Annals of Agric. Sci., Moshtohor **ISSN 1110-0419**
Vol. 57(1) (2019), 227 – 236 **http://aasj.bu.edu.eg/index.php**

دراسة بعض الخواص الفيزيوكيميائية والبيولوجية في مياه الصرف المعالجة بمحطة المجمع الفندقي "دار تليل" لتحديد مدى ملائمتها لري المسطحات الخضراء – صبراته– ليبيا

نجاة المبروك عون [1] ; سهام المبروك عون[2] ; الجيلاني محمد عبدالجواد[3]

1– كلية العلوم/ جامعة صبراتة، 2– اكاديمية الدرسات العليا، 3– كلية الزراعة /جامعة طرابلس – ليبيا

المستخلص

نظراً للأهمية البيئية للمسطحات الخضراء ، وكونها تحتاج إلي كميات وافرة من المياه لذا تلجا بعض المجمعات إلى الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة عوضاً عن صرفها في الفضاءات الترابية المفتوحة أو البحار، لذا تتمحور هذه الدراسة حول القيام بمجموعة من التحاليل لمياه الصرف الصحي بالمجمع الفندقي "تليل" بمدينة صبراتة الهدف منها تقدير جودة وصلاحية مياه الصرف الصحي المعالجة ومدى ملائمتها لري المسطحات الخضراء بالمجمع.

تضمنت التحاليل المستهدفة الخواص الفيزيائية والكيمائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي بالمجمع المذكور شملت: قياس الأس الهيدروجيني pH، الأملاح الذائبة الكلية TDS، التوصيل لكهربي EC، تركيز الأيونات السالبة (الكربونات CO_3^{-2}، والبيكربونات –HCO3)، القلوية الكلية (TA)، العسر الكلي (TH)، تركيز الايونات الموجبة للصوديوم (+Na)، والبوتاسيوم (+K)، بالإضافة إلى تركيز بعض المعادن الثقيلة خاصة الرصاص (Pb) والكادميوم (Cd) والزنك (Zn) والكروم (Cr) ، كمية الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) ومحتوى الأكسجين الكيميائي (COD).

ولقد أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية أن متوسط تركيزات كل من الرصاص (Pb) والكادميوم (Cd) والزنك (Zn) والكروم (Cr) كانت قليلة إلى حد ما في مياه الصرف للمجمع المذكور مما يؤدي إلى امكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بشكل تمهيدي دون استخدام عملية الكلورة وذلك لغرض ري المسطحات الخضراء وهذا غالباً ما يحدث وفق الكثير من المراجع مع طرح بعض التوصيات بأخذ الحيطة والحذر لدى القائمين على الري بالمجمع الفندقي وكذلك المتنزهين لطالما لا تتضمن مثل هذه المعالجة القضاء على كل الاحياء الدقيقة.

وبشكل عام، تم مقارنة معظم النتائج والبيانات التي تم الحصول عليها من خلال الاختبارات الكيميائية والبيولوجية بالمعايير الليبية والدولية وقد أظهرت توافق إلى حد كبير جداً.

الكلمات المفتاحية : مياه الصرف ، الخواص الفيزيوكيميائية والبيولوجية، المسطحات الخضراء، صبراتة.

المقدمة

أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم وزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة إلى حدوث ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه، الأمر الذي أدى إلى اللجوء إلى مصادر غير تقليدية كمياه البحر المحلاة ومياه الصرف الصحي المعالجة واستغلال أكبر قدر ممكن منها بشتى الطرق.

ويعد إعادة استعمال مياه الصرف الصحي بعد المعالجة مصدرا من مصادر استغلال الموارد غير التقليدية في الدول التي تعاني من شح في الموارد المائية والتي أصبحت تلاقي اهتماماً ملحوظاً في الآونة الأخيرة. وفي الوطن العربي، تقدر هذه المياه حسب إحصائيات سنة 2005 حوالي اثنى عشر مليار متر مكعب سنوياً، يتم معالجة 40% فقط والباقي غير معالج وأن 39% فقط من الجزء المعالج يتم استغلاله في مجال الري الزراعي (1–2).

ونظراً لشُح المياه في المناطق الجافة تم التوجه إلى مياه الصرف الصحي لاعادة استخدامها بعد معالجتها في عدة مجالات منها الري الزراعي، وذلك لقيمتها السمادية التي تغني أحياناً عن استعمال الأسمدة الكيميائية ذات الآثار البيئية السلبية.

ولقد برزت مشكلة الدراسة كنتيجة لخطورة مياه الصرف الصحي على البيئة ومكوناتها في المناطق المكتظة بالسكان والمناطق الريفية النائية عن مراكز المعالجة، حيث يتم أحياناً صرف تلك المياه في البحار مسببةً الهلاك للبيئة البحرية أو صرفها في المساحات الشاسعة أو عن طريق الآبار السوداء (حفر تجميع ترابية) مما يساعد على رشح تلك المياه الملوثة عبر طبقات التربة والوصول إلى المياه الجوفية مسببةً تلوثها. ونتيجة لذلك فقد رأى المسؤولون في دولة ليبيا بأن الحاجة ملحة وضرورية للاهتمام بالبيئة أولاً وفي إيجاد الحلول لمشكلة المياه الصرف الصحي عبر إنشاء محطات معالجة لتلك المياه وإعادة استخدامها في ري المساحات الخضراء والمشاريع الزراعية، لاسيما وأن ليبيا تقع في منطقة مواردها المائية محدودة وتعاني شُح في مياه الأمطار وكذلك المياه السطحية وهبوط في مناسيب المياه الجوفية وتداخل مياه البحر.

