموجب قانون 35 لسنة 2006 بخصوص اعتباره محمية طبيعية، وكذلك بموجب اتفاقية الأراضي الرطبة والمعروفة باتفاقية رامسار، وذلك بعد انضمام البحرين إليها عام 1996م. وعلى الرغم من ذلك فقد رصدت مؤشرات عدة دلت على تدهور الوضع البيئي للخليج كان آخرها ارتفاع نسبة الأمونيا في المياه بشكل تسبب في إغلاق محطة سترة لتحلية المياه لعدم تمكنها من مزاوله عمل المحطة. لم يكن هناك مصدر تأثير واحد يمكن نسب هذا التدهور إليه، ولكن هناك عدد من المصادر يتوقع أن أنشطتها مجتمعة أدت إلى ذلك الوضع، إلا أن أهمها وأكبرها هو وجود مصب لمركز تبولي لمعالجة مياه الصرف الصحي.

ولدراسة تأثير مصب محطة خليج تبولي للصرف الصحي على جودة البيئة البحرية للخليج، فقد تم إختيار عشرة مواقع بحرية في المرحلة الأولى، أضيفت لهم ثمانية (8) مواقع أخرى في المرحلة الثانية. والجدير ذكره، فقد تم جمع العينات على مدى فترة الدراسة في فترة الجزر (low tide)، بغية معرفة مدى انتشار وتأثير المؤشرات البيئية لمحطة خليج تبولي للصرف الصحي على جودة البيئة البحرية للخليج من جانب، وضمان ثبات نسق وقت أخذ العينات.

وقد تم تحليل أربعة عشر من المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه (التوصيل الكهربائي، والملوحة، والأس الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، وكمية الأكسجين المذاب، والنترات (NO-3)، والنترت (NO-2)، والأمونيا (NH+4)، والفوسفات (PO-4)، ومجموع المواد العالقة (T.S.S.)، واليخضور (chlorophyll -a)، و Total Coliform و Fecal Coliform، و Streptococci و bacteria، وذلك لكل موقع من المواقع الثمانية عشر.

نظراً لاستمرار مركز تبولي لمعالجة المياه تصريف مياهه غير المعالجة حسب المواصفات والمعايير المطلوبة في لمثل هذه النوعية من المياه، ما زال خليج تبولي يتعرض إلى تغيرات سريعة

وكبيرة في الخواص الفيزيائية والكيميائية نتيجة التغيرات الكبيرة في كمية وجودة المياه المصرفة من مركز تولي لمعالجة المياه. حيث أن اختلاف نتائج تركيز المواد المغذية بين يوم وآخر بل بين وقت وآخر من نفس اليوم، ومصاحبتها لتغيير في درجة الملوحة تدل على تغيير كبير في كمية المياه المستلمة من محطة تولي مما يؤدي إلى تغييرات مفاجئة في بيئة الخليج، مما قد يؤثر على النظام الحيوي في الخليج. والذي قد يؤدي بدوره لتغيير كبير في مقدار الأوكسجين المذاب في المنطقة خصوصاً في المناطق التي تقع بعد منطقة تراكم الوحل (Sludge Area).

ومما يشد الإنتباه -على مدى فترة الدراسة - في تراكيز المواد المغذية هو دوام الإرتفاع العالي لمعظم تراكيز الأمونيا مقارنةً بالنترات، وخصوصاً في المواقع القريبة من المصب ( رقم 5 مثلاً)، حيث تدل على عدم اكتمال عملية النترجة (nitrification)، وهي إحدى أهم خطوات المعالجة الثنائية لمياه الصرف الصحي، حيث تقوم البكتيريا المتخصصة بتحويل الأمونيا الناتجة من المواد العضوية مثل البروتينات إلى نترت ( $NO_2^-$ ) ثم نترات ( $NO_3^-$ )، مما يرجح بقوة بأن مركز تولي لمعالجة المياه لا يعمل في الوقت الراهن بكفاءة تتيح له إنتاج مياه معالجة حسب المواصفات المطلوبة في هذه النوعية من المياه.

وكانت البكتيريا بجميع أنواعها الثلاثة؛ الكلي (Total Coliform)، والبرازي (العصوي) (Fecal Coliform)، والستربتوكوكس (Streptococci) منتشرة بنسب متفاوتة في معظم أنحاء الخليج، كان أعلاها بالقرب من المصب في الموقع رقم (5)، والموقعين القريبين منه رقمي (3 و 4) حيث كان تركيز البكتيريا في هذه المواقع الثلاثة عالياً، من الملاحظ أن المواقع (14-18) الجنوبية من الخليج، لا يطالها تأثير المخلفات السائلة لمصب مركز تولي لمعالجة مياه المجاري إلا بصورةٍ محدودةٍ جداً.

تشير التحليلات الإحصائية للنتائج طوال فترة الدراسة الممتدة من يونيو 2009 وحتى أبريل 2012، إلى أن المؤشرات البيئية في الموقع رقم 5 مختلفة إحصائياً عن بقية المواقع، وقد يعني ذلك أن الموقع 5 القريب من المصب يحوي تركيزات مصدرها مركز تولي لمعالجة المياه

هذه الدراسة والمراقبة المستمرة للخليج، تؤكد ما ذهبت إليه جميع الدراسات المعنية بخليج تولي على أن مركز تولي لمعالجة المياه ما زال يمثل مصدر تهديد بيئي للخليج، وتشير هذه الدراسة أيضاً، إلّا أنها كتطوراً في مستوى المعالجة وأن بعض المؤشرات البيئية مثل الفوسفات (phosphate)، والأمونيا (Ammonia)، والنترات (Nitrate) والبكتيريا (Bacteria) - بجميع أنواعها

الثلاثة- في إنخفاض تدريجي بالرغم من تذبذب تراكيزها بين فترة وأخرى. كما أن تراكيز الأكسجين المذاب (Dissolved Oxygen) والأس الهيدروجيني (pH) في عموم الخليج في تحسن مستمر. وقد يعزى ذلك لتحسن حركة التيارات البحرية في الخليج، وقد ظهر ذلك في انخفاض تراكيز الفوسفات (phosphate) في المناطق القريبة من المصب فيما تميل للزيادة في المناطق البعيدة. كما أن التحسن الملحوظ في تراكيز البكتيريا المختلفة يؤكد ذلك أيضاً.

من جانب آخر، يتضح بأن هناك انخفاض في عدد التجاوزات لغاز كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$ ، والأوزون  $O_3$ ، وثاني أكسيد الكبريت في الهواء الجوي في الفترة الزمنية من 2010 وحتى 2011، مما يشير لتحسن وضعية الهواء بالنسبة لهذه الملوثات في جزيرة النبية صالح. بينما ارتفاع الجسيمات العالقة لكل من  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$ ، يبدو له ارتباط بزيادة تركيزات الغبار العابر للحدود، والذي ينعكس بكل تأكيد على المناطق المختلفة في مملكة البحرين. كما أن زيادة المواد الهيدروكربونية غير الميثان في منطقة النبية صالح يمكن ربطه بالحركة المرورية بعد تحسين وضع الجسور والشوارع والطرق في المنطقة المحيطة بالجزيرة.

## جودة المياه في خليج توبلي

### أولاً: المقدمة

يمتاز خليج توبلي بأهمية بيئية عالية القيمة من النواحي البيولوجية والاقتصادية والاجتماعية والعلمية والثقافية، فهو يتصدر قائمة الموانئ المهمة لحضانة الثروات السمكية التجارية بالمياه الإقليمية للمملكة، إضافة لما ينفرد به عن باقي المناطق من مقومات فيزيوكيميائية وبيولوجية مميزة. علاوة على ذلك، تتواجد في خليج توبلي أوسع بيئة لنبات القرم وأكثرها ازدهاراً في المملكة، خاصة سواحل رأس سند. كما تتواجد رقع واسعة من الطحالب في المنطقة الوسطى من خليج توبلي، وخاصة تلك القريبة من قرية توبلي وجزيرة سترة. كما يعد خليج توبلي أحد الموانئ المهمة التي تقصدها الطيور المقيمة والمهاجرة لتقنات على الديدان والقشريات المتواجدة في مسطحاته الطينية. وبالتالي، فإن هذا الخليج يعتبر داعماً رئيسياً للأمن الغذائي للمملكة. إذ أن الثروة السمكية تعتبر مورداً طبيعياً متجدداً ومعيناً رافداً للاقتصاد الوطني، بالإضافة لما يمثله هذا الخليج من الناحية السمكية والاقتصادية، فإن له موروثاً ثقافياً متجذراً في ذاكرة الإنسان البحريني عبر الأجيال المختلفة لما يمثله من إسهامات جمة في دعم الاقتصاد الوطني منذ تلك العصور حتى وقتنا الراهن. كما أن خليج توبلي محمية طبيعية، بموجب قانون 35 لسنة 2006

بخصوص اعتباره محمية طبيعية، وكذلك بموجب اتفاقية الأراضي الرطبة والمعروفة باتفاقية رامسار، وذلك بعد انضمام البحرين إليها عام 1996م. وبالرغم من ذلك كله، لم تشفع لخليج توبلي أهميته الحيوية لتأمين الحماية الجديرة به، فقد تعرض خليج توبلي على مدى السنوات الأربعين الماضية، لضغوط متزايدة من الأنشطة البشرية؛ مثل عمليات الردم والدفان من الأجزاء الشمالية والغربية للخليج بهدف التنمية الحضرية التي تجري منذ عام 1956، فقد تقلصت مساحة هذا الخليج بنسبة كبيرة بفعل أنشطة الردم والتجريف. ومن أكثر المناطق تأثراً بعمليات الردم، مستنقعات القرم الواقعة في شمال خليج توبلي، إضافة إلى أجزاء كبيرة في الجزء الجنوبي منها، إذ طمرت تلك الأنشطة وقلصت مساحتها بشكل كبير، بحيث أصبح من المألوف مشاهدة بعض المنازل تحيط بجيب ضيق من بيئة القرم لم يتم دفنه حتى الآن.

