مجلة جامعة مصراتة للعلوم الزراعية
Journal of Misurata University for Agricultural Sciences
عدد خاص بالأوراق العلمية المقدمة للمؤتمر العلمي الأول للعلوم الزراعية – إنتاج نباتي (5-6 أكتوبر 2019)

إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري

* مهدي هنداوي عبد النبي
قسم البيئة والموارد المائية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، طبرق

أحمد عبدالعاطي يوسف
قسم البيئة والموارد المائية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، طبرق

Mahdi.elhendawi@gmail.com

https://doi.org/10.36602/jmuas.2019.v01.01.14

الملخص

تعتبر المياه غير التقليدية مورداً هاماً لتأمين الاحتياجات المائية لدى العديد من الدول العربية لاسيما في ليبيا التي تُعاني من نُدرة المياه لري بعض أنواع المحاصيل الزراعية والصناعية (العلفية والنباتات الحراجية والتزيينية)، لذا فقد أُنشئت العديد من محطات المعالجة في المدن الرئيسية والتجمعات السكانية الكبيرة، إلا أن استعمال المياه المعالجة مازال محدوداً نتيجة لآثارها البيئية، ويتطلب استعمال هذه المياه في الري الزراعي إجراء العديد من البحوث والاختبارات للوصول إلى المعايير التي تضمن الاستعمال الآمن بيئياً وصحياً، تهدف الدراسة إلى البحث عن مصادر مائية جديدة غير تقليدية ورديفة وإن كانت ذات نوعية أقل جودة من المياه التقليدية، مثل مياه الصرف الصحي المعالجة والمياه الرمادية ومياه الصرف الزراعي والمياه العسرة ومياه البحر المحلاة، لتأمين الاحتياجات المائية وتغطية العجز المائي في الموازنة المائية للمشاريع التنموية، ونظراً لأهمية الدراسات المعملية في تحديد وقياس جودة المياه المعالجة طبقاً للمعايير والمواصفات القياسية العالمية المتفق عليها ذات الصلة بجودة المياه، فقد تم جمع عينات الدراسة وبعد إجراء الاختبارات والتحاليل اللازمة للعوامل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لتحديد طبيعة مياه الصرف الصحي قبل وبعد عملية المعالجة، وفي ضوء النتائج المتحصل عليها من خلال الاختبارات والتحاليل المعملية التي أجريت في محطة معالجة مياه الصرف الصحي بطبرق بهدف تقييم جودة المياه المعالجة وإمكانية تدويرها والاستفادة منها ،اتضح أن هذه المياه تم معالجتها بدرجة عالية من الكفاءة وخلوها من الملوثات ذات التأثيرات السلبية على التربة أو النبات لذا يمكن استخدامها في الري بشكل آمن للأحزمة الخضراء والغابات وري الحدائق والمنتزهات وزراعة النباتات العلفية.

وعليه نوصي بتسليط الضوء على الكميات الهائلة من المياه المعالجة المهدورة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي بعد تطويرها واستغلالها في الأغراض المدنية المختلفة، والتي تعتبر بمثابة مصدر مائي متجدد يمكن استغلاله في ضوء المعايير والقياسات للهيئات والمنظمات العالمية والدولية

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي– الخواص الفيزيائية – الكيميائية– البيولوجية– القيم الإرشادية– مياه الري.

مقدمة

نظراً لازدياد الطلب على المياه لأغراض الشرب والري الزراعي والصناعة المترافق مع انخفاض معدلات الهطول المطري، وأصبحت مشكلة المياه والصراع على امتلاكها من أهم مشاكل المناطق التي تعاني من الجفاف والندرة في المياه التقليدية، ومنها المنطقة العربية التي يقع 90 % من أراضيها في المناطق الجافة وشبه الجافة كما أن استهلاك المياه في بعض الدول

العربية وصل إلى 600 % من المياه المتجددة (أكساد ,2001)، أصبحت عملية إعادة تأهيل المياه مثل مياه الصرف الصحي المعالجة، المياه الرمادية، مياه الصرف الزراعي، المياه العسرة ومياه البحر المحلاة بعد معالجتها طبيعياً وبيولوجياً وكيميائياً تحت ظروف محكمة وبأقل تكاليف ممكنة، بحيث تصبح صالحة للاستعمال من جديد وذلك لسد العجز المائي في المناطق التي تعاني من ندرة المياه في أغلب مناطق الوطن العربي ومن بينها ليبيا وعلى وجه الخصوص مدينة طبرق الشبه صحراويه.

تهدف هذه الدراسه لتسليط الضوء على الكميات الهائلة من المياة المعالجه والمهدورة المنتجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بطبرق بعد تطويرها واستغلال هذه المياه في الأغراض المدنية المختلفة وخاصة الري الزراعي مثل زراعة الأحزمة الخضراء كمصدات الرياح حول المدينة وتشجير الغابات وري الحدائق العامة والمتنزهات وفى الصناعة مثل أعمال التبريد وصناعة الثلج وصب الخرسانات وإنشاء المزارع السمكية وفى أغراض أخرى مثل حقن المياه الجوفية وإطفاء الحرائق وغسيل الشوارع وتنظيف دورات المياه وغيرها.

المواد وطرق البحث

تم جمع عينات من مياه الصرف الصحي الغير معالجة الواردة إلى المحطة ممثلة على مدار اليوم أسبوعياً، أي بمعدل أربع عينات شهرية، بالمثل تم جمع عينات من مياه الصرف الصحي المعالجة في اليوم التالي من أخذ العينات.

طريقة الدراسة تتضمن طريقة إعداد البحث ثلاث مراحل أساسية هي:

المرحلة الأولى جمع المعلومات والبيانات ذات الصلة بمحطة معالجة المياه وشبكة الصرف الصحي المرتبطة بها في المدينة.

المرحلة الثانية دراسة شاملة لمياه الصرف الصحي من خلال تحليل المياه قبل وبعد المعالجة لمعرفة أداء وكفاءة المحطة، ومقارنة هذه البيانات بمثيلاتها

المرحلة الثالثة تقييم النتائج المتحصل عليها من الدراسة ومدى الاستفادة منها في الجوانب العلمية والتطبيقية.

الدراسات السابقة

قام فون سبيرلينغ أوليفرا (2008) بتقييم ومقارنة السلوك الفعلي لعدد 66 محطة معالجة هوائية ولا هوائية، حيث تم توفير المعلومات عن عملية الأداء من حيث نوعية التدفق وكفاءة الإزالة لـ FC, TP, TSS, COD, BOD تمت مقارنتها مع تقارير الأداء المتوقع حيث كانت تقنيات المعالجة المختارة للدراسة هي:

1. المعالجة اللاهوائية: (حوض ترسيب، مرشح لا هوائي UASB Reactor)
2. المعالجة الهوائية: (بركة اختيارية، بركة لا هوائية متبوعة ببركة اختيارية، حمأة منشطة.