الهدف من الدراسة

تهدف هذه الدراسة الي تقدير مستوى جودة مياه الصرف الصحي المعالجة المزودة من محطة المعالجة الواقعة بمجمع تليل الفندقي بمدينة صبراتة واستخدام المياه المعالجة في ري المساحات الخضراء بالمجمع.

2- المواد وطرق البحث

أ- موقع المجمع الفندقي "تليل" بمدينة صبراتة

يقع المجمع غرب مدينة صبراتة على بعد 7 كم ويحده شمالاً البحر المتوسط، ومن الشرق مركز المدينة، ومن الغرب مدينة زوارة، أما جنوبا فيحدها نطاق مدينة العجيلات. وتقع إحداثيات المجمع فلكياً عند تقاطع خط طول ″12 ′43 °49 شرقاً مع دائرة عرض″32 ′55 °39 شمالاً (maps.google.com).

تم جلب المياه المستهدفة للدراسة من محطة المجمع الفندقي حيث جمعت خمسة عينات شهريا لمدة ستة اشهر بشكل عشوائي من فتحات تمتد على طول أنابيب الري وتعبئتها في قناني (عبوات) معقمة مع كتابة البيانات عليها بالكامل، ولقد تم تخزين عينات المياه الطازجة فور وصولها للمختبر تحت درجة حرارة منخفضة لمنع نمو الكائنات الدقيقة و تثبيط تفاعلاتها الحيوية.

ب- دراسة الخواص الفيزيائية و الكيميائية لعينات المياه المعالجة:

أجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية على عينات مياه الصرف من المحطة مباشرة من المياه المغذية لعملية الري، وقد تضمنت التحاليل قياس الأس الهيدروجيني (pH) باستخدام جهاز قياس الأس الهيدروجيني مزود بقطب (Electrode) من نوع خاص(Jenway 3510 pH meter)، قياس الأملاح الذائبة الكلية (TDS) بالطريقة الوزنية، بينما تم قياس الموصلية الكهربائية (EC) باستخدام جهاز قياس التوصيلية من تصميم شركة Jenway موديل 4510.

لقد تم تعيين تركيز أيونات الصوديوم (Na^+) والبوتاسيوم (K^+) الذائبة في الماء باستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame-photometer) من تصميم شركة Jenway موديل PFP7، بينما تم استخدام طريقة المعايرة لتعيين أيونات الكاسيوم (Ca^{++}) والمغنسيوم (Mg^{++}) (18). أما تركيز أيونات الكربونات (CO_3^{2-}) والبيكربونات (HCO_3^-) فقد تم تقديرها بالمعايرة. بينما تم تقدير تركيز أنيونات (Cl^-) بإستخدام طريقة موهر Mohr Method، وبالنسبة لتقدير تركيز أنيونات النترات (NO_3^{2-}) والنيتريت (NO_2^-) فقد تم ذلك وفق الطريقة المذكورة من قبل الجمعية العمومية الأمريكية للصحة (APHA, 1998) (3).

وبالنسبة لقياس الحالة القلوية الكلية (Total Alkalinity) لعينات المياه المعالجة، والتي تعزى أساساً إلى وجود تراكيز من أيونات (HCO_3^-) فقد تم بطريقة المعايرة. كما تم تقدير كمية العسر الكلي(Total Hardness) ، عند نهاية المعايرة ومنها تم تقدير العسر الكلي حسابياً(3).

كما تم تقدير مستويات تركيز Zn، Cr، Pb، Cd في عينات مياه الصرف الصحي المعالجة باستخدام جهاز البلازما المزدوج حثياً – المتصل بمطياف الانبعاث الضوئي (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy) نوع Varian.

ج- دراسة الخواص البيولوجية للمياه:

- تقدير العدد الكلي للخلايا البكتيرية والبكتريا لقولونية

لتقدير الخواص البيولوجية للخلايا البكترية والبكتريا القولونية تم وضع عينات من مياه الصرف الصحي في وسط غذائي من نوع الآجار المغذي (Nutrient Agar) بكميات مخففة من السائل المرقي بطريقة التخفيف المتسلسل قدرها 1 مل، لغرض انماء البكتريا إن وجدت، ثم وضعت الأطباق المزروعة في حاضنة عند 37 م^{O} لمدة 24 ساعة وفي اليوم التالي، تم سحب الأطباق واختبار الأطباق التي ظهرت عليها مستعمرات ميكروبية حيث تم وعدها، ومنها تم حساب متوسط المستعمرات في الأطباق (مجموع جميع المستعمرات في الأطباق الثلاثة/عدد الأطباق وهي ثلاثة)، ومنها تم حساب العدد الكلي للخلايا من خلال حاصل ضرب متوسط عدد المستعمرات في مقلوب معامل التخفيف.

- تقدير كمية الأكسجين الحيوي المستهلك Biological Oxygen Demand (BOD)

يشير الأكسجين الحيوي المستهلك إلى كمية الأكسجين المذاب الذي تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة لتحويل المواد العضوية إلى طاقة في عينة مخففة من المياه العادمة محفوظة عند درجة حرارة الغرفة لمدة خمسة أيام. إضافةً إلى أنها تدخل هذه القيم كعامل مهم في تصميم محطات المعالجة للمياه العادمة وتحديد مدى تلوث المصادر المائية(4). ولقد تم تحديد كمية الأكسجين الحيوي الممتص لقياس الأكسجين الذائب المستهلك بواسطة الكائنات الدقيقة فى عملية الأكسدة الكيموحيوية للمواد العضوية طبقا لمنظة الصحة العالمية(APHA,1998) (3).