كذلك الأمر بالنسبة لأنشطة معالجة مياه المجاري، فقد أكدت جميع الدراسات المعنية بخليج توبلي على أن مركز توبلي لمعالجة المياه يمثل مصدر تهديد للخليج منذ إنشائه. ففي مذكرة مرفوعة لمجلس الوزراء في تسعينيات القرن الماضي حول أهم المشاكل البيئية في مملكة البحرين أشارت إلى أن مستويات تراكيز المواد المغذية التي تقذف في خليج توبلي من مركز توبلي لمعالجة المياه كبيرة جداً، لذلك فإن احتمال اختلال التوازن لتلك المواد قد ينشأ، ما يسبب حالات غير صحية كظاهرة المد الأحمر، وموت الأسماك الصغيرة. كما أن مياه الصرف لمركز توبلي لمعالجة المياه والتي تصب في خليج توبلي تحتوي على تراكيز عالية من البكتيريا، والتي أكدت عليه هذه الدراسة. ونظراً لتوسع شبكة الصرف الصحي في المملكة والتي لم تصاحبها الزيادة اللازمة في القدرة الاستيعابية لمركز توبلي لمعالجة المياه، فقد أدى ذلك إلى طرح كميات كبيرة من المياه غير المعالجة في خليج توبلي، بالرغم من عدم ملائمتها للبيئة والصحة العامة، كما أنها تفوق النسب المسموح بها في القرار الوزاري رقم (10) لسنة 1999، بشأن المقاييس البيئية (الهواء والماء) وتعديلاته. وقد نتج عن ذلك تراكم كميات كبيرة من المواد الصلبة والعضوية في الخليج مما أثر سلباً على الظروف البيئية والبحرية وعلى التجمعات العمرانية المتاخمة للخليج.

تعد مياه الصرف الصحي من أكبر المشاكل التي تواجه المجتمعات المتحضرة، لما تحمله من العديد من المخاطر الصحية والإيكولوجية على الإنسان وبيئته المحيطة. وتتميز مشكلة مياه الصرف الصحي عن غيرها من المشاكل البيئية باحتواء مياهها على تراكيز عالية من خليط من الملوثات البيئية.

تم تقليص عدد المنشآت التي تقوم بتصريف المياه العادمة إلى خليج تبولي من 6 منشآت إلى 3 منشآت صناعية وخدمية؛ فقد تم الانتهاء تماماً وحل مشكلة تصريف شركة عبد الله أحمد ناس، وشركة أحمد منصور العالي، ومصنع الكبيسي لغسل الرمال، فيما لا زالت شركة المنارتين والشركة الشرقية تقوم بتصريف المياه الناتجة من وحدات التحلية التي تعمل بنظام التناضح العكسي (Reverse Osmosis)، مع الالتزام بالمعايير والاشتراطات البيئية الخاصة بتصريف المياه إلى البيئة البحرية والتي حددها القرار الوزاري رقم (10) لسنة 1999، بشأن المقاييس البيئية (الهواء والماء) وتعديلاته.

إن هذه الأنشطة هي القضايا الرئيسية التي تواجه استقرار واستدامة الخليج. وقد تناول العديد من العلماء والباحثين والمهتمين بالبيئة للتهديدات التي يتعرض لها خليج تبولي في الماضي وعلى الخصوص بعد اصدار القرار الوزاري رقم 1 لعام 1995 بشأن حظر واستصلاح الأراضي والبناء في خليج تبولي على أساس قرارات مجلس الوزراء في جلسته رقم 1341 في 16 أبريل 1995 بشأن توصيات اللجنة الوطنية لحماية الحياة البرية بشأن المحافظة على خليج تبولي.

ولا يمكن الفصل بأي شكل من الأشكال بين تأثيرات الأسباب السابقة الذكر، وهو ما يؤدي إلى بناء نتائج تكاد تكون مجتزئة لا تعطي صورة متكاملة لحقيقة الوضع في هذا المسطح المائي الهام والحيوي

## ثانياً: مواقع أخذ العينات:

لدراسة تأثير مصب محطة خليج تبولي للصرف الصحي على جودة البيئة البحرية للخليج، فقد تم إختيار عشرة مواقع بحرية في المرحلة الأولى، أضيفت لهم ثمانية (8) مواقع أخرى في المرحلة الثانية، ابتداء من الشمال الشرقي بالقرب من المعبر البحري الشمالي لجسر سترة، وبالقرب من مصب مركز تبولي لمعالجة المياه، مروراً بوسط الخليج وانتهاءً بالقرب من المعبر البحري الجنوبي لجسر سترة، موزعة على محورين جغرافيين كما هو موضح بالشكل 1-، حيث امتد المحور الأول من قرب مصب المحطة (الجهة الشمالية الغربية للخليج) إلى الجهة الشمالية لجزيرة النبيه صالح و يمثل بالمواقع رقم (1- 4) بالإضافة لـ 11 و 12، بينما امتد المحور الثاني من المصب إلى الجهة الجنوبية من جزيرة النبيه صالح وصولاً للمعايير جنوباً، مروراً بالجانب الغربي للجزيرة و يمثل بالمواقع رقم (14-18)، باستثناء الموقعين 11 و 12 اللذين أضيفا للمحور الأول. في حين يمثل الموقع رقم (5) نقطة الاتصال بين المحورين والموقع الأقرب إلى مصب المحطة (حيث يبعد حوالي 50 متراً من المصب).

شكل رقم (1) صورة جوية توضح المناطق (المربعات الحمراء) التي تم فيها قياس الخواص الفيزيائية والكيميائية



و قد تم تحليل أربعة عشر من المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه، وذلك لكل موقع من المواقع الثمانية عشر (التوصيل الكهربائي، والملوحة، والأس الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، وكمية الأكسجين المذاب، والنترات ( $NO_3^-$ )، والنترت ( $NO_2^-$ )، والأمونيا ( $NH_4^+$ )، والفوسفات ( $PO_4^-$ )، ومجموع المواد العالقة (T.S.S.)، واليخضور (chlorophyll -a)، و Total Coliform، و Fecal Coliform، و Streptococci bacteria، كما هو موضح في الجدول رقم (1).

وقد لاحظنا بأن جزءاً كبيراً من المنطقة الشمالية الغربية، القريبة من مصب مركز توبلي لمعالجة المياه، مياهها عكرة وراكدة، مع وجود كميات لأجزاء من المواد العضوية المحمولة في عمود الماء، التي يبدو أن مصدرها إما من مركز توبلي لمعالجة المياه والتي لم تتم معالجتها في مركز توبلي بصورة جيدة، أو جراء إعادة حملها (resuspension) في عمود الماء نتيجة لعمليات المد والجزر واضطراب القاع المملوء بكميات كبيرة جداً من المواد العضوية المتراكمة عبر السنين بالقرب من منطقة المصب.