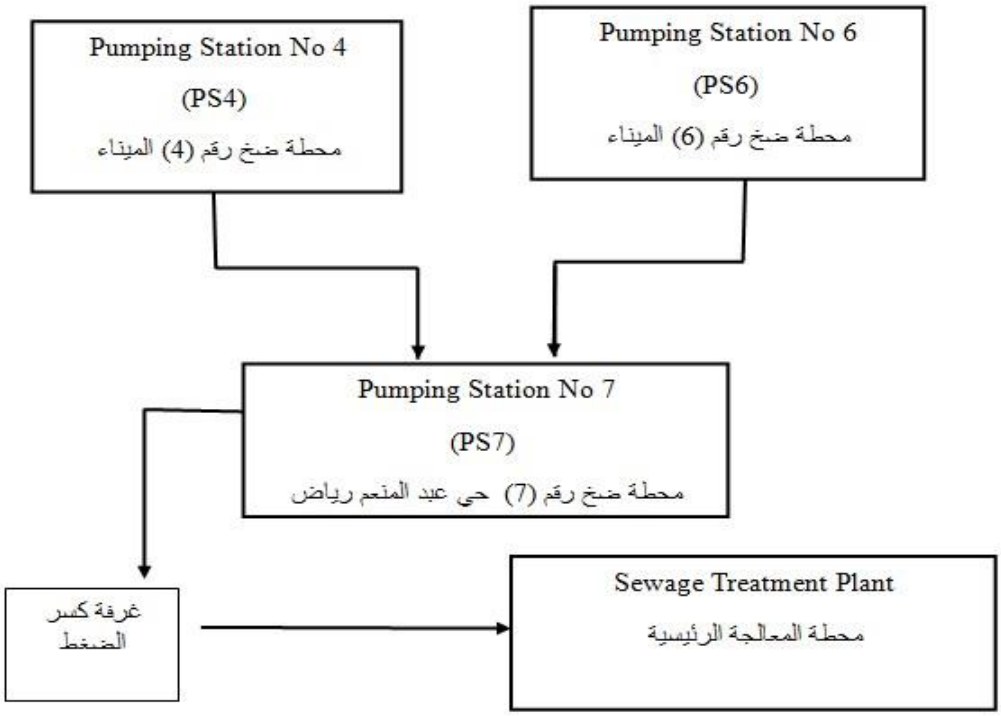
أكدت النتائج التي تم الحصول عليها بواسطة اختبارات إحصائية أنه بشكل عام كانت أفضل النتائج تلك التي كانت بفعل الحمأة المنشطة يليها مباشرة نتائج. UASB Reactor

(شكل 1) صورة جوية توضح موقع وحدات محطة المعالجة بمدينة طبرق

في دراسة قام بها جزدان (2002) حول تركيز أهم العناصر المعدنية الثقيلة من الكادميوم، والرصاص والكروم التي تُعتبر الأكثر انتشاراً في المياه المعالجة وأكثر سمية للنبات والحيوان وصحة الإنسان إذا ما وجدت بتركيزات عالية، وجد من نتائج التحليل ارتفاع محتوى المياه المعالجة في سوريا من الكادميوم والرصاص مقارنة مع المياه المعالجة في الدول العربية الأخرى، بينما كان محتوى المياه المعالجة من الكروم في ليبيا أعلى من باقي الدول، إلا أن تركيز كافة العناصر الثقيلة المدروسة يقع ضمن الحدود المسموح بها في مياه الري (0.01، 0.1، 5.0 مجم/لتر Pb, Cr, Cd على التوالي).

وفي دراسة قام بها يونس (2009) تناول فيها وضعية إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لعدد ثماني محطات تنقية في المنطقة الشرقية بليبيا وهي: محطة رأس لانوف، محطة البريقة، محطة إجدابيا، محطة بنغازي، محطة المرج، محطة البيضاء، محطة درنة ومحطة طبرق، ومن خلال الدراسة العملية توصل الباحث إلى النتائج التالية:

- متوسط تركيز الأكسجين الحيوي (BOD) في محطة رأس لانوف بعد المعالجة 17 مجم/لتر وكفاءة إزالته 92% وأن متوسط تركيز المواد الصلبة العالقة SS كان 20 مجم/لتر وكفاءة إزالتها 95% وبالتالي يمكن استخدامها في ري الحدائق داخل مدينة رأس لانوف
- متوسط تركيز الأكسجين الحيوي (BOD) في محطة البريقة بعد المعالجة 23 مجم/لتر وكفاءة إزالته 84%، وأن متوسط تركيز المواد الصلبة العالقة SS كان 6 مجم/لتر وكفاءة إزالتها 95% وبالتالي يمكن استخدامها في عمليات الري المقيد بشروط.
- متوسط تركيز الأكسجين الحيوي (BOD) في محطة القوارشة بعد المعالجة 78 مجم/لتر وكفاءة إزالته 53%، وأن ارتفاع متوسط تركيز المواد الصلبة العالقة (SS) كان 136 مجم/لتر وكفاءة إزالتها متدنية 34% وبالتالي تبين النتائج ارتفاع التركيزات عن المعدل المطلوب لإعادة الاستخدام وهو 10 مجم/لتر في الري غير المقيد وبتركيز 40 مجم/لتر في الري المقيد، كما جاء في المواصفات والمعايير القياسية الليبية (2006)، وبالتالي نستنتج عدم صلاحية المياه المعالجة من محطة القوارشة ومدى خطورتها في ري الخضروات التي تُؤكل طازجة، ويمكن استخدامها في ري أشجار الغابات، و الحدائق ومصدات الرياح حول المدن .



شكل (2) مخطط يوضح منظومة الصرف الصحي ومحطة المعالجة بمدينة طبرق

العوامل الفيزيائية

1. درجة الحرارة

2. قيمة الأس الهيدروجيني: وذلك باستخدام جهاز pH meter الرقمي في وحدات المعالجة المختلفة

3. درجة التوصيل الكهربائي

العوامل الكيميائية

1. قياس الأكسجين الحيوي المطلوب (Biochemical Oxygen Demand (BOD

وهو كمية الأكسجين المستهلك من قبل الكائنات الحية الدقيقة في أكسدة المواد العضوية، ويُعد من القياسات الهامة في تحديد مستوى التلوث في مياه الصرف الصحي وفي تصميم محطات معالجة المخلفات السائلة وهو مؤشر على تحديد كفاءة عمليات المعالجة البيولوجية.