- **تقدير كمية الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD): Chemical Oxygen Demand**

تستخدم كمية الأكسجين الكيميائي المستهلك كمؤشر لقياس المواد العضوية فى مياه الصرف التى تحتوي على مركبات سامة للحياة البيولوجية. ولقد تم قياس الاكسجين الكيميائي المستهلك وفق الطريقة المذكورة من قبل (APHA, 1998) (3).

3- النتائج والمناقشة

(أ) الخواص الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه المعالجة:

- الأس الهيدروجيني (pH):

تشير النتائج المدونة في جدول (1) الخاصة بعينات مياه الصرف الصحي المعالجة بالمجمع الفندقي إلى أن متوسط قيم الأس الهيدروجيني pH سجل قيمة قدرها 7.61 ± 0.145، ومعامل اختلاف (CV) قدر بحوالي 1.9%. وتعتبر هذه القيمة قريبة للوسط المتعادل، مما يجعلها مناسبة للري الزراعي. وبذلك يتضح وجود تلك القيم ضمن نطاق المعايير المحلية (5) والدولية كمنظمة الزراعة والأغذية (FAO) لسنة 1985 (6) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) لسنة 2007 (7).

جدول 1: متوسط نتائج التحاليل المتحصل عليها لتقييم عينات مياه المجمع الفندقي بصبراته.

الأس هيدروجيني (pH)		أملاح ذائبة كلية (TDS) ملجم/لتر		توصيل كهربي (EC) ملليموه/سم	
متوسط قيمة	معامل اختلاف (%)	متوسط قيمة	معامل اختلاف (%)	متوسط قيمة	معامل اختلاف (%)
0,145 ± 7.61	1,9	1,04 ± 1807	0,06	0,022 ± 2,780	0,780

- **الأملاح الذائبة الكلية (TDS):**

أظهرت التحاليل المعملية للعينات نتائج مرضية بخصوص الأملاح الذائبة الكلية (TDS) (جدول 2)، حيث سجلت متوسط قيمة قدرت بحوالي (807 ± 1.04 ملجم/ل، ومعامل اختلاف (CV) قدر بحوالي 0.06 %. وتشير هذه القيمة إلى ارتفاع ملوحة المياه المعالجة إلى حدٍ ما إلا أنها تقع ضمن الحدود متوسطة المشاكل للإستخدام في الري الزراعي (450 – 2000 ملجم/ل)، حسب تصنيف منظمة الإغذية والزراعة (FAO, 1985) (6)، وهي صالحة لري النباتات والمسطحات الخضراء المقاومة للملوحة وفي جميع أنواع التربة وفق تصنيف اللجنة الاستشارية الفنية الأمريكية (NATC) (8)، حيث أن أغلب نباتات المسطحات الخضراء من نوع النباتات متوسطة المقاومة للملوحة، وبذلك فإن مياه الري تعتبر مناسبة.

- **التوصيل الكهربي (EC):**

تظهر النتائج في جدول (1) ارتفاع ضئيل في مستوى قيم التوصيل الكهربي (EC) لعينات مياه الري، لتتوافق مع نسبة الأملاح الذائبة الكلية (TDS)، بحيث قدر متوسط القيمة لعينات مياه الصرف المعالجة بحوالي (2.78 ± 0.022) ملليموه/سم ومعامل اختلاف (CV) قدره حوالي 0.78 %، مما يعني صالحة تلك المياه لري المسطحات الخضراء إلى حدٍ ما وفق مصادر دليل تقييم صلاحية مياه الري لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO) الذي ينص على أن قيم التوصيل الكهربي لمياه الري التي لا تفوق 3 ملليموه/سم لا تجعل من احتمال حدوث تملح للتربة أمراً وارداً، وبالتالي لا يوجد عليها قيود للاستخدام (6) . إضافة إلى ذلك، يعتبر الارتفاع الملحوظ مؤشرا وتأكيدا على زيادة نسبة الأملاح الكلية الذائبة (TDS) بالمياه.

- **الأيونات السالبة الذائبة- الكربونات (CO_3^{-2}) والبيكربونات (, HCO_3^-):**

تشيرالنتائج في جدول (2) إلى قيم متوسطات ومعامل الاختلاف للأيونات السالبة والموجبة الذائبة في ماء الصرف المعالج. وتعتبر أيونات البيكربونات من أشد الأيونات ضراراً بالنبات عند وجودها بمعدلات مرتفعة في مياه الري. كما قد يؤدي إرتفاع محتوى البيكربونات في مياه الري إلى 500 ملجم/لتر أو أكثر إلى ظهور أعراض نقص الحديد على النبات حتى وأن وجد في التربة بكميات ملائمة (9). إلا أن من خلال نتائج التحليل الموضحة بجدول (2)، يمكن ملاحظة أن متوسط قيم تركيز أيونات البيكربونات الذائبة (HCO_3^-) في جميع عينات مياه الري بالمجمع متشابهة تماماً وقدرت بحوالي (262 ± 1,23) ملجم/ل، ومعامل اختلاف (CV) بحوالي 0,267%. حيث تقع هذه القيم ضمن الحدود والقيود المتوسطة من حيث الاستخدام حسب ما هو منصوص عليه من قبل منظمة الأغذية والزراعة (FAO) لعام 1985 بخصوص تقييم صلاحية الماء للري (10). كما تشير النتائج إلى إنعدام أي تركيز محسوسة من أيونات الكربونات الذائبة (CO_3^{2-}) غير المرغوب بها، نظراً لوجود معظم الكربونات مترسبة على هيئة كربونات الكالسيوم.