## ثالثاً:

### الإجراءات التي تم اتخاذها

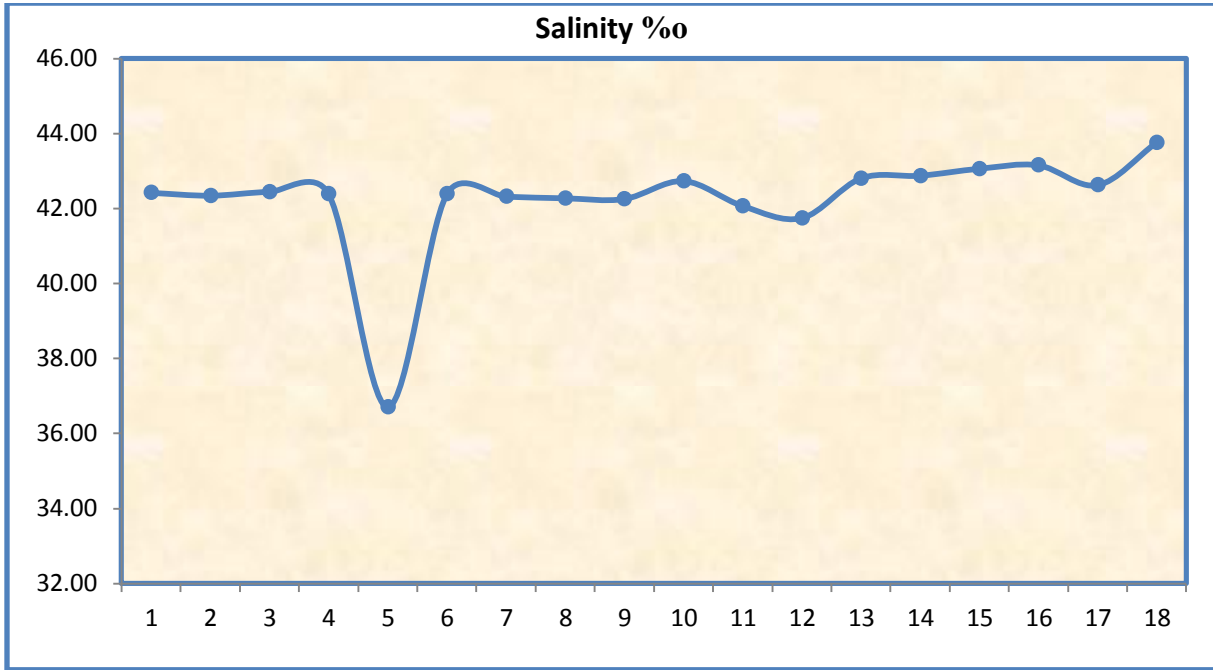
1. منذ 7 يونيو 2009 وحتى 13 يونيو 2010، تم مسح خليج تبلي وجمع 10 عينات من مياه البحر وتحليلها لخمس مرات،
2. منذ 27 أكتوبر 2010، وحتى 23 أبريل 2012، تم جمع وتحليل 18 عينة من مياه البحر، بالإضافة لعينة من المخلفات السائلة لمركز تبلي لمعالجة مياه المجاري، لسبع مرات،
3. تم تقليص عدد المنشآت التي تقوم بتصريف المياه العادمة إلى خليج تبلي من 6 منشآت إلى 3 منشآت صناعية وخدمية؛ فقد تم حل مشكلة تصريف شركة عبد الله أحمد ناس، وشركة أحمد منصور العالي، ومصنع الكبيسي لغسل الرمال حيث تم اتباع نظام الدائرة المغلقة، فيما لا زالت شركة المنارتين والشركة الشرقية تقوم بتصريف المياه الناتجة من وحدات التحلية التي تعمل بنظام التناضح العكسي (Reverse Osmosis)، مع الالتزام بالمعايير والاشتراطات البيئية الخاصة بتصريف المياه إلى البيئة البحرية والتي حددها القرار رقم (10) لسنة 1999 وتعديلاته إلا أن المشكلة تكمن في المياه المصروفة من محطة تبلي لمعالجة مياه المجاري، حيث تشير النتائج المستلمة من إدارة المحطة بوجود تجاوزات في تركيز الأمونيا وتركيز الزيوت والشحوم، مع ارتفاع ملحوظ في تركيز الفوسفات الكلي.
4. من خلال رصد المشاكل المتشعبة المتعلقة بخليج تبلي، ونظراً لتعدد العوامل التي أدت لتلك المشاكل و التي كان آخرها ما واجهته محطة سترة لتحلية المياه عام 2011، فقد كان لزاماً تحديد الحل لجميع تلك المشاكل. وكانت بداية الفكرة بدراسة هيدروليكية المياه والتأكد من مسار حركة مياه البحر لتتبع مصدر زيادة تركيز الأمونيا. لذا، تمت مراسلة بعض الشركات العاملة والمتخصصة في هذا المجال، وقد تلقت الهيئة العامة عرضين؛ وجدت الهيئة العامة أنعرض شركة دلتارس Deltares الهولندية أكثر شمولية وتكاملاً وتفهماً لوضع خليج تبلي. فقد إمتد المقترح ليغطي جوانب أبعد من مجرد دراسة حركة المياه، ليشمل دراسة جودة المياه و قيمة الخليج الإيكولوجية، مع تحليل النتائج وإستعراض ومناقشة الإجراءات العلاجية والإحترافية المطلوبة كمرحلة أولى. وعرض المقترح مرحلة لاحقة إختيارية، تغطي تطوير برنامج طويل المدى لمراقبة وإدارة الخليج وتدريب القائمين على الأمر على تنفيذ البرنامج. ويمتد المقترح لفترة زمنية مدتها 14 إسبوعاً، منها إسبوعين من أجل المسوحات المبدئية ثم 12 إسبوعاً من أجل تنفيذ

الدراسات المقترحة أعلاه. أما المرحلة الأخيرة و التي وصفها المقترح بأنها إختيارية تمتدلفترة تتراوح مدتها بين الخمسة والعشرة أسابيع.أما العرض الآخر فهو من شركة إتش آر ويلنجفورد HR Willingford والذي لم يحدد محتوى مرحلة ما بعد المسوحات الأولية معطين الأمر بأنه سيعتمد على نتائج المسوحات ولكن حدد دراسة حركة المياه وجودتها وترسبات القاع على أقل تقدير. كما أن الوقت والكلفة المادية أيضاً لم يتم تحديدهما ضمن المقترح.

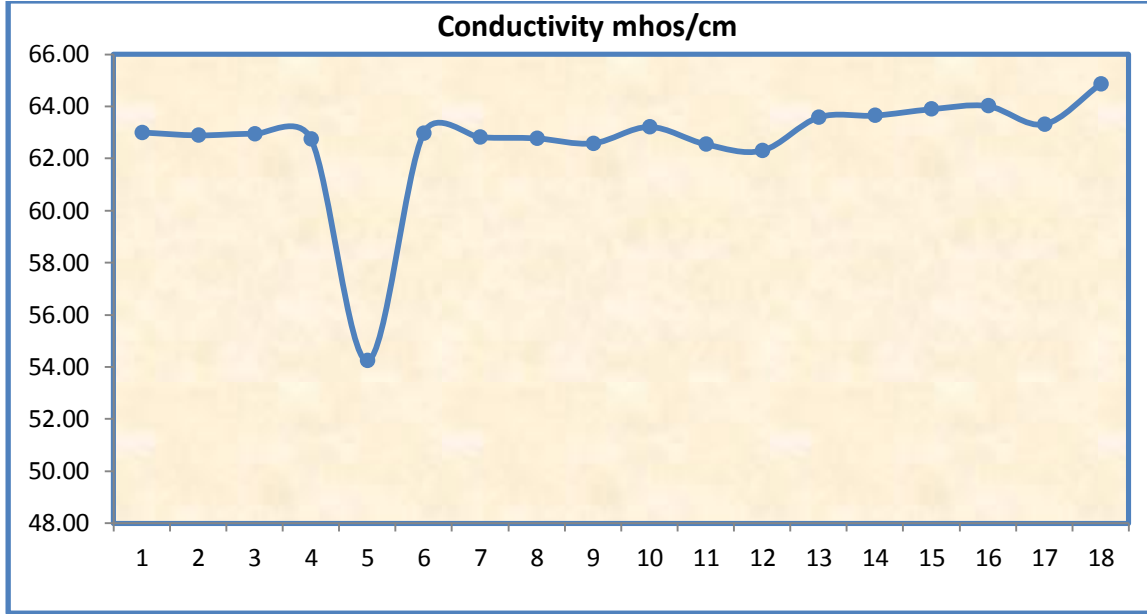
#### رابعاً: النتائج:

من نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية،يمكن ملاحظة الإنخفاضالدائم في درجة ملوحة المياه(Salinity) بالموقع رقم (5)- الموقع القريب من المصب - و تزداد درجة الملوحة كلما ابتعدنا عن الموقع ( انظر شكل رقم -2)، وهذا يدل على حدوث امتزاج لمياه البحر،عالية الملوحة، بمياه منخفضة الملوحة مثل مياه الصرف الصحي.وبمطابقة نتائج درجة الملوحة بتركيز البكتيريا البرازية (fecal Coliform)- التي تعد مؤشراً على وجود مياه الصرف الصحي،مما يؤكد، بما لا يدع مجالاً للشك،بأن المياه قليلة الملوحة هي مياه الصرف الصحي لمركز توبلي لمعالجة المياه. وكذلك الحال بالنسبة للتوصيل الكهربائي كما في الشكل (3). وتشير التحليلات الإحصائية إلى أن الموقع رقم5 هو الوحيد المختلف إحصائياً عن بقية المواقع فيما يتعلق بدرجة الملوحة ومؤشر التوصيل الكهربائي.

شكل رقم 2 - تركيز الملوحة للفترة 7يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012

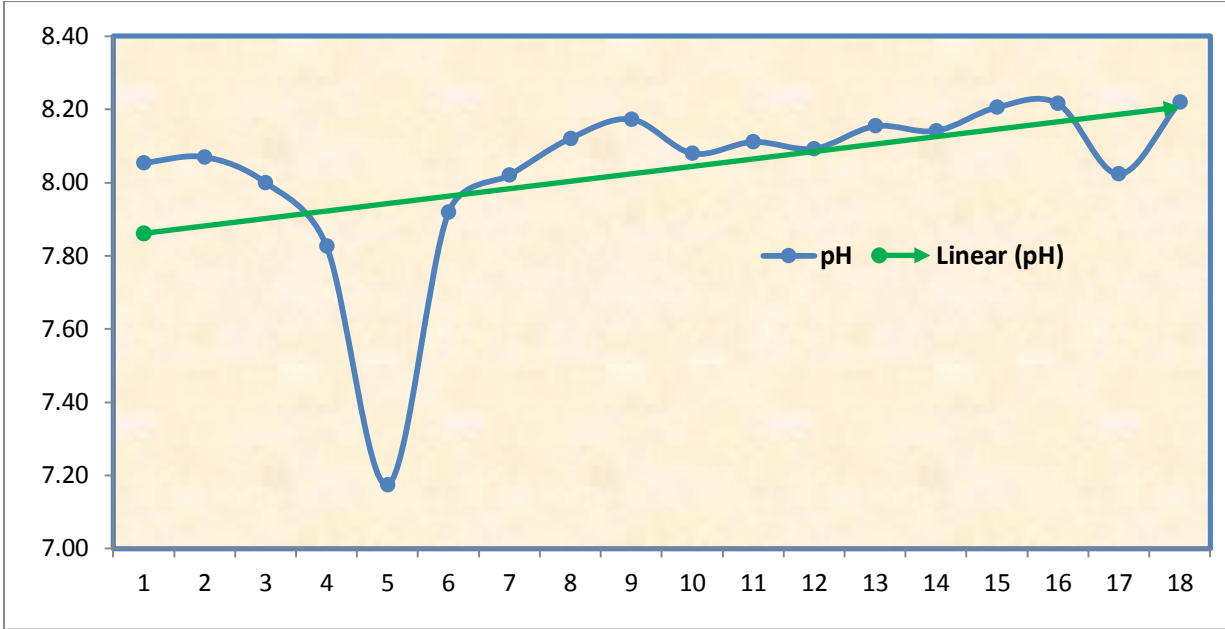


شكل رقم 3 التوصيل الكهربائي للفترة 7 يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012