2. اختبار الأكسجين الكيميائي المطلوب Chemical Oxygen Demand (COD)

يقيس هذا الاختبار بالمقارنة مع اختبار الأكسجين الحيوي المطلوب مقدار الأكسجين الكلي اللازم لأكسدة مختلف المواد المتواجدة في مياه الفضلات، سواء كانت عضوية أو غير عضوية يعتبر هذا الاختبار مؤشرا واضحا على مدى تلوث المياه بمخلفات الصرف الصحي والصناعي، ويمكن تحديد قيمة CODمن المعادلة (1):

$$COD\ (mgO_2/l) = [(A-B)*N*8000]/s \quad (1)$$ Abdel-Magid, I., M. (1986)

A = المادة المؤكسدة المستهلكة للعينة

B = المادة المؤكسدة المستهلكة بواسطة العينة Blank

N = عيارية المادة المؤكسدة

S = حجم العينة

3. قياس المواد الصلبة المعلقة Suspended Solids (SS)

يُعد من الاختبارات الهامة لتحديد طبيعة مياه الصرف الصحي، وتكون دائماً هذه المواد مصاحبة للأكسجين الحيوي المستهلك، حيث في الغالب كلما زادت العوالق زادت قيمة الأكسجين الحيوي المطلوب.(Metcalf and Eddy,2003

4. تعيين الفوسفور الكلي Total Phosphours (TP)

يعتبر الفوسفور من المركبات الهامة في العمليات البيولوجية، فمن خلاله يمكن معرفة مدى كفاءة المعالجة لمياه الصرف الصحي والصناعي بمعرفة نسب كل من الفوسفور والنيتروجين وهي ما تعرف بالمغذيات Nutrients للكائنات الحية التي تقوم بالبناء الضوئي ولذلك يجب التحكم في التخلص منها في البيئة.

5. تعيين النيتروجين الكلي Total Nitrogen (TN)

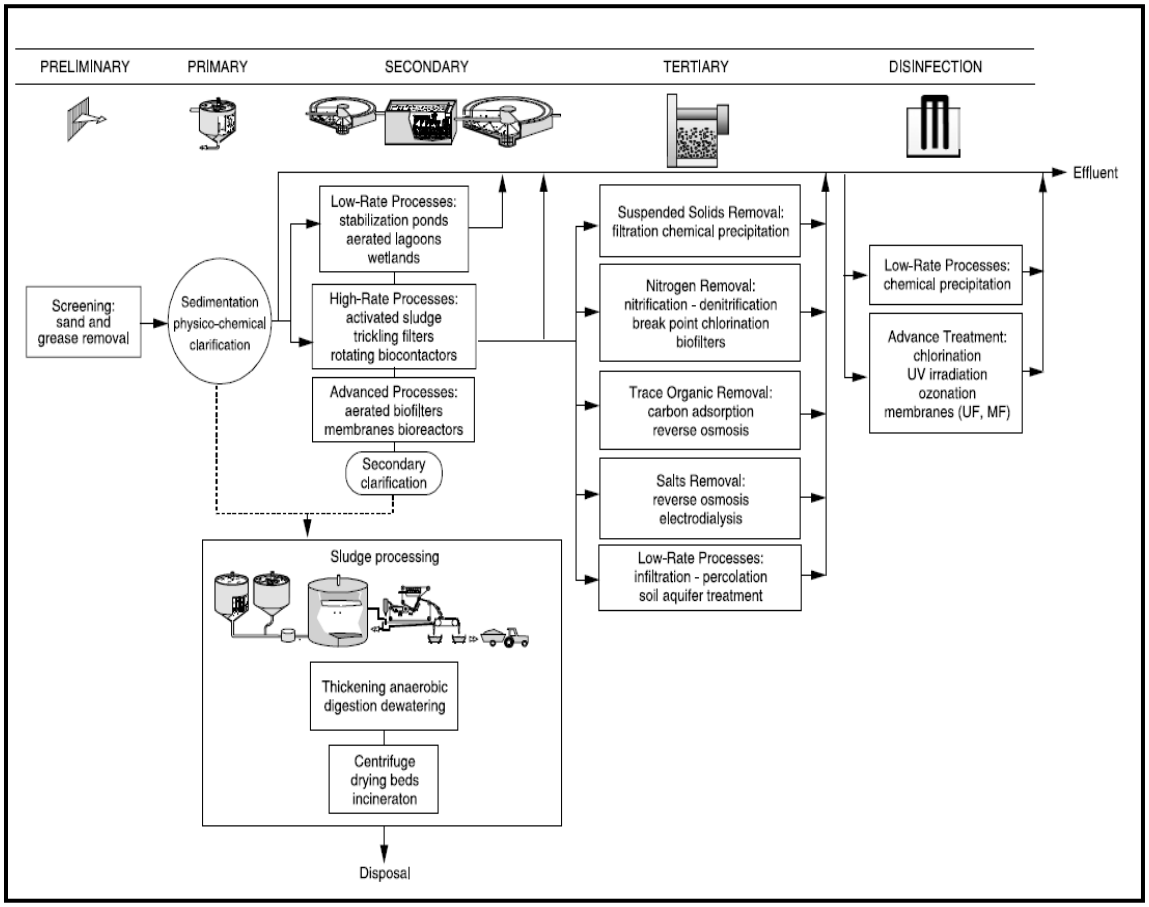
يُعد النيتروجين أحد المؤشرات الهامة على العديد من المركبات مثل الأمونيا والنترات والنيتريت والنيتروجين العضوي واليوريا، فضلاً على أن التفاعلات البيولوجية لا تتم إلا في وجود كمية كافية من النيتروجين.

العناصر الثقيلة Heavy Metals

تم تحليل بعض العينات من المياه المعالجة بالمحطة في المعامل المركزية بالمركز القومي للبحوث بالقاهرة National Research Center in Cairo وذلك باستخدام جهاز الامتصاص الذري Atomic Absorption كما تم تحليل بعض العينات في المعامل الكيميائية بقسم الخدمات النفطية بشركة رأس لانوف لهذا الغرض للتأكد من نتائج التحاليل. ونظراً لأهمية معرفة محتوى العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي الخارجة من محطة المعالجة بهدف تحديد درجة جودة هذه المياه ومدى إمكانية تدويرها واستخدامها في أغراض الري الزراعية المختلفة فقد تم تعيينها، هذا بالإضافة إلى عنصر البورون لما له من أهمية، كما هو موضح بالجدول (7)، كما تم مقارنة هذه النتائج المتحصل عليها بالقيم الإرشادية طبقاً لـ USEPA1992 لتحديد مدى مطابقة جودة هذه المياه المعالجة لإعادة الاستعمال في أغراض الري.