جدول 2: متوسط قيم النتائج المتحصل عليها للايونات السالبة والموجبة الذائبة في مياه الصرف المعالجة.

أيونات سالبة ذائبة				أيونات موجبة ذائبة			
CO_3^{2-}	HCO_3^-			Na^+		K^+	
خالية	متوسط قيمة، ملجم/ل	معامل اختلاف (%)		متوسط قيمة، ملجم/ل	معامل اختلاف (%)	متوسط قيمة، ملجم/ل	معامل اختلاف (%)
	1,23 ± 262	0,267		0,440 ± 403	0,190	0,46 ± 23.5	%1,97

- **الأيونات الموجبة الذائبة–الصوديوم(Na^+) والبوتاسيوم (K^+):**

لا تخلو المياه الطبيعية، السطحية أو الجوفية من وجود أيونات الصوديوم (Na^+)، والذي يصل إلى مياه الصرف الصحي من خلال الاستخدام المنزلي للمياه رفقة مواد التنظيف، وعن طريق الاستخدامات الصناعية (عصر الزيتون وتقشير ثمار الموالح وصناعة منظفات الأواني والأدوات) وغيرها. كما أن ارتفاع تركيز أيونات (Na^+) في مياه الري يعمل على خفض معدلات الرشح للتربة Infiltration Rate وتدهور خصائص التربة (6، 11).

توضح نتائج التحاليل الكيميائية (جدول 2) ارتفاع متوسط قيم تركيز أيون الصوديوم (Na^+) إلى 403 ± 0.440 ملجم/لتر، ومعامل اختلاف (CV) قدره 0.109% في عينات مياه الصرف المعالجة بالمجمع الفندقي وهي أعلى عند المقارنة بالمعايير الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية WHO (الحد الاقصى: 200 ملجم/ل) (7). بينما يصف نظام تقويم صلاحية الماء للري الصادر عن منظمة الأغذية والزراعة FAO بأن تلك المياه (< 69 ملجم/ل من تركيز Na^+) ذات قيود متوسطة عند استخدامها للري (6). حيث تؤثر على نمو النباتات وأطراف أوراقها والمسطحات الخضراء عند استعمال نظام الري بالرش.

أما البوتاسيم (K^+) فيعد من المغذيات الهامة للنبات (إضافة إلى N و P) حيث أن قلة تركيزه في مياه الري أو التربة يؤثر في نمو النبات. كما أن لأيون البوتاسيوم (K^+) تأثيرات مشابهة لأيون (Na^+) على الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مثال ذلك، العلاقة العكسية لتركيز (K^+) مع خاصية التوصيل الهيدروليكي للترب (HC) ونسب أيون Na^+ المتبادلة Sodium Exchangeable Percentage (SEP) (12).

في هذا السياق، تأتي الدراسة على ذكر كاتيون البوتاسيوم (K^+) الذي يمثل أقل الكاتيونات وفرةً في الطبيعة وفي المياه التي يتم الحصول عليها من الآبار الجوفية مقارنةً بباقي الكاتيونات، وتظهر نتائج التحليل بجدول (3) إلى أن متوسط تركيز هذا الكاتيون يقدر بحوالي 23,5 ± 0,463 ملجم/ل، ومعامل اختلاف (CV) بحوالي 1.97%. أن أي وجود التركيزات العالية من كاتيون البوتاسيوم (K^+) عادةً ما تكون صادرة عن مياه حاوية لمواد التنظيف المنزلية بالإضافة إلى الاعتماد على استخدام مياه تستخرج من الآبار الجوفية.

وبشكل إجمالي، تؤكد النتائج وجود تراكيز حرجة طفيفة وتأثيرات متوسطة الخطورة على تربة المسطحات الخضراء بالمجمع الفندقي فيما يتعلق بكاتيون الصوديوم (Na^+) عند وجود الإدارة السيئة للمياه، بينما لا يوجد تأثيرات خطرة إطلاقاً فيما يتعلق بكاتيون البوتاسيوم (K^+) الذائبة بمياه الري.

–تقدير القلوية الكلية والعسر الكلي:

توضح النتائج في جدول (3) قيم متوسطات ومعامل الاختلاف للقلوية الكلية (**TA**) **Total Alkalinity** والعسر الكلي **Total Hardness** (**TH**)في مياه الصرف المعالجة خلال هذه الدراسة. وتتشير النتائج المشار إليها سابقا إلى ارتفاع نسبة محتوى مياه الري من الصوديوم (Na^+) والبوتاسيوم (K^+) بالإضافة إلى باقي الكاتيونات الذائبة المغنسيوم (Mg^{2+}) والكالسيوم (Ca^{2+}) في المياه مما يؤدي إلى حدوث ارتفاع القلوية الكلية ويسبب تدهور صفات التربة الطبيعية (11).

فمن خلال جدول (3)، يمكن ملاحظة أن قيمة متوسط تركيز القلوية الكلية (TA) قد بلغ متوسطها 188 ± 1.162 ملجم/ل، وبمعامل اختلاف (CV) قدره 0.162%.

جدول 3: يبين متوسط قيم تركيز القلوية الكلية ومتوسط تركيز العسر الكلي في مياه محطة المعالجة بالفندق.