ويمكن كذلك ملاحظة الانخفاض الدائم في قيم الأس الهيدروجيني في الموقع رقم (5) بالقرب من المصب (pH) بمتوسط قدره (7.17) لفترة الدراسة، عن المعدل الطبيعي (7.83-8.22) في بقية مناطق الخليج، كما في الشكل (4)، وذلك نتيجة لاختلاط الكميات الكبيرة من المياه المعالجة لمركز توبلي لمعالجة المياه بمياه البحر في منطقة المصب. وتشير التحليلات الإحصائية إلى أن الموقعين رقمي 4 و 5 هما الوحيدان المختلفان إحصائياً عن بقية المواقع. وبالرغم من ذلك، فإن الأس الهيدروجيني (pH) في عموم الخليج في تحسن مستمر، وقد يعزى ذلك لتحسن حركة التيارات البحرية في الخليج، وتجدد المياه أثناء عمليتي المد والجزر بصورة أفضل من ذي قبل.

شكل رقم 4 قيم الأس الهيدروجيني للفترة 7 يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012



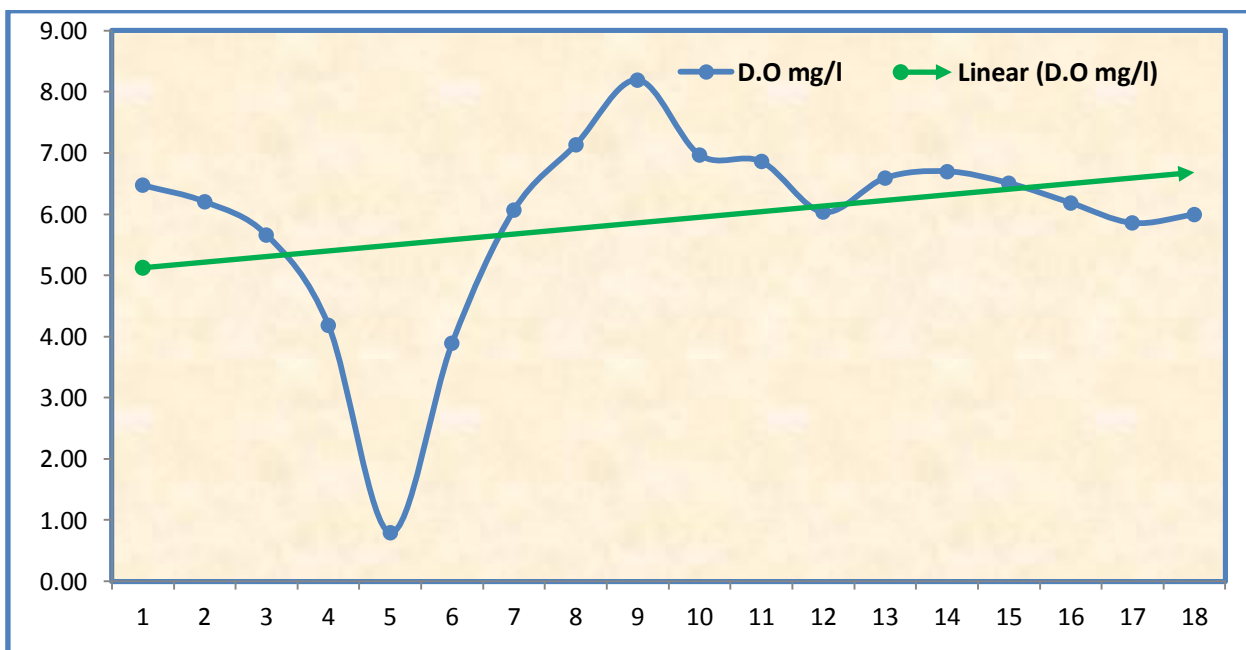
أما بخصوص تركيز الأكسجين المذاب (DO) فنجد بأن المنطقة المحيطة بالمصب - الشكل (5) - دائماً ما تعاني من انخفاض كبير في تركيز الأكسجين المذاب (DO)، وعلى الخصوص في منطقة المصب - الموقع رقم (5) - الذي كان معدل الأكسجين المذاب فيه في فترة الدراسة هو 0.80 ملليجرام/لتر ويصل هذا الانخفاض أحياناً - في الموقع رقم (5) - إلى 0.13 ملليجرام/لتر، بينما كان المعدل في بقية أجزاء الخليج هو 6.21 ملليجرام/لتر. وهذا يؤكد الانخفاض الكبير لتركيز الأكسجين المذاب في المياه المعالجة لمركز تولي لمعالجة المياه.

وتشير التحليلات الإحصائية إلى أن المواقع 5 و6 و9 هي الوحيدة المختلفة إحصائياً عن بقية المواقع، وقد يعني ذلك أن الموقع 5 القريب من المصب يحوي تركيزاً منخفضاً جداً من تركيز الأكسجين المذاب. وبالنظر إلى الخارطة الجوية (شكل 1) نجد أن الموقعين رقمي 5 و6 يقعان في حدود منطقة المخلفات المترسبة حول المصب، مما يرجح استهلاك الأكسجين المذاب في هذه المنطقة من خلال تأكسد الرواسب القاعية الغنية بالمواد العضوية والتي تجمعت بمرور السنين نتيجة لتصريف مركز تولي لمعالجة المياه، وبفعل عملية المد والجزر فإن الموقع رقم 6 هو الأكثر تضرراً بذلك، في حين أن الموقع رقم 9 يبدو أن به نشاطاً بيولوجياً وتمثيل ضوئي مما يعكس وجود تركيز مرتفع من الأكسجين المذاب في هذا الموقع.

وبعد مقارنة بين التغييرات في الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه بالخليج، نجد أنه على الرغم من أن تركيز الأكسجين المذاب بالموقعين 5 و6 حافظ على انخفاضه، إلا أن الموقع رقم 9 دائماً يشهد ارتفاعاً كبيراً جداً في تركيز الأكسجين المذاب، حيث وصل تركيز الأكسجين المذاب إلى درجة فوق التشبع (Supersaturated) في بعض الأحيان (أنظر الشكل رقم-5). فمتوسط تركيز الأكسجين المذاب في الموقع رقم 9 هو 8.19 مليجرام/ للتر، وهو تركيز أعلى بـ 2.4 مليجرام/ للتر من تركيز الأكسجين المتوقع في هذا الموقع، وهو ما يؤكد احتمالية وجود النشاط البيولوجي والتمثيل الضوئي في الموقع.

وبالرغم من ذلك، فإن تراكيز الأكسجين المذاب (Dissolved Oxygen) في عموم الخليج في تحسن مستمر، وقد يعزى ذلك لتحسن حركة التيارات البحرية في الخليج، وتجدد المياه أثناء عمليتي المد والجزر بصورة أفضل من ذي قبل. ومما يرجح هذا الاحتمال هو جنوح كل المواقع للتحسن والارتفاع باستثناء الموقع رقم (9)، وهو الأعلى في تراكيزه عن غيره.

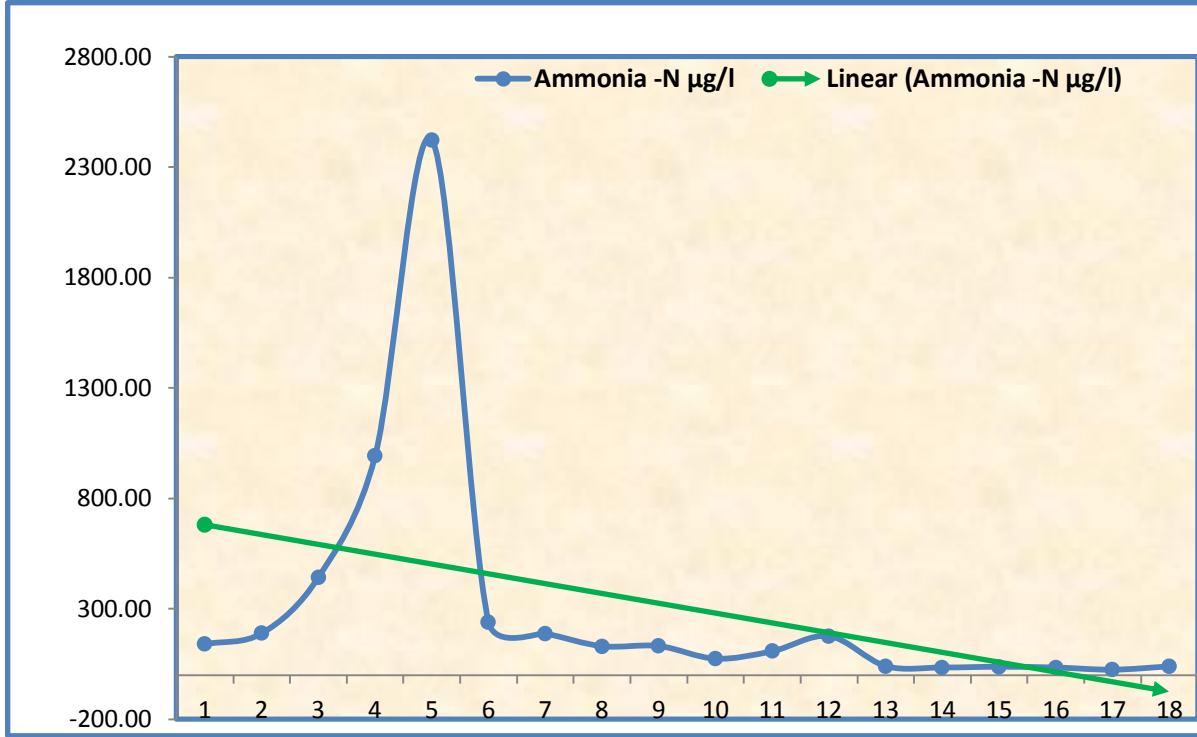
شكل رقم 5 تركيز الأكسجين المذاب للفترة 7 يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012