نسبة امتصاص الصوديوم Sodium Adsorbtion Ratio (SAR)

يُعد الصوديوم الكاتيون الوحيد نظراً لتأثيره الواضح على التربة، فوجوده في التربة يؤدي إلى حدوث تغيرات فيزيوكيميائية معاكسة خاصة في النسيج البنائي للتربة، حيث يؤدي إلى خفض معدلات الارتشاح للماء والهواء داخل التربة، ومن الممكن عند إعادة استخدام المياه أو تدويرها تُعتبر بمثابة مصدر لزيادة تركيز الصوديوم في التربة، وذلك مقارنة بالكاتيونات الأخرى مثل Ca, K, Mg ولهذا السبب يجب مراقبته لتحديد مستوياته، ويُعتبر معامل إدمصاص الصوديوم هو المعيار الحقيقي لمعرفة خطورة وجود الصوديوم بمياه الري.



شكل (3) مخطط يوضح مراحل المعالجة المختلفة (Petty Grove, 1985)

وتُعين نسبة إدمصاص الصوديوم SAR بالمعادلة :

$$SAR = Na/\sqrt{(Ca + Mg)}/2\ [1 + (8.4 - PHc)]\ meq/l \quad (2)(\text{Valentina, et. al., 2005})$$

عندما :

$$PHc = (Pk^{-}_{2} - Pk^{-}_{c}) + P(Ca + Mg) + Palk$$

عندما :

$$(Pk^{-}_{2} - Pk^{-}_{c}) = (Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+})$$
$$P(Ca + Mg) = (Ca^{++} + Mg^{++})$$
$$Palk = (HCO^{-}_{3} + CO^{-}_{3})$$

وهذه القيم يمكن استنتاجها من الجدول (4)، لقد بُنيت هذه النسبة على أساس معادلة التبادل الأيوني كما أنها وثيقة الصلة بنسبة الصوديوم المتبادل Exchangeable sodium percentage (ESP)، والذي يعطي دلالة عن درجة تشبع التربة بالمركب المتبادل مع الصوديوم ويعين من العلاقة (3):

ESP =(Exchangeable sodium/Cation exchange capacity)x100 (3)(Valentina,et.al.2005)

ويمكن التعبير عنها بالمعادلة (4)

$$ESP = \frac{100(-0.0126 + 0.01475\ SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475\ SAR)} \quad (4)$$ (Valentina, et. al., 2005)

ولكل من الكربونات والبيكربونات تأثير غير مباشر على جودة المياه، وذلك من خلال ترسيب كل من الكالسيوم والماغنسيوم ونتيجة ذلك زيادة نسبة الصوديوم وأضراره على المياه، ويمكن التعبير عنها بالتفاعل التالي:

$$Ca^{++} + Na^{+} + 3HCO^{-}_{3} \rightarrow CaCO^{-}_{3} + Na^{+} + HCO^{-}_{3} + CO_2\downarrow + H_2O$$

ونتيجة ترسيب الكالسيوم والماغنسيوم تتحول نسبة الصوديوم إلى الصيغة التالية:

$$SP = \frac{[100\ Na+\ ]}{(Ca + Mg + Na + K\ ) - (HCO3 + CO3)} * 100 \quad (5)$$ (Valentina, et. al., 2005)

In which ($HCO_{-3} + CO_{-3}$) does not exceed the ($Ca^{++} + Mg^{++}$)

وعندما يحدث تركيز للماء في التربة بفعل البخر أو النتح والذي بدوره يؤدي إلى ميول الكالسيوم ومن الممكن للماغنسيوم الترسيب على هيئة كربونات وازدياد نسبة انحلال الصوديوم في الماء مؤشر آخر على خطورة الصوديوم الذي يمكن أن يستخدم على شكل كربونات صوديوم متبقية Residual Sodium Carbonate (RSC). ويُعبر عن RSC بـ مجم/لتر.

$$RSC = (CO^{-}_{3} + HCO^{-}_{3}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (6)$$ (Valentina, et. al., 2005)

وتكون القيمة الحدية لـ SAR أقل من 3 تكون مؤشراً على عدم وجود حظر على استخدام المياه المعاد تدويرها في الري، إلا أن خطورتها تكمن عندما تتعدى قيمتها (9 meq/l)، وخاصة في عمليات الري السطحي، وعند مستوى محدد من SAR يزداد معدل الرشح بزيادة الملوحة أو ينقص بنقصانها، لذلك فإن كلا من SAR وECw يجب استخدامهما معاً لتقييم مشكلة وضعهما، وتكون المياه المدورة في الغالب تحتوي على نسبة عالية من الصوديوم، ومن ثم ارتفاع قيمة SAR والتي تُعد على رأس الاهتمامات في تخطيط مشاريع إعادة استخدام المياه (Valentina, et. al., 2005).

المعالجة الحيوية: وتتطلب لإزالتها تطبيق بعض العمليات الحيوية أو الفيزياكيميائية كالمعالجة الحيوية أو التعقيم، ومن أهم هذه الملوثات الحيوانات الميتة وبعض أنواع الكائنات العضوية المجهرية ومنها البكتيريا والفيروسات وكذلك الديدان وبعض أنواع النباتات.

قياس التلوث الحيوي: يُعبر عن التلوث الحيوي للمياه بالكائنات العضوية المسببة للأمراض (الجراثيم) ويُقاس بعدة وحدات، إلا أن أكثرها استخداماً معيار العدد الإجمالي للعصيات Total Coliforms (TC) والعصيات البرازية Fecal

Coliforms (FC) المعبر عنهما بوحدة " الرقم الأكثر احتمالاً في 100 مللتر من عينة المياه Most Probable Number Per 100 ml – MPN/100 ml " والذي يُعطى بعلاقة توماس:

$$MPN\ /100\ ml = \frac{100 \times \text{عدد الانابيب الايجابية}}{\left(\text{عدد الانابيب السلبية} \times \text{مللتر كل الانابيب}^{0.5}\right)}$$ (7) (2008)أوليفر سبيرلينغ فون

النتائج والمناقشة

ويوضح الجدول (1) أهم المواصفات ا لتي بُني على أساسها أسس التصميم في محطة المعالجة.