قلوية كلية (Total Alkalinity)، ملجم/ل		عسر كلي (Total Hardness) ، ملجم/ل	
متوسط قيمة	معامل أختلاف، (%)	متوسط قيمة	معامل اختلاف، (%)
1.162 ± 188	0.618	0.641 ± 452	0.142

ومن ناحية أخرى، يُعرف فقدان قدرة الماء (بالكامل أو بشكل ضئيل) على إذابة الصابون على أنه عسر المياه (Water Hardness)، وينجم أساساً عن وجود أملاح ذائبة في المياه الطبيعية بتركيز تفوق الحد المسموح به لصلاحية المياه للشرب (13). وتشمل الأملاح المساعدة في حدوث ظاهرة العسر كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، كربونات الماغنسيوم ($MgCO_3$)، كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$)، وكبريتات الماغنسيوم ($MgSO_4$)، بالإضافة إلى مكونات أخرى بدرجة أقل مثل كربونات وبيكربونات وكبريتات كل من: الإسترانشيوم (Sr)، الباريوم (Ba)، السيليكا (SiO_2)، الحديد (Fe)، المنجنيز (Mn)، والألمونيوم (Al). ويُطلق اسم "العسر الكلي" (TH) **Total Hardness** على مجموع تركيزات الاملاح المذكورة سابقاً في المياه، ويعبر عنها كيميائياً بمكافئ كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$ Equivalent) (14).

وفي هذا الإطار يمكن من خلال النتائج المدونة في جدول (4) ملاحظة أن عينات مياه الصرف الصحي المعالجة والمستهدفة للري الزراعي تظهر وجود ارتفاع ملحوظ في العسر الكلي (TH) بمتوسط قيمة قدرها 452 ± 0.641 ملجم/ل ومعامل اختلاف (CV) قدره 0.142%. وبشكل عام، يُنصح بأن لا تتجاوز قيمة العسر الكلي (TH) للمياه المستخدمة في الري 80 ملجم/لتر (10).

أستناداً إلى حقيقة أنه عندما تكون قيم تركيز العسر الكلي (TH) أعلى من قيم تراكيز القلوية الكلية (TA) في المياه، فذلك يعني أن عينات المياه المعالجة تعاني من العسر الدائم (Permanent Hardness) (15) له تأثير اقتصادي سلبي، حيث يعمل على تآكل أنابيب ومضخات الري.

ويرجع سبب الارتفاع في قيمة العسر الكلي (TH) ربما إلى طبيعة المواقع (الآبار الجوفية مثلاً والتي يعتمد عليها معظم سكان المدينة في الاستخدامات المنزلية) المستخرج منه المياه في الأصل. حيث تعد طبقات الأرض المكونة من الصخور الكلسية بأنواعها المختلفة كالدولوميت، الطباشير (Limestone, $CaCO_3$) والطفل من أكثر الصخور التي تسهم في زيادة نسبة املاح الكالسيوم، وكربونات وبيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم للمياه الجوفية (16).

-تقدير تركيزات بعض العناصر الثقيلة (HM):

توضح النتائج في جدول (4) متوسط تركيزات ومعامل الاختلاف لعناصر الرصاص Pb والكادميومCd والخارصين Zn و الكروم Cr في عينات مياه الصرف المعالجة الخاصة بري المسطحات الخضراء. وتقدر قيم متوسط تلك العناصر بحوالي 0.004 ± 0.027 ملجم/ل، 0.095 ± 0.0184 ملجم/ل، 0.220 ± 0.109 ملجم/ل، وَ 0.074 ± 0.009 ملجم/ل، وبمعاملات ختلاف (CV) تقدر بحوالي 26%، 19%، 50% و 12% على التوالي.

جدول 4. متوسط قيم النتائج المتحصل عليها لتركيزات بعض المعادن الثقيلة:

الرصاص Pb ، ملجم/ل		الكادميوم Cd، ملجم/ل	
متوسط قيمة	معامل أختلاف	متوسط قيمة	معامل أختلاف
0.027 ± 0.004	%26	0.0184 ± 0.095	%19
الخارصين Zn، ملجم/ل		الكروم Cr، ملجم/ل	
0.109 ± 0.22	%50	0.009 ± 0.074	%12

ويرجع الاختلاف في متوسطات تركيز المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي المعالجة إلى اختلاف مستوى اسهام مياه الصرف الصحي القادمة من القطاعات المختلفة أهمها الصناعي. ويشار إلى أنه في بعض الاحيان يستطيع أن يؤدي تركيز بعض المعادن الثقيلة (خاصة Zn) إلى موت النبات، كما تستطيع بعض النباتات أن تمتص (Cd) وتخزنه في أنسجتها بتركيزات قد تضر الأدميين عند تناول لتلك النباتات (17).

وفي الوقت الذي تتميز فيه مدينة صبراته بانخفاض مستوى الإسهام لمياه الصرف الصناعي كنتيجة لانخفاض المرافق الصناعة بالمدينة، فإن ذلك يفسّر توافق تلك القيم المتحصل عليها مع حدود المعايير المسموح بها لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد المعالجة للري والمنصوص عليها من قبل المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية لسنة 2010 (5)، ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO, 1985) (6)، وكذلك منظمة الصحة العالمية (WHO, 2007) (7).

(ب) تحليل المياه من الناحية البيولوجية:

- تحليل مجموعة من أنواع البكتريا:

يضم هذا الجانب العديد من الاختبارات التي يتم تنفيذها للتحقق من وجود تلوث ميكروبي لعدد من البكتريا الخطرة التي قد تسهم أو تساعد في التسبب بالأمراض للمستخدمين لتلك المنتجات الزراعية إذا ما تم استخدامها بطريقة صحية. إلا أن استغلال تلك المياه المعالجة غير المطهرة بالكلور بالمجمع الفندقي "تليل" يتم لري المسطحات الخضراء فقط منذ عدة سنوات دون التسبب في إصابات ممرضة للبشر (وفقاً لتصريحات القائمين على إدارة المجمع الفندقي).