وفيما يتعلق بتركيز المواد المغذية، فنلاحظ ارتفاعاً كبيراً في تركيز الأمونيا ( $4550.10 \mu\text{g/L}$  -  $8.26$ ) عن معدل التركيز ( $12.18 \mu\text{g/L}$ ) في مواقع رصد جودة البيئة البحرية للمياه الإقليمية لمملكة البحرين. ودائماً ما يكون أعلى تركيزاً للأمونيا في الموقع رقم (5)، في منطقة المصب بتركيز يفوق

(أربعة عشر) 14 ضعفاً المتوسط عنه في باقي أجزاء الخليج، و يليه الموقع رقم (4)، كما يبين الشكل (6) والجدول رقم (1)، في حين كان متوسط تركيز الأمونيا في المخلفات السائلة لمركز توبلي لمعالجة المياه لفترة الدراسة هو  $4964.04\mu\text{g/L}$ ، ويصل أحياناً إلى  $11889.70\mu\text{g/L}$ ، ويفوق المتوسط في منطقة المصب -الموقع رقم (5)-بضعفين(2). وتشير التحليلات الإحصائية إلى أن الموقعين رقمي 4 و5 هما الوحيدان المختلفان إحصائياً عن بقية المواقع. وعلى الرغم من تذبذب تركيز الأمونيا في الخليج، فإن تركيز الأمونيا في عموم الخليج في انخفاض مستمر مقارنة بالفترة الزمنية لمدة الرصد والدراسة، ويعزى ذلك لانخفاض تركيز الأمونيا في مخلفات المياه السائلة لمركز توبلي لمعالجة المياه.

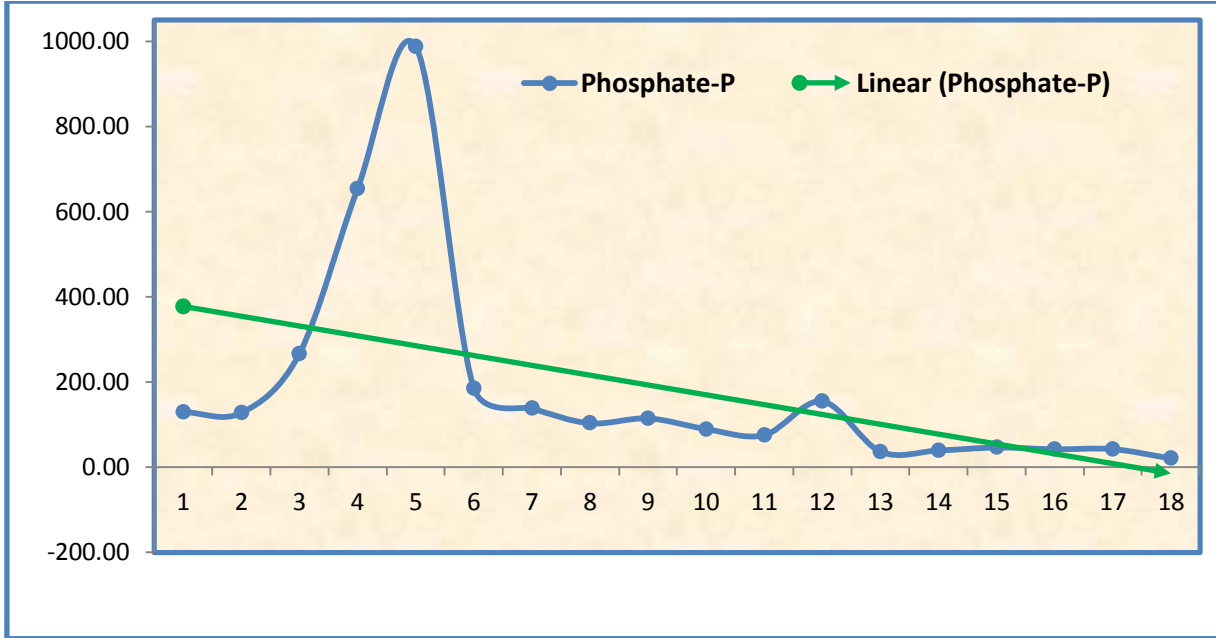
شكل رقم 6 تركيز الأمونيا لفترة 7 يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012



ويصاحب تركيز الأمونيا ارتفاع كبير في تركيز الفوسفات ( $PO_4^-$ )، والتي يتراوح تركيزها بين (6.84- 2168.88  $\mu\text{g/L}$ )، كان أعلاها دائماً في الموقع رقم (5) في منطقة المصب بتركيز يفوق تسعة أضعاف (9) المتوسط (228.14  $\mu\text{g/L}$ ) في باقي أجزاء الخليج، كما يشير الشكل (7). كما أن متوسط تركيز الفوسفات في الخليج (196.29  $\mu\text{g/L}$ ) يفوق بكثير معدل التركيز (2.43  $\mu\text{g/L}$ ) في مواقع رصد جودة البيئة البحرية للمياه الإقليمية لمملكة البحرين، وهذا ما يؤكد بأن مصدر الفوسفات في خليج توبلي هو مياه الصرف الصحي السائلة من مركز توبلي لمعالجة المياه، والذي يحوي فوسفات بمتوسط قدره 929.46  $\mu\text{g/L}$ ، مما قد يؤدي إلى إثراء الفوسفات في الخليج. وتشير التحليلات الإحصائية إلى أن الموقعين رقمي 4 و5 هما الوحيدان إحصائياً عن بقية المواقع، وإن تركيز الفوسفات (phosphate) في عموم الخليج في انخفاض مستمر - كما في الشكل (7)، مقارنة بالفترة الزمنية لمدة الرصد والدراسة. وقد يعزى ذلك لانخفاض تركيز الفوسفات (Phosphate) في مخلفات المياه السائلة لمركز توبلي لمعالجة المياه.

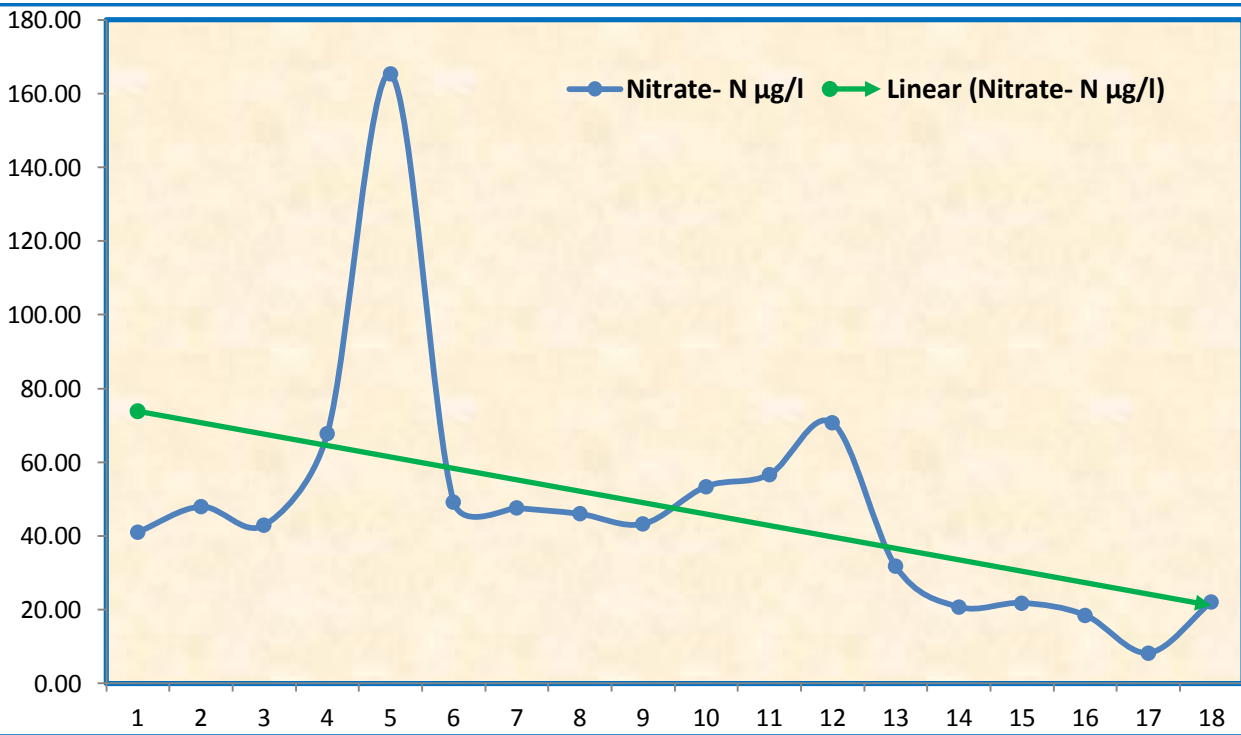
شكل رقم 7 تركيز الفوسفات للفترة 7 يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012