جدول (1) مواصفات مياه الصرف الصحي الخام في محطة طبرق

الخاصية	الكمية
تركيز الأكسجين الحيوي المطلوب BOD_5	282 مجم/لتر
تركيز الأكسجين الحيوي المطلوب COD	564 مجم/لتر
المواد الصلبة العالقة الكلية TSS	282 مجم/لتر
نسبة TKN/BOD_5	0.2 كجم/كجم
نسبة COD/BOD_5	2.0 كجم/كجم
الأس الهيدروجيني pH	8.5 – 6.5
درجة الحرارةTemperature	24 درجة مئوية

Source: Technical Documentation, Sewage Treatment Plant, Tobruk (2008)

لقد دونت النتائج المتحصل عليها من خلال التجارب والدراسة المعملية للكثير من العوامل المختلفة، والتي يمكن من خلالها تقييم جودة المياه المعالجة مقارنة بالمعايير العالمية حسب وكالة حماية البيئة(2006) EPA.

1. العوامل الفيزيائيةPhysical Parameters

1.1.الأس الهيدروجيني (pH).

تم رصده خلال التدفق الداخل للمحطة والمياه المعالجة الخارجة منها، لقد كانت قيم المتوسطات الشهرية خلال العام للمياه الداخلة والخارجة 7.11 و 6.86 على التوالي (جدول 2).

2.1. درجة الحرارة °C (Temperature)

تلعب درجة الحرارة دوراً هاماً في إتمام بعض التفاعلات، ومن ثم تم تسجيل درجات الحرارة بشكل دوري فقد بلغ متوسط القيمة 27.35 درجة مئوية للمياه الداخلة على الترتيب (جدول 2).

3.1. التوصيلية الكهربية Electrical Conductivity (EC)

لقد ثبت أن معامل التوصيلية الكهربائية لا يتأثر كثيراً بطريقة المعالجة التقليدية، لذلك فإن قيم EC في مياه الصرف الصحي المجمعة تكون شبيهة جداً بتلك المياه النهائية المعاد تدويرها.

لقد أظهرت الدراسة أن متوسط قيم EC في المياه الداخلة للمحطة هي 1269.8 خلال فترة الدراسة.

2. العوامل الكيميائيةChemical Parameters

لقد تم تعيين تركيز العوامل الكيميائية مثل BOD_5، COD، SS، NH_3-N، NO_2-N، NO_3-N، PO_4-P لتحديد درجة المعالجة ومعرفة كفاءة المحطة (جدول2).

1.2. تركيز الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD_5)

لقد تبين من خلال النتائج المدرجة بالجدول (2) أن متوسط القيمة المسجلة لتركيز BOD_5 في المياه الداخلة إلى محطة المعالجة كانت 288.5 مجم/لتر وهذه القيم تُعتبر أعلى من القيم المنصوص عليها في وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA/2006 وهي 110 مجم/لتر، بينما كانت النتائج للمياه المعالجة الخارجة من المحطة 8.85 مجم/لتر وهذه القيم أقل من القيم القياسية لوكالة حماية البيئة الأمريكية EPA/2006 وهي 20 مجم/لتر، مما يدلل على الكفاءة العالية في عملية المعالجة، حيث بلغ متوسط نسبة إزالة BOD_5 في المحطة إلى 96.6 %.

2.2. تركيز الأكسجين الكيميائي المطلوب(COD)

يُعد تركيز الأكسجين الكيميائي المطلوب COD أحد العوامل الهامة في تحديد كفاءة المعالجة لمياه الصرف الصحي، لذا فقد تم تقديره قبل وبعد عملية المعالجة، ووفقاً لمتوسط القيم المختبرية التي أجريت والمدرجة بالجدول (2) للمياه الداخلة قبل المعالجة كانت 485.60 مجم/لتر، حيث تشير هذه القيمة بأنها تفوق القيم المعيارية لوكالة حماية البيئة الأمريكية EPA/2006 وهي 250 مجم/لتر للمياه غير المعالجة بكثير، كما أن متوسطات قيمة تركيز COD بعد عملية المعالجة قد تجاوزت قيم وكالة حماية البيئة بقليل إذ بلغت 30.97 مجم/لتر، مقارنة بقيم EPA/2006 وهي 30 مجم/لتر، في حين بلغت كفاءة الإزالة 93.60%.

3.2. تركيز المواد الصلبة العالقة SS

لقد تبين من النتائج المتحصل عليها خلال هذه الدراسة أن متوسط تركيز المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصحي قبل المعالجة خلال الفترة الزمنية لرصد النتائج كانت 202.5 مجم/لتر، وهذه القيمة تُعتبر أقل مقارنةً بالقيم الدولية لوكالة حماية

البيئة الأمريكية EPA/2006 وهي 220 مجم/لتر، بينما كانت متوسطات القيم للمياه المعالجة لنفس الفترة الزمنية 5.2 مجم/لتر، حيث أن هذه القيم تعتبر منخفضة جداً مقارنة مع القيم الدولية EPA/2006 وهي 30 مجم/لتر، وهذا يدل بشكل واضح على درجة الكفاءة العالية للمحطة في عملية المعالجة، والتي بلغت فيها نسبة إزالة هذه المواد إلى 97.4%.

4.2. تركيز الفوسفور PO_4-P

من أهم العوامل الرئيسية التي تؤثر في تركيز الفوسفور في المياه المعالجة هو نوع معالجة مياه الصرف الصحي، حيث يتباين تركيز الفوسفور في المياه الناتجة من محطات المعالجة المختلفة، وذلك يعتمد على النظام المستعمل في التخلص من الفوسفور، وأيضاً الكيميائي والبيولوجي، فكل من نظامي الحمأة المنشطة التقليدي والتهوية المطولة في محطات المعالجة يكونان محدودَي الإزالة للفوسفور، وعلى هذا الأساس نجد أن الفرق في متوسطات القيم الداخلة والخارجة بسيط والذي انعكس أيضاً على الكفاءة، فمن خلال الجدول (2)كانت قيمة PO_4-P قبل المعالجة هي 6.99 مجم/لتر، حيث تجاوزت هذه القيم بفارق بسيط القيمة المسموح بها من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA/2006 وهي 4 مجم/لتر، بينما كانت المتوسط في المياه المعالجة 4.92 مجم/لتر، بفارق ضئيل عن قيم وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA/2006 5.0 مجم/لتر، بكفاءة تصل إلى 30%.

5.2. تركيز النيترات NO_3.

وتعتبر النترات من أهم مكونات المخلفات السائلة العضوية، كما تعبر أيضاً مؤشراً هاماً للدلالة على جودة المياه؛ وذلك لأنها تعتبر الناتج النهائي في سلسلة تحلل المركبات النيتروجينية في المخلفات السائلة.

ومن خلال النتائج المتحصل عليها كان متوسط تركيز النيترات في المياه المعالجة 25.92 مجم/لتر كما بالجدول (2)، وهذه القيمة تُعتبر أعلى من القيم القياسية لوكالة حماية البيئة الأمريكية EPA/2006 وهي 1 مجم/لتر.