ويوضح الجدول (5) نتائج التحليل البيولوجي لعدد من عينات المياه تم جمعها من المجمع الفندقي بشكل مباشر من أحواض المعالجة التي لا تتعرض للتطهير بالكلورة. وقد أظهرت نتائج التحليل البكتيري وجود ارتفاع في العدد الكلي للنمو البكتري بحيث فاقة القدرة على العد. كما أظهرت الاختبارات الخاصة بتمييز ووجود البكتريا القولونية (*E. coli*) وبكتريا السلاسل المكورة البرازية (*Streptococcus faecalis*) بمتوسطي قيم قدرهما 3.2×10^3 $\pm$ 0.285×10^3 خلية/100 مل و 9.0×10^3 $\pm$ 0.311×10^3 خلية/100 مل، ومعاملي اختلاف (CV) قدرهما 9.0% و 3.5% على التوالي.

جدول 5: متوسط قيم نتائج التحاليل البيولوجية لعينات مياه الصرف المعالجة بالمجمع الفندقي(تليل).

العدد الكلي للنمو البكتري	العدد الكلي للبكتريا القولونية (خلية/100 مل)		العدد الكلي لبكتريا السلاسل المكورة البرازية (خلية/100 مل)	
فاقة القدرة على العد	المتوسط	معامل اتلاف (%)	المتوسط	معامل اختلاف (%)
	3.2×10^3 $\pm$ 0.285×10^3	%9.0	9.0×10^3 $\pm$ 0.311×10^3	%3.5

وبالرغم من أن تلك القيم لا تقترب من معايير ومواصفات مياه الصرف الصحي المعالجة والمستهدفة للري الزراعي المعمول بها في الدولة الليبية (5)، إلا أنها تمثل أعدادا هائلة وتدل على وجود احتمالية لإحداث مشاكل صحية للقائمين على إدارة المسطحات الخضراء عند تعاملهم مع المياه بشكل غير سليم ودون اتباع الإرشادات الوقائية، وكذلك رواد هذه المسطحات من متنزهين وغيرهم.

وفي الوقت الذي تسهم درجة المعالجة (تمهيدية، أبتدائية، ثانوية أو ثلاثية "متقدمة") وجودة المياه الناتجة في تحدد نوعية المزروعات التي يمكن زراعتها بتلك المياه، فيمكن القول بأنه كلما زادت درجة المعالجة وازدادت نقاوة المياه الناتجة، توسع مجال استخدام المياه وتنوعت المزروعات التي يمكن زراعتها وريها بالتالي من هذه المياه (17). وعليه فإن ري المسطحات الخضراء بتلك النوعية من المياه مثلما يحدث في المجمع الفندقي لا يمثل أي تهديد للنبات وهو جائز لكن بشرط عدم استخدام تلك المسطحات من قبل المتنزهين أيضاً.

-تقدير كمية الأكسجين المستهلك حيويا(BOD) :Biological Oxygen Demand

يقدر محتوى الأكسجين الحيوي (BOD) بكمية المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي وذلك من خلال تعيين كمية الاكسجين المستخدم بواسطة البكتريا الهوائية لتحليل المواد العضوية القابلة للتحلل البكتيري. ويعد هذا من أكثر مؤشرات التلوث العضوي للمياه والذائب مما يشكل عبئا على وحدات المعالجة البيولوجية.

في الظروف الهوائية الخاصة بعملية المعالجة لمياه الصرف الصحي بداخل المجمع الفندقي، يقضى على كميات الأكسجين المستهلك حيوياً (BOD) لأنواع خاصة من الأحياء البيولوجية الهوائية، بأكسدة المواد العضوية، وتتم باستخدام بما يسمى بعمليات الحمأة المنشطة، حيث تعتمد فيها هذه النوعية من العمليات على تنشيط الكائنات الدقيقة بمياه المجاري والعوالق الرسوبية، التي تُرسب في أحواض الترسيب النهائي، ويعاد نسبة من هذه الرواسب إلى أحواض التهوية. وفي هذه الأحواض تجد الكائنات الدقيقة البيئة الملائمة بما فيها من مواد عضوية وأكسجين ذائب بالمياه، ويساعد التقليب المستمر على تهوية المياه وتنشيط البكتريا.

ومن خلال النتائج الموضحة في جدول (6)، يتضح أن معدلات استهلاك الأكسجين الحيوي (BOD) في جميع عينات مياه الصرف المعالجة المستهدفة لري المسطحات الخضراء بالمجمع الفندقي كانت عند متوسط قيمة قدرها 49 $\pm$ 1.3 ملجم/ل، ومعامل اختلاف (CV) قدره 2.7%. وأن هذا الإرتفاع في متوسط القيمة يمثل قيم طبيعية لمثل هذه النوعية من المياه المعالجة التي لم تخضع لعملية التطهير من الاحياء الدقيقة، ويجعل منها قيما تفوق التركيز النموذجي لمياه الصرف الصحي المعالجة والمستهدفة للري الزراعي وفقاً للمعايير والمواصفات الليبية

لاستخدام مياه الصرف المعالجة في الري الزراعي (5) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) (7). ويعزى هذا الارتفاع في كمية الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) إلى حالة الارتفاع في نسبة التلوث بالمواد العضوية وكذلك في أعداد البكتريا التي تعمل على استغلال وتحلل المواد العضوية، كما تم الإشارة إليه في الفقرة السابقة، وعليه يجب التفكير في كلورة هذه المياه.

جدول 6: متوسط قيم كمية الأكسجين الحيوي المستهلك والأكسجين الكيميائي في مياه الصرف المعالجة بالمجمع الفندقي.

الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD)، ملجم/ل		محتوى الأكسجين الكيميائي (COD)، ملجم/ل	
متوسط قيمة + انحراف معياري	معامل اختلاف (%)	متوسط قيمة + انحراف معياري	معامل اختلاف، (%)
1.3 ± 49	2.7	1.13 ± 180	0.63

-تقدير محتوى الأكسجين المستهلك كيميائيا (COD):Chemical Oxygen Demand

يعد تقدير محتوى الأكسجين الكيميائي (COD) مقياسا آخر للمكونات العضوية القابلة للتحلل عن طريق الأكسدة بالطرق الكيميائية وذلك للتعرف على الحمل العضوي الكلي للماء. ويعتبر مؤشرا قويا وأسرع للدلالة على وجود المركبات العضوية وكميتها. وبشكل عام فإن قيمة الأكسجين الكيميائي المستهلك لمياه الصرف أعلى من قيمة الاكسجين الحيوي لأن المركبات يمكن أن تتأكسد كيميائياً والبعض فقط يمكن أن يتأكسد بيولوجياً. وفي الغالب فإن نسبة (COD) إلى (BOD) تعادل (1.5 : 2.0) في مياه الصرف التي تحتوي على مواد تتحلل بيولوجيا مثل الأغذية. أما مياه الصرف ذات النسب (COD/BOD) أعلى من 3، فإنه يمكن اعتبار أن المواد المؤكسدة الموجودة في العينة ليست بيولوجية التحلل. وغالباً ما يطلق على المواد غير المتحللة بيولوجيا مواد حرارية حيث توجد بصفة دائمة في مياه الصرف الناتجة من الصناعات. ويجدر القول بأن الحدود المسموح بها لمياه الصرف الصحي المعالجة المستهدفة للري الزراعي هي 50 ملجم/ل كمتوسط قيمة و 100 ملجم/ل كحد أقصى وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية (WHO) (7).

ولقد أظهرت النتائج الموضحة في جدول (6) أن تركيز الأكسجين الكيميائي (COD) بمياه الصرف الصحي المعالجة والمستهدفة لري المسطحات الخضراء قد قدرت بمتوسط قدره 180 ± 1.13 ملجم/ل، ومعامل اختلاف (CV) قدره 0.63%، وبذلك يمكن الاشارة إلى أنها قد تعدت الحدود المسموح بها دولياً (100 ملجم/ل كحد أقصى، (WHO)) (7). ويدل هذا الارتفاع في محتوي COD على زيادة كمية المواد العضوية القابلة للتحلل الكيميائي.

كما تشير النتائج إلى أن نسبة (COD) : (BOD) لم تتوافق مع النسبة النموذجية (1.5 : 2.0) التي تشير إلى أن مياه الصرف المعالجة في تلك الحالة تحتوي على مواد تتحلل بيولوجياً مثل الأغذية، بل أنها من المواد التي توجد بصفة دائمة في مياه الصرف الناتجة من استخدام المنظفات والكيماويات. وقد يؤدي وجود هذه المواد العضوية إلى تعقيدات في عمليات المعالجة ويقلل من كفاءتها.

4- الخلاصة

من خلال التحاليل الكيميائية والبيولوجية التي تم أجراؤها أمكن استنتاج أن متوسط قيم بعض عناصر المختبرة ملائمة وفق درجة المعالجة لتلك المياه المستهدفة فقط لري المسطحات الخضراء بالمجمع الفندقي ويمكن أن تكون المياه صالحة لري المسطحات الخضراء إلى حدٍ ما وفقاً لمصدر دليل تقييم صلاحية مياه الري لمنظمة الأغذية العالمية (FAO).

كما توضّح التحاليل البيولوجية، أن هناك إرتفاع في العدد الكلي للنمو البكتري فاق القدرة على العد، مما جعل قيم متوسطات البكتريا القولونية (*E. coli*) وبكتريا السلاسل المكورة البرازية (*Streptococcus Faecalis*) لا تتوافق مع المعايير والمواصفات الليبية لمياه الصرف الصحي المعالجة والمستهدفة للري الزراعي. كما تشير نسبة (COD) إلى (BOD) إلى أن مياه الصرف المعالجة احتوت في معظمها مواد توجد بصفة دائمة في مياه الصرف الناتجة من استخدام المنظفات والكيماويات الأخرى البسيطة.

5-التوصيات

أستناداً إلى النتائج المتحصل عليها من خلال هذه الدراسة يمكن الإشارة إلى بعض النقاط التي قد تساهم في الرفع من مستوى استغلال مياه الصرف الصحي في المجال الزراعي وبالتالي الرفع من مستوى الإقتصاد الوطني، ويمكن إيجازها في الآتي :

1- ضرورة الاهتمام بمياه الصرف الصحي واعتمادها ضمن الموارد المائية المتاحة بليبيا لتعويض النقص في مصادر المياه العذبة وإستغلالها في الزراعة والصناعة وغيرها كمورد مائي غير تقليدي.

2- التوسع في إنشاء محطات المعالجة لمياه الصرف الصحي في مناطق أخري بليبيا.

3- ضرورة إجراء قياسات وتحاليل دورية لمياه الصرف الصحي المستغلة في الزراعة في مناطق أخرى من ليبيا ومقارنة تلك النتائج بالمواصفات المحلية والدولية.

4- إقامة مناطق خضراء ومشاريع زراعية في مناطق متفرقة من ليبيا أعتماداً على مياه الصرف المعالجة.