كما أن قيم النترات ( $\text{NO}_3^-$ ) مرتفعة أيضاً، كما في الشكل (8). ويتراوح تركيزها بين (0- 840.61 µg/L)، كان أعلاها دائماً في الموقع رقم (5) في منطقة المصب بتركيز يفوق أربعة أضعاف المتوسط (54.48 µg/L) في باقي أجزاء الخليج. وأنتوسط تركيز النترات في الخليج (54.48 µg/L) يفوق بكثير معدل التركيز (12.37 µg/L) في مواقع رصد جودة البيئة البحرية للمياه الإقليمية لمملكة البحرين، وهذا ما يؤكد بأن مصدر النترات في خليج تبلي هو مياه الصرف الصحي المتدفقة من مركز تبلي لمعالجة المياه، والذي يحوي النترات بمتوسط قدره 630 µg/L، الذي قد يؤدي إلى إثراء النترات (Nitrate) في الخليج. ويأخذ تركيز النترات (Nitrate) سلوكاً ونمط تركيز الفوسفات والأمونيافي عموم الخليج في استمرارية الإنخفاض- كما في الشكل (8)، مقارنة بالفترة الزمنية لمدة الرصد والدراسة. وقد يعزى ذلك لانخفاض تركيز النترات (Nitrate) في مخلفات المياه السائلة لمركز معالجة المياه

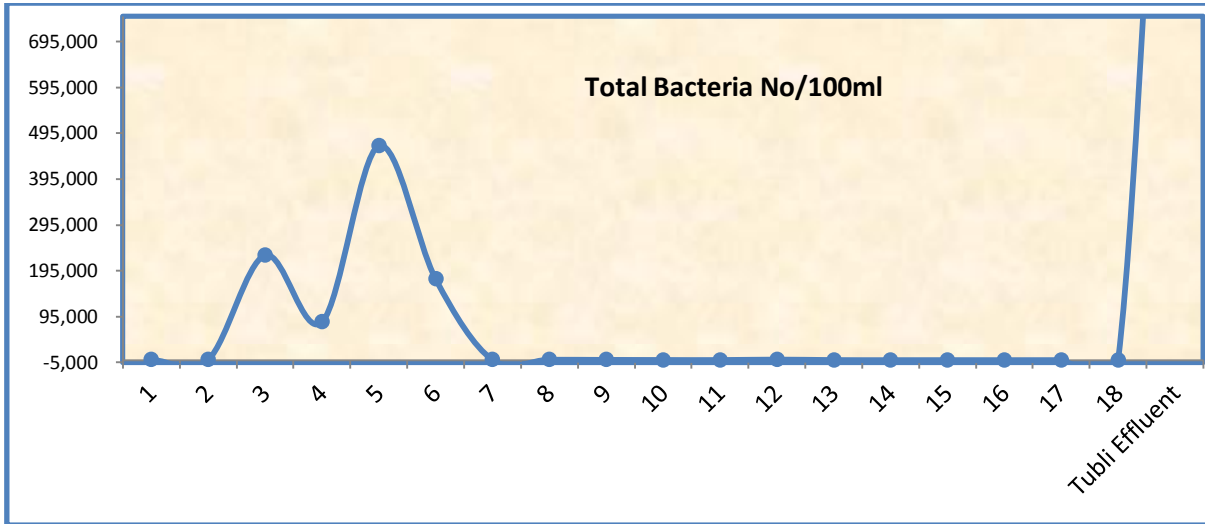
شكل رقم 8 تركيز النترات للفترة 7 يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012



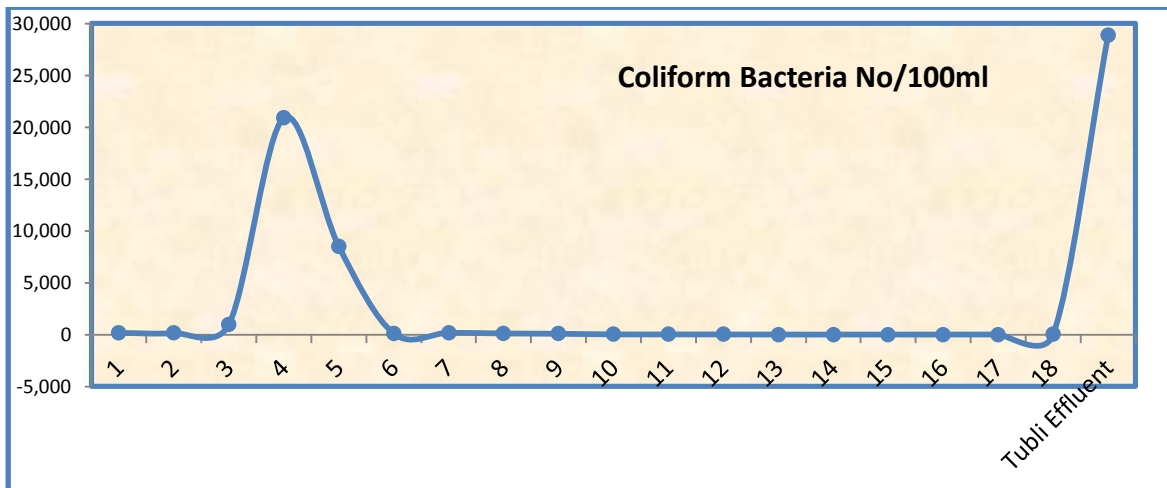
وبالنظر إلى نتائج تراكيز الأمونيا والفوسفات (شكل 6- وشكل 7) نجدتها تسير على عكس نمط درجة الملوحة حيث أن تراكيزها عالية عند الموقع رقم (5) و تقل كلما ابتعدنا عنه.

ومما يشد الإنتباه-على مدى فترة الدراسة - في تراكيز المواد المغذية هو دوام الإرتفاع العالي لمعظم تراكيز الأمونيا مقارنةً بالنترات، وخصوصاً في المواقع الواقعة بالقرب من المصب ( رقم 5 مثلاً)، حيث تدل على عدم اكتمال عملية النترجة (nitrification)، و هي إحدى أهم خطوات المعالجة الثنائية لمياه الصرف الصحي، حيث تقوم البكتيريا المتخصصة بتحويل الأمونيا الناتجة من المواد العضوية مثل البروتينات إلى نترت (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) ثم نترات (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)، مما يرجح وبقوة بأن مركز توبلي لمعالجة المياه لا يعمل في الوقت الراهن بكفاءة تتيح له إنتاج مياه معالجة حسب المواصفات المطلوبة في هذه النوعية من المياه، أو أن بعض المياه المصرفة من المركز غير معالجة

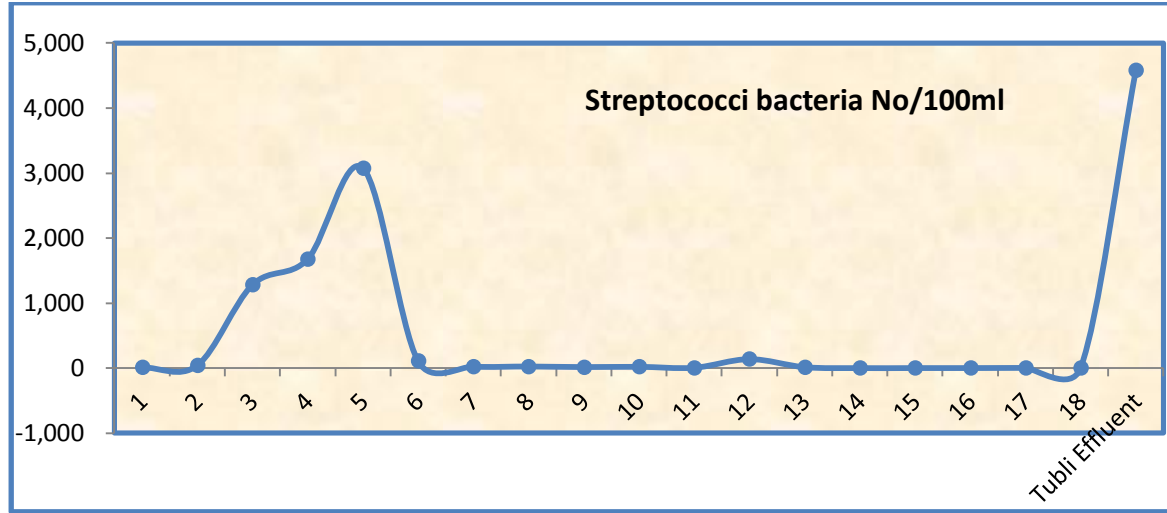
وكانت البكتيريا بجميع انواعها الثلاثة: الكلي، والبرازي (العصوي)، والستربتوكوكس منتشرة بنسب متفاوتة في جميع أنحاء الخليج، كان أعلاها بالقرب من المصب في الموقع رقم (5)، والموقعين القريبين منه رقمي (3 و4) حيث كان تركيز البكتيريا في هذه المواقع الثلاثة عالياً، كما في الجدول رقم (1) والأشكال رقم (9) و(10) و(11). وهذا يدل على وجود هذه البكتيريا في جميع أنحاء الخليج نتيجة لانتشاره بفعل حركة المد والجزر. وتشير التحليلات الإحصائية إلى أن المواقع 3 و4 و5 هي المختلفة إحصائياً عن بقية المواقع. وأن نمط تراكيزها في الخليج في تناقص مستمر - كما في الأشكال 9 و10 و11- مقارنة بالفترة الزمنية لمدة الرصد.