جدول (2) متوسط القياسات الشهرية للمياه الداخلة والخارجة من المحطة لعام (2010)

الشهور/2010 / العوامل		يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	X-	قيم EPA/2006	الكفاءة%
pH	الداخلة	7.42	7.80	7.72	7.91	7.41	7.33	6.99	7.10	7.66	6.30	7.32	7.40	7.11	-	-
	الخارجة	6.94	7.20	6.92	6.81	6.70	7.03	6.45	6.23	6.88	6.94	7.01	7.21	6.86	-	
Tem.◦C	الداخلة	19.7	20.3	21.1	26.5	29.5	32.2	33.10	32.1	31.2	30.7	26.0	25.8	27.35	-	-
	الخارجة	18.2	18.9	20.2	24.0	27.4	30.1	30.4	29.5	28.6	25.9	22.4	23.3	24.91	-	
EC /cmμ	الداخلة	1540	1420	1460	1360	1240	1400	1450	1309	1502	1577	1110	1230	1269.8	-	-
	الخارجة	1331	1329	1320	1202	1190	1201	1396	1203	1310	1013	1224	1015	1227.8	-	
BOD5 mg/l	الداخلة	310	315	374	251	304	240	310	360	288	111	309	290	288.5	110	96.9
	الخارجة	5	7	12	8	6	13	12	9	6	8	7	10	8.85	20	
COD mg/l	الداخلة	581	490	516	483	398	530	396	455	420	255	701	602	485.6	250	93.6
	الخارجة	32.9	41	35	29	35	29	31	28	33	37.7	15.1	25	30.97	30	
NH3-N mg/l	الداخلة	52	61	39	64	46	55	47	22	46	17.3	28.6	45	43.58	12	-
	الخارجة	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		1	
NO2-N mg/l	الداخلة	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-		0	-
	الخارجة	0.025	0.04	0.02	0.04	0.06	0.014	0.02	0.06	0.04	0.04	0.012	0.015	0.032	1	
NO3-N mg/l	الداخلة			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0	-
	الخارجة	36.2	37.1	42.0	31.5	40.0	23.1	12.2	10.5	22.7	14.7	23.8	17.2	25.92	1	
PO4-P mg/l	الداخلة	6.21	8.2	9.3	10.2	8.3	4.14	8.13	7.21	10.0	2.49	0.634	9.13	6.99	4	30.0
	الخارجة	4.80	5.1	4.2	3.9	4.7	2.45	5.10	6.2	7.3	1.7	8.13	5.40	4.92	5	
SS mg/l	الداخلة	325	312	299	312	196	103	210	185	316	87	22	63	202.5		97.4
	الخارجة	2	5	4	5	4	6	7	4	5	3	3	4	5.2	30	
SV	A. T	740	610	602	570	498	520	510	605	450	501	612	499	559.75		
	Return	890	650	672	599	420	760	601	670	540	690	701	698	657.58		
SVI	A.T	103.6	125.4	166.2	150.4	111.3	272.2	115.7	156.8	201.3	120.3	146.8	150.9	151.74		
	Return	111.1	114.5	147.2	120.8	109.7	234.2	112.5	142.4	188.9	114.3	130.8	133.9	138.36		

X - =

متوسط القيم، A.T = أحواض التهوية . Return = المسترجعة، – أقل من حساسية الجهاز

6.2. تركيز النيتريت NO_2

لقد تم تعيين تركيز NO_2 في المياه المعالجة (جدول 2)، حيث كان متوسط قيم التركيز 0.032 مجم/لتر، وهذه القيم أقل من المعايير الدولية لوكالة حماية البيئة الأمريكية EPA/2006 وهي 1 مجم/لتر.

7.2. تركيز الأمونياNH_3

من الجدول (2) تبين أن تركيز الأمونيا في المياه الداخلة لمحطة المعالجة هو 43.58 مجم/لتر، وهذه القيمة أعلى من القيم القياسية لوكالة حماية البيئة الأمريكية EPA/2006 وهي 12 مجم/لتر.

3. نسبة إدمصاص الصوديوم Sodium Adsorbtion Ratio (SAR)

تم تحليل عينات من مياه الصرف الصحي قبل وبعد عملية المعالجة بالمحطة لتعيين بعض الكاتيونات والأنيونات ذات الصلة بتحديد درجة جودتها ومدى إمكانية تدويرها وإعادة استخدامها كأحد مصادر المياه البديلة في عمليات الري، هذا بالإضافة إلى تعيين التوصيلية الكهربية لما لها من أهمية في نفس الصدد، حيث أسفرت النتائج المتحصل عليها بانخفاض تركيز الكاتيونات والأنيونات في المياه المعالجة (جدول 3) (Hanson, et al., 1993).

جدول (3) متوسط تركيز الكاتيونات والأنيونات في مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة بالمحطة

النتائج / المعاملات	الكاتيونات Cations (meq/l)			الأنيونات Anions (meq/l)	
	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	CO_3^-	HCO_3^-
قبل المعالجة	.844	982.	59.2	.663	.962
بعد المعالجة	2.90	1.02	1.40	0.42	0.30

ولتقييم مياه الصرف الصحي المعالجة بالمحطة لتحديد درجة جودتها ومدى إمكانية تدويرها وإعادة استخدامها كأحد مصادر المياه البديلة في عمليات الري، تم حساب نسبة إدمصاص الصوديوم SAR باستخدام المعادلة (2) والجدول (4)، حيث أظهرت النتائج انخفاض تركيز الكاتيونات والأنيونات في المياه المعالجة، وأن قيمة SAR تساوي (3.08 meq/*l*) وهي مؤشر على صلاحية المياه المعالجة وإمكانية تدويرها قياساً بمعايير الجودة الموضحة بالجدول (5) والتي تتراوح ما بين (meq/*l* 9– 3)، وفي حال تعدت قيم SAR تتفاقم مشاكلها وتكون ذات تأثيرات سلبية على التربة والنبات (جدول5).
هذا بالإضافة إلى تعيين التوصيلية الكهربية لما لها من أهمية، حيث أسفرت النتائج المتحصل عليها تدني قيمEC الأمر الذي لا يشكل أي خطورة باستخدام المياه المعالجة (جدول5).