5- الحد من تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في المساحات الفضائية وكذلك في حفر التجميع المسماة بالآبار السوداء وتصريفها إلى مياه البحر للحفاظ على نظافة البيئة ومكوناتها.

7- تشجيع الباحثين وإفساح المجال أمامهم في ليبيا بالخوض في مجالات التحاليل ذات العلاقة بالمشاريع البيئية وكذلك المشاريع التنموية وتوعية المواطن من خلال إجراء البحوث والدراسات بشكل مكثف.

6- قائمة المراجع

1- أبوقديس، هاني أحمد (2004): "استراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية"، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، عدد 93، ط 1، دار السلام للنشر والتوزيع، أبو ظبي- الإمارات العربية المتحدة.

2- عبد الجواد، الجيلاني محمد، (2009): استعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة في الري: أهميتها وتأثيراتها البيئية عند الاستعمال. ورقة عمل قدمت في ورشة عمل نظمتها أمانة المرافق، ص 10 – 25، اللجنة الشعبية العامة للزراعة والثروة الحيوانية والبحرية. طرابلس الغرب ليبيا.

3- APHA "Standard methods for the examination of water & **: (1998))American Public Health Association** wastewater", 20th ed. Washington, 1.193 p.

4- أحمد، ف. حسن، (1996): هندسة البيئة، ط 1، دار الكتب الوطنية بنغازي، منشورات جامعة عمر المختار، البيضاء.

5- المركز الوطني للمواصفات والمعايير، (2010): مياه الصرف الصحي الحضرية غير المعالجة. الاصدار الاول، الرقم الاشاري: م م ق ل 773.

6- منظمة الزراعة والأغذية (FAO) (1985)،

7- WHO (2006): Guidelines for the safe use of waste-water, excreta and grey water: Volume 2, Chapter 8: p. 107 – 125, Wastewater use in agriculture, World Health Organization, Geneva.

8- NATC(1980): National American Technical Consultation Committee, Report of the committee on water quality criteria, Washington-USA, p. 170.

9- Elssaidi, M. A. and Mohamed A. R. Libyan, 2012 Quantitative and qualitative changes in groundwater properties of Murzuk basin and their impacts on ecosystems. Agriculture Research Center Journal international 3(S2), 1335-1350

10- نسيم، ماهر جورجي، (2006): أستصلاح وتحسين الأراضي الصحراوية، الاسكندرية، منشأة المعارف بالاسكندرية- مصر

11 - الجنديل، عدنان رشيد، (1978): "الزراعة ومقوماتها"، طبعة 1، الدار العربيةللكتاب، عمان – المملكة الاردنية.

12- Kanwar , J. S , and D.Ram (1969): "K^+ & Mg^{++} in irrigation water and their effects on the physico-chemical properties of soil" , *Indian Society of Soil Sci. J.* , 17(4): 217 – 226.

13- Sawyer,c.N. and McCary,P.l, (1985): *Chemistry for environmental engineering*, 3rd international student edition. New York: McCraw-Hill Book Company.

14- المنهراوي، سمير وعزة ابراهيم (1997): "المياه العذبة – مصادرها وجودتها"، ط 1، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة – مصر.

15- Faust, S_.D. and O.A. Aly, (1981): "Water Treatment", 2nd ed. New York: Lewis Publishers.

16- الشناوي، محمد عبد الوهاب (1961): مقدمة في علم البلورات والمعادن والصخور (ط 1)، القاهرة، دار المعارف بمصر.

17- السروري، أحمد (2011): "اعادة استخدام المياه العادمة (مياه الصرف المعالجة) : الاهمية والمنافع والتطبيقات"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع – القاهرة.

Studies On Some Physico-Chemical And Biological Properties In Wastewater Treated At " Dar Tilil" Hotel Complex To Determine Its Suitability For Irrigating The Green Areas - Sabratha – Libya

Najat Al- Mabrouk Owen[1]; Seham Al- Mabrouk Owen[2] and Algilani Mohamed Abdelgawad[3]
1- Faculty of Science / Sabratha University,
2- Academy of Graduate Studies,
3 - Faculty of Agriculture / University of Tripoli - Libya

Abstract

Taking into consideration the importance and the values of the green park areas (gardens) irrigated by treated waste water (TWW) instead of landfill or sea disposal as it is happening in many regions of Libya. Therefore, it was very valuable to accomplish this study to estimate the size of impacts imposed by the utilization of TWW in irrigation of these green areas.

The study was conducted through a number of chemical tests to evaluate the suitability of utilizing TWW for irrigation of gardens of "Tileel" complex Hotel in Subrata City. The analyses included: pH, total dissolved salts (TDS), electro-conductivity (EC), concentration of anionics (CO_3^{2-} ،HCO_3^-), total alkalinity (TA), total hardness (TH), concentration of cationics (Na^+ ،K^+), concentration of some heavy metal (Pb, Cd, Zn & Cr), certain biological tests concerning the presence and number of some bacteria, quantity of biological oxygen demand (BOD) and finally the chemical oxygen demand.

The chemical results revealed that there has been a feasibility of utilizing TWW in irrigation of gardens of "Tileel" complex Hotel, although such water has only been treated preliminarily, in other wards chlorination process has not been used. The study had to advice and warns employees taking care of gardens and public parkers to take precautions during dealing with such gardens.

The present results showed that metal concentrations of Pb ،Cd ،Zn and Cr were somewhat low in TWW of hotel complex. Generally, the obtained results and data of TWW for irrigations have been compared to Libyan and some other organizations standards and shown to a great extend agreements.

- **Key words:** wastewater, physico-chemical and biological properties, green areas, Sabratha.