شكل رقم 10 البكتيريا البرازية للفترة 11 يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012



شكل رقم 11 بكتيريا الاستربتوكوكس للفترة 11 يونيو 2010 حتى 23 أبريل 2012



#### خامسا: الإستنتاجات

- نظرا لاستمرار مركز توبلي لمعالجة المياه تصريف مياهه غير المعالجة حسب المواصفات والمعايير المطلوبة في مثل هذه النوعية من المياه، ما زال التالمنطقة تتعرض إلى تغييرات سريعة وكبيرة في الخواص الفيزيائية والكيميائية نتيجة التغييرات الكبيرة في كمية وجودة المياه المصرفة من محطة الصرف الصحي. حيث أن اختلاف نتائج تركيز المواد المغذية بين يوم وآخر ومصاحبها لتغيير في درجة الملوحة تدل على تغير كبير في كمية المياه المستلمة من

محطة توبلي مما قد يؤدي إلى تغييرات مفاجئة في بيئة الخليج مما يؤثر على النظام الحيوي في الخليج، الذي قد يسبب لتغيير كبير في مقدار الأوكسجين المذاب في المنطقة خصوصاً في المناطق التي تقع بعد منطقة الوحل (Sludge Area).

- ما يشد الإنتباه -على مدى فترة الدراسة - في تراكيز المواد المغذية هو دوام الإرتفاع العالي لمعظم تراكيز الأمونيا مقارنةً بالنترات، وخصوصاً في المواقع الواقعة بالقرب من المصب ( رقم 5 مثلاً)، حيث تدل على عدم اكتمال عملية النترجة (nitrification)، وهي إحدى أهم خطوات المعالجة الثنائية لمياه الصرف الصحي، حيث تقوم البكتيريا المتخصصة بتحويل الأمونيا الناتجة من المواد العضوية مثل البروتينات إلى نترت ( $NO_2^-$ ) ثم نترات ( $NO_3^-$ )، مما يرجح بقوة بأن مركز توبلي لمعالجة المياه لا يعمل في الوقت الراهن بكفاءة تتيح له إنتاج مياه معالجة حسب المواصفات المطلوبة في هذه النوعية من المياه.
- كانت البكتيريا منتشرة بنسب متفاوتة في جميع أنحاء الخليج، كان أعلاها بالقرب من المصب في الموقع رقم (5)، والمواقع القريبة (3 و 4) منه، حيث كان تركيز البكتيريا في هذه المواقع عالياً.
- من الملاحظ أن المواقع (14-18) الجنوبية من الخليج، لا يطالها تأثير المخلفات السائلة لمصب مركز توبلي لمعالجة مياه المجاري إلا بصورة محدود جداً.
- تشير التحليلات الإحصائية للنتائج طوال فترة الدراسة الممتدة من يونيو 2009 وحتى أبريل 2012، إلى أن المؤشرات البيئية في الموقع رقم 5 مختلفة إحصائياً عن بقية المواقع، وقد يعني ذلك أن الموقع 5 القريب من المصب يحوي تركيزات مصدرها مركز توبلي لمعالجة المياه
- هذه الدراسة والمراقبة المستمرة للخليج، تؤكد ما ذهبت إليه جميع الدراسات المعنية بخليج توبلي على أن مركز توبلي لمعالجة المياه ما زال يمثل مصدر تهديد للخليج. وتشير هذه الدراسة أيضاً، إلى أنها اكتظرت في مستوى المعالجة وأن بعض المؤشرات البيئية مثل الفوسفات (Phosphate)، والأمونيا (Ammonia)، والنترات (Nitrate) والبكتيريا (Bacteria) - بجميع أنواعها الثلاثة - في انخفاض تدريجي بالرغم من تذبذب تراكيزها بين فترة وأخرى. كما أن تراكيز الأوكسجين المذاب (Dissolved Oxygen) و الأس الهيدروجيني (pH) في عموم الخليج في تحسن مستمر. وقد يعزى ذلك لتحسن حركة التيارات البحرية في الخليج، ومما يعزز ذلك هو انخفاض تراكيز الفوسفات (phosphate) في المناطق القريبة من المصب فيما تميل للزيادة في المناطق البعيدة، وبالتحديد في المواقع من 13 إلى 18، كما هو موضح بالشكل

- رقم (1)، نظراً لقدرتها على البقاء دون تأثير لمدة أطول، مقارنة بغيرها من المؤشرات البيئية الأخرى. كما أن التحسن الملحوظ في تراكيز البكتيريا المختلفة يؤكد ذلك.
- لكي يتم معرفة حالة ووضع خليج تبلي البيئي وتوقعات المستقبل، يتوجب وبصورة عاجلة دراسة حركة التيارات المائية في هذا الخليج بواسطة لمعرفة تأثير مصب محطة خليج تبلي للصرف الصحي على عموم جودة البيئة البحرية منه وتأثير ذلك أيضاً على محطات التحلية. وقد تم عرض هذا المشروع على الشركات المتخصصة، ولكي يتم تنفيذ هذا المشروع يتوجب توفير الاعتمادات المالية لتعميد الشركة المتخصصة في أسرع وقت ممكن.

متوسط تركيز الخواص الفيزيائية و الكيميائية للفترة 7 يونيو 2009 حتى 23 أبريل 2012 جدول رقم (1)

Parameters	Sites																		
	units	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Conductivity	mhos/cm	63.0	62.9	62.9	62.8	54.2	63.0	62.8	62.8	62.6	63.2	62.5	62.3	63.6	63.7	63.9	64.0	63.3	64.9
Salinity	‰	42.4	42.4	42.5	42.4	36.7	42.4	42.3	42.3	42.3	42.7	42.1	41.8	42.8	42.9	43.1	43.2	42.6	43.8
Temperature	°C	27.3	27.3	27.5	27.8	28.5	27.3	27.4	27.2	27.3	26.8	25.9	26.1	25.4	25.1	25.1	25.3	23.2	24.5
pH		8.1	8.1	8.0	7.8	7.2	7.9	8.0	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1	8.2	8.1	8.2	8.2	8.0	8.2
Total Suspended Solids	mg/l	17.8	12.4	17.8	21.9	27.6	18.5	12.7	17.9	14.5	14.4	9.4	11.4	12.7	14.1	17.5	20.1	18.0	19.0
DO	mg/l	6.5	6.2	5.7	4.2	0.8	3.9	6.1	7.1	8.2	7.0	6.9	6.0	6.6	6.7	6.5	6.2	5.9	6.0
Ammonia	ug/l	139.9	189.0	442.7	992.0	2423.3	239.4	188.6	130.8	131.5	74.3	107.9	176.3	40.6	34.3	37.5	34.1	24.3	39.1
Nitrate	ug/l	41.0	47.9	42.9	67.8	165.3	49.3	47.6	46.0	43.3	53.4	56.7	70.7	31.7	20.7	21.8	18.5	8.3	22.1
Nitrite	ug/l	14.0	19.2	33.6	51.9	98.1	21.0	18.0	17.0	18.6	14.2	24.1	25.6	7.5	6.2	5.2	4.8	4.2	3.4
Phosphate	ug/l	129.9	127.9	267.2	654.3	989.0	186.0	138.4	103.4	114.8	89.7	75.5	154.8	36.7	39.5	46.3	42.3	42.5	20.8
Silicate	ug/l	200.0	234.4	259.5	852.6	2556.4	239.4	427.2	304.3	243.3	346.0	158.4	204.9	152.3	416.3	343.4	340.8	374.8	453.0
Alkalinity	mg/l	121.1	121.2	125.6	131.0	155.2	120.3	121.2	121.2	119.9	119.8	122.2	124.3	123.2	121.5	122.1	122.5	124.7	131.0
Chlorophyll-a	ug/l	9.38	11.85	9.93	10.07	5.45	9.53	16.06	28.79	22.01	19.55	13.14	18.83	3.67	3.19	2.52	2.13	4.00	2.74
Total Bacteria	No/100ml	440	950	228810	83026	467540	176590	450	960	619	356	219	1215	215	18	75	26	57	26
Fecal Coliform	No/100ml	159	146	961	20908	8505	110	175	103	79	16	11	10	0	0	1	0	6	15
Streptococci bacteria	No/100ml	10	41	1280	1676	3078	107	23	25	16	20	6	137	14	0	1	1	3	3



## جودة الهواء

### التجاوزات السنوية في محطة رصد جودة الهواء الجوي الواقعة في نادي ضباط قوة دفاع البحرين في النبيه صالح

تنفيذاً للقرار الوزاري رقم (10) لسنة 1999 بشأن مقاييس حماية البيئة -الهواء والماء- يشير الجدول أدناه إلى مجموع التجاوزات السنوية المرصودة لملوثات الهواء في جزيرة النبيه صالح من عام 2009 ولغاية 2011:

كبريتيد الهيدروجين: لوحظ انخفاض واضح وجلي في مجموع التجاوزات السنوية لهذا الملوث في محطة نادي الضباط في جزيرة النبيه صالح، حيث رصدت هذه التجاوزات عام 2009 بعدد 1056 تجاوزاً، وبلغت عام 2011 عدد 485 تجاوزاً. وعليه، يستنتج بتحسّن وضعية الهواء بالنسبة لهذا الملوث في خليج توبلي.