وبمقارنة باقي العوامل الأخرى مع قيم جدول (5) لتحديد جودة مياه الري وجد أن:

1. تركيز عنصر البورون 0.37 مجم/لتر وبالتالي فإنه أقل من 0.5 وهو التركيز الذي لا يشكل أي خطورة من إعادة استخدام المياه في الري طبقاً للقيم القياسية بالجدول (5).
2. تركيز كاتيون الصوديوم في المياه المعالجة (2.9 meq/l) لا يتجاوز القيمة التي تتعدى حدود الخطر حال استخدام المياه في الري وهي (<3.0 meq/l)، (جدول5).
3. كما تبين من نتائج التحليل بالجدولين (2، 5) أن متوسط قيم النترات بعد المعالجة هي 25.92 مجم/لتر، وهي أقل من القيم القياسية والتي تتراوح ما بين (5.0-30.0).
4. أما تركيز البيكربونات في نتائج التحليل (0.30 meq/l) وهي أقل من القيم القياسية الواردة بالجدول (5) وهي (<1.5 meq/l) وبالتالي يمكن استخدام المياه بشكل آمن.
5. بالنسبة لمتوسط نتائج الرقم الهيدروجيني pH فكان6.86، وهي قيمة أقل من القيم القياسية التي تتفاقم عندها مشكلة استخدام المياه في الري (6.5 - 8.4) (جدول5).

جدول (4) قيم SAR المستخدمة في حساب قيم PHc (Valentina, et. al., 2005)

$(HCO^-_3+CO^-_3)$ → Palk *Concentration (meq/l)*		$(Ca^{++}+Mg^{++})$→P(Ca + Mg) *Concentration (meq/l)*		$(Ca^{++}+Mg^{++}+Na^+)$ →$(Pk^-_2–Pk^-_c)$ *Concentration (meq/l)*	
4.30	0.5	4.60	0.5	2.11	0.5
4.00	0.10	4.30	0.10	2.12	0.7
3.82	0.15	4.02	0.15	2.13	0.90
3.70	0.20	4.00	0.20	2.14	1.2
3.60	0.25	3.90	0.25	2.15	1.6
3.51	0.30	3.80	0.32	2.16	1.9
3.40	0.40	3.70	0.39	2.17	2.4
3.30	0.50	3.60	0.50	2.18	2.8
3.20	0.63	3.50	0.63	2.19	3.3
3.10	0.79	3.40	0.79	2.20	3.90
3.00	0.99	3.30	1.00	2.21	4.5
2.90	1.25	3.20	1.25	2.22	5.1
2.80	1.57	3.10	1.58	2.23	5.8

هناك بعض النباتات التي تتكيف مع مستويات مختلفة من الملوحة وتكون لها القدرة على تحمل هذه المستويات في مياه الري (FAO, 1985)، فنسبة الترشيح Leaching Ratio التي تصل 10% للأملاح تكون مناسبة لمعظم الحالات تعطي كفاءة للري تصل إلى 90%، كما تتأثر نفاذية التربة بزيادة نسبة SAR في مياه الري والتي تعتمد أيضاً على درجة الملوحة، فمياه الري التي تحتوي على نسبة منخفضة من الملوحة تحد من قيمة SAR عن تلك التي تحتوي على نسب عالية وبالتالي تؤدي إلى زيادة التدني في معدل الارتشاح في التربة (Hanson, et al., 1993).

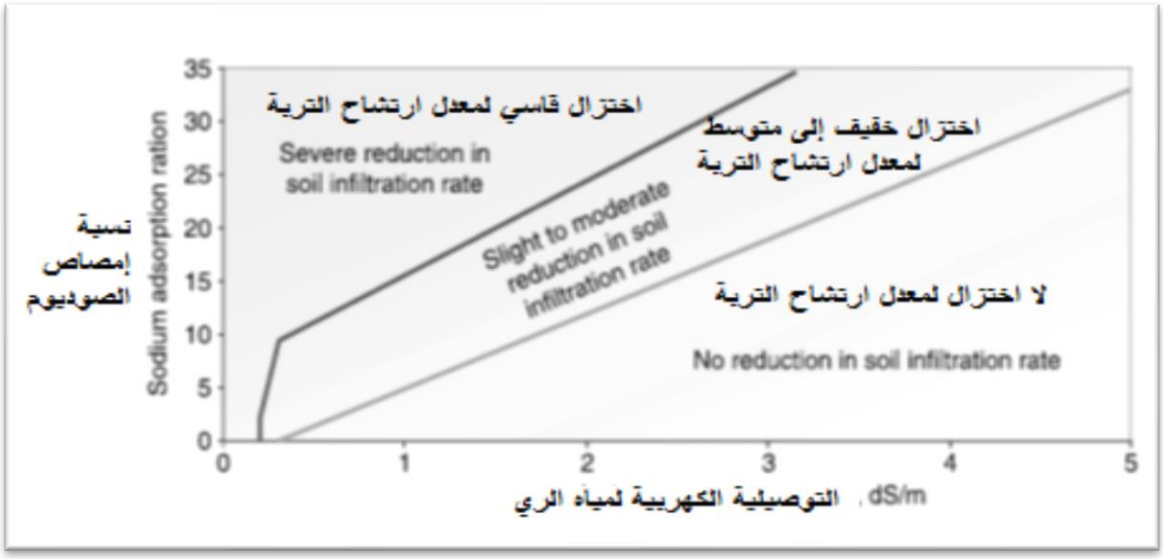
جدول (5) تحديد جودة مياه الري وإمكانية استخدامها (Valentina, et. al., 2005)

Problem المشكلة	**No problem** لا توجد مشكلة	**Problem increased** تزايد المشكلة	**Serious problem** تفاقم المشكلة
Salinity (conductivity)	< 0.75	0.75 – 3.0	>3
Permeability (conductivity)	>0.50	< 0.5	<0.2
Sodium absorption ratio *(meq/l)*	< 6.0	6.0–9.0	>9.0
Sodium adsorption ratio *(meq/l)*	< 3.0	3.0–9.0	>9.0
Chlorides *(meq/l)*	< 4.0	4.0–10.0	>10.0
Boron *(meq/l)*	< 0.5	0.5–2.0	2.0–10.0
Leaves spray absorption الامتصاص الورقي بفعل الرش			
Sodium *(meq/l)*	< 3.0	>3.0	Nile
Chlorides *(meq/l)*	< 3.0	>3.0	Nile
Nh_4-N *(meq/l)*	< 5.0	5.0–30.0	>30.0
NO_3-N	< 5.0	5.0–30.0	>30.0
HCO_3*(meq/l)*	< 1.5	1.5–8.5	>8.50
Sprinkler irrigation	< 90.0	90.0–520	>520.0
pH	*Normal degree*	6.5–8.4	Nile

أما بالنسبة لتأثير كل من SAR و EC المشترك في مياه الري على معدل الارتشاح في التربة فسيكونان عديمي التأثير بناءً على الشكل (4) بين كل من مقدار التوصيلية الكهربية ونسبة إدمصاص الصوديوم نظراً لتدني قيمتيهما، وعليه يمكن يمكن استخدامها في الري بشكل آمن دون حدوث تأثيرات سلبية على التربة أو النبات.