وبتحليل اتجاه رصد التجاوزات يتبين أن الإتجاه السائد هو جهة الغرب وجهة الجنوب الغربي وهو الاتجاه حيث موقع مركز توبلي لمعالجة مياه المجاري.

الأوزون و ثاني أكسيد الكبريت: ينطبق ذات الاستنتاج السالف الذكر بانخفاض في تجاوزات كلاً من غاز الأوزون(34، إلى 1)، وغاز ثاني أكسيد الكبريت(8، إلى 1).

الجسيمات العالقة PM10 : هناك زيادة ملحوظة لهذا الملوث ويبدو بأن له أساس من واقع زيادة تركيزات الغبار العابر للحدود، والذي ينعكس بكل تأكيد على المناطق المختلفة لمملكة البحرين، ويتجاوز مداه وضرره ليلبغ المناطق الأخرى في الخليج العربي وإقليم الشرق الأوسط بشكل عام.

على كل حال، هناك تشتت في تركيزات الجسيمات العالقة أقل من عشرة ميكرون وللمواد الهيدروكربونية غير الميثان والتي لا يمكن الاستدلال منها بالقول بتدهور جودة الهواء في خليج توبلي بصورة جازمة، بالرغم من إن القول بغير ذلك يعد جائزاً أيضاً في حال تكوين عقيدة القارئ مرتكئة إلى الأخذ بمبدأ "أسوأ الظروف".

جدول يبين التجاوزات السنوية في محطة نادي ضباط قوة دفاع البحرين في النبيه صالح

2011	2010	2009	الملوث
485	524	1056	كبريتيد الهيدروجين
548	21	46	المواد الهيدروكربونية
54	49	38	الجسيمات العالقة PM <sub>10</sub>
184	251	124	الجسيمات العالقة PM <sub>2.5</sub>
0	1	34	الأوزون
0	0	8	ثاني أكسيد الكبريت

Fig 1: shows trend analysis in H<sub>2</sub>S for the period 2009-2011.

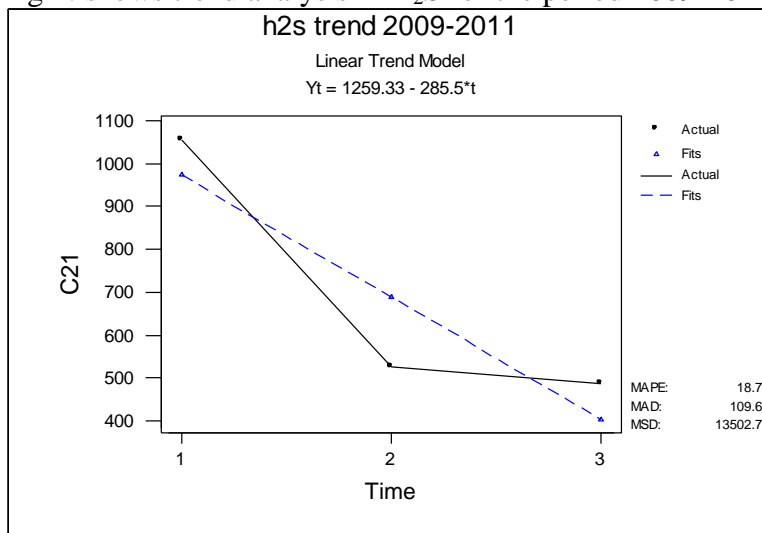


Fig 2: shows trend analysis in O<sub>3</sub> for the period 2009-2011.

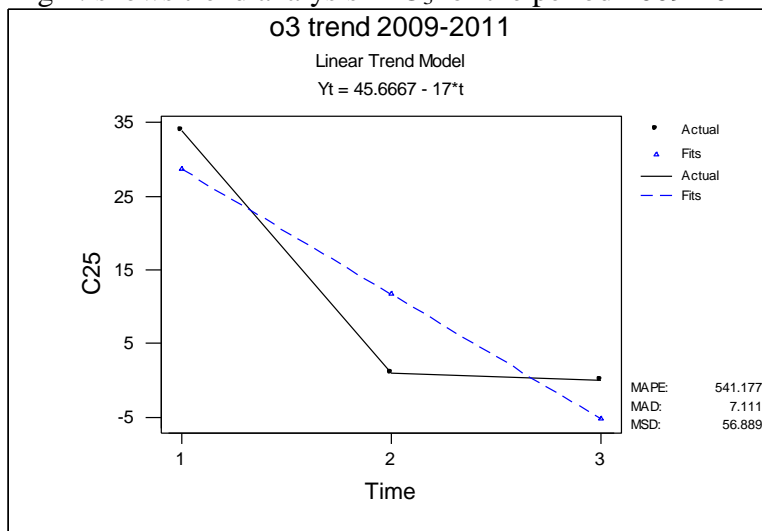


Fig3: shows trend analysis in SO<sub>2</sub> for the period 2009-2011.

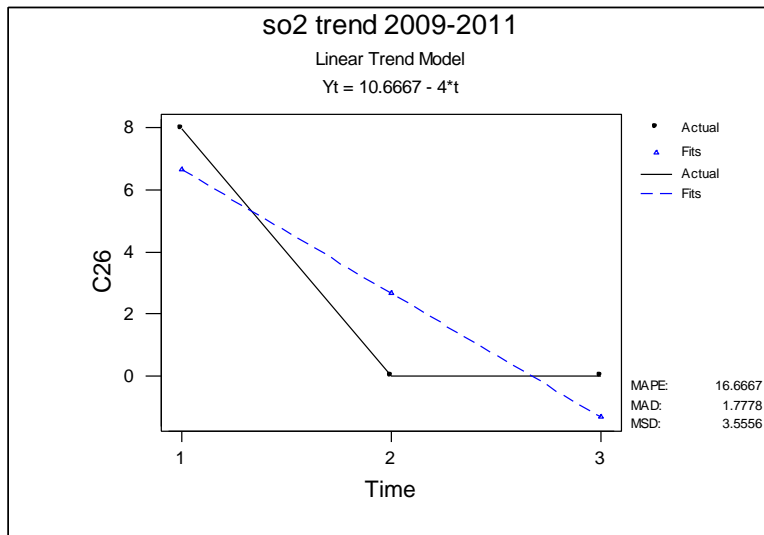


Fig 4: shows trend analysis in PM<sub>10</sub> for the period 2009-2011.

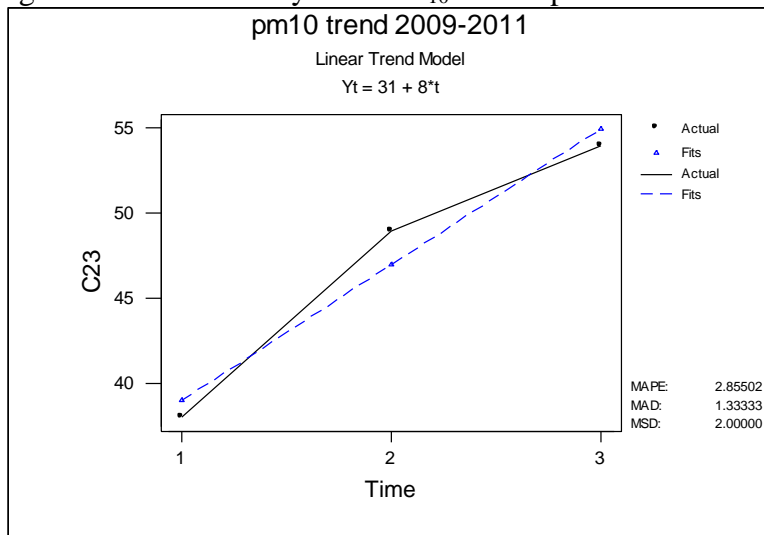


Fig5: shows trend analysis in PM<sub>2.5</sub> for the period 2009-2011.

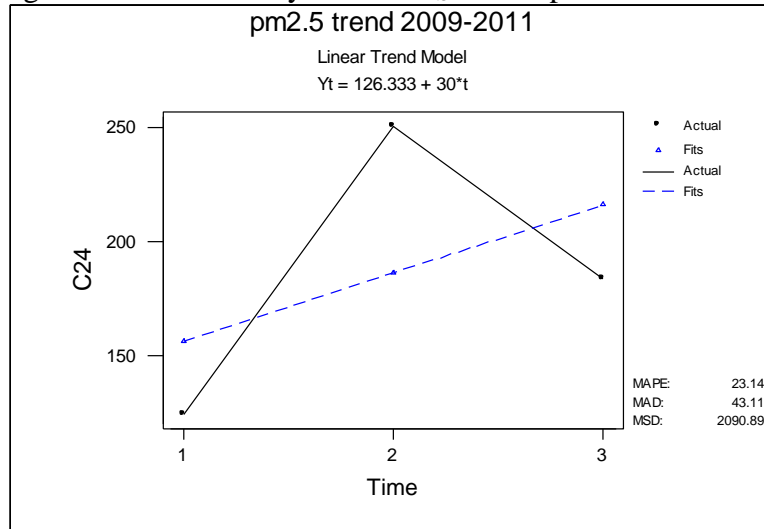


Fig 6: shows trend analysis in total hydrocarbons for the period 2009-2011.