4. العناصر الثقيلة Heavy Metals

ونظراً لأهمية معرفة محتوى العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي الخارجة من محطة المعالجة بهدف تحديد درجة جودة هذه المياه ومدى إمكانية استخدامها في الأغراض الزراعية المختلفة فقد تم تعيينها، هذا بالإضافة إلى عنصر البورون لما له من أهمية، كما هو موضح بالجدول (6) تم مقارنة هذه النتائج المتحصل عليها بالقيم الإرشادية طبقاً لـ(USEPA,(1999 لتحديد مدى مطابقة جودة هذه المياه المعالجة لإعادة الاستعمال في أغراض الري.



شكل (4) تأثير كل من EC وSAR في مياه الري على معدل الارتشاح في التربة

وبمقارنة القيم التي أسفرت عنها التحاليل للعناصر الثقيلة مع القيمة الارشادية لـUSEPA (1999) لإعادة استخدام المياه المعالجة لأغراض الري الزراعية على المدى البعيد والقصير تبين أن محتوى العناصر في مجملها في المياه المعالجة أقل من القيم الارشادية المنصوص عليها من قبل لـ USEPA، يذكر أن تركيز عنصر البورون (0.37 مجم/لتر) أقل بكثير من القيم الحدودية الارشادية لـUSEPA وهي (0.75 مجم/لتر) و (2.0 مجم/لتر) للاستخدام على المدى البعيد والقصير كما هو موضح بالجدول (6) والشكل البياني (5).

ويبين الجدول (6) المعايير التي أوصت باستخدامها وكالة حماية البيئة الأمريكية لتركيزات المعادن الثقيلة المطلوب مراعاتها في مياه الري للمعدلات المختلفة، كما أن العناصر السامة التي تضاف إلى مكونات التربة لا تكون سامة إلا إذا وصلت لثمار النبات أو الأجزاء التي تؤكل منه.

جدول (6) محتوى المعادن الثقيلة في مياه الصرف المعالجة بالمحطة EPA لإعادة الاستخدام والقيم الإرشادية (1999)

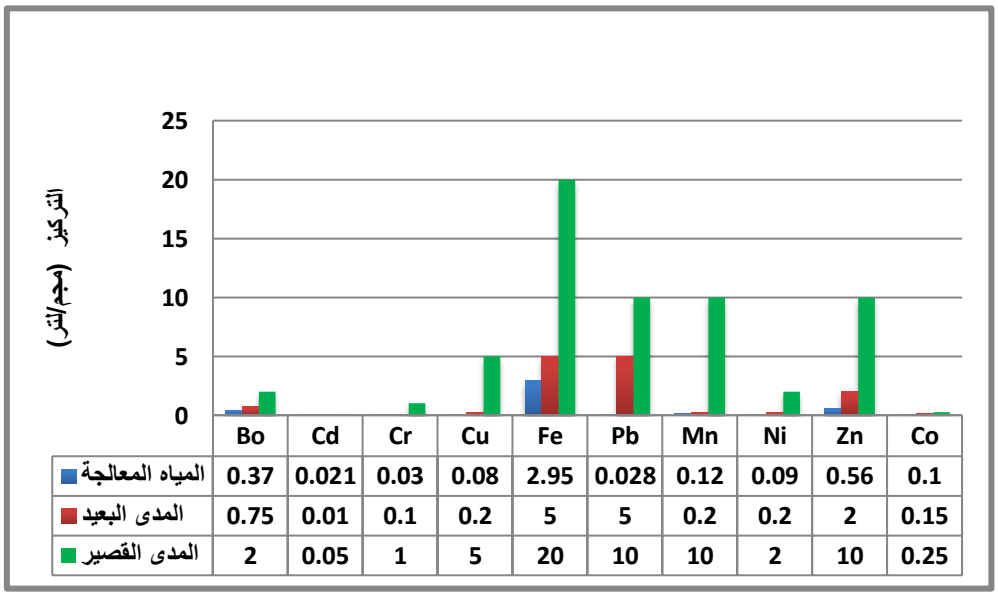
العنصر(مجم/لتر)	Bo	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Ni	Zn	Co
المياه المعالجة	0.37	0.021	0.030	0.080	2.95	0.12	0.028	0.09	0.56	0.10
المدى البعيد	0.75	0.01	0.1	0.2	5.0	0.2	5.0	0.2	2.0	0.15
المدى القصير	2.0	0.05	1.0	5.0	20.0	10.0	10.0	2.0	10.0	0.25

المصدر: (Asano and Tchobanoglous, 1987)

المعالجة البيولوجية:

يتم مُعالجة مياه الصرف الصحي خلال عدة مراحل تعتمد في الأساس على درجة المعالجة المطلوبة، وتهدف معالجة مياه الصرف الصحي بشكل رئيسي إلى إزالة التلوث من هذه المياه عن طريق:

1. فصل الملوثات غير العضوية (الرمال – مواد صلبة – مواد معلقة) عن المياه وذلك بوحدات المعالجة الفيزيائية
2. تحويل الملوثات العضوية إلى مركبات غير عضوية أو مركبات خاملة (N_2, CO_2) ومن ثم فصلها عن المياه وذلك بوحدات المعالجة الحيوية أو الكيميائية أو الفيزيوكيميائية.
3. التخلص من الجراثيم والديدان والملوثات الحيوية الأخرى الموجودة في المياه وذلك بوحدات المعالجة الكيميائية أو الفيزيوكيميائية.



شكل (5) تركيز العناصر الثقيلة ومقارنتها بالقيم الإرشادية لإعادة استخدام المياه طبقاً لـEPA (1999)

وتتطلب لإزالتها تطبيق بعض العمليات الحيوية أو الفيزيوكيميائية كالمعالجة الحيوية أو التعقيم والتطهير، من أهم هذه الملوثات الحيوانات الميتة وبعض أنواع الكائنات العضوية المجهرية ومنها البكتيريا والفيروسات وكذلك الديدان وبعض أنواع النباتات، تتم هذه العمليات في المحطة وفق المعايير والمواصفات الهندسية التي صممت خلال مراحل المعالجة المختلفة.

قياس التلوث البيولوجي

يُعبر عن التلوث الحيوي للمياه بالكائنات العضوية المسببة للأمراض (الجراثيم) ويُقاس بعدة وحدات، إلا أن أكثرها استخداماً معيار العدد الإجمالي للعصيات Total Coliforms (TC) والعصيات البرازية Fecal Coliforms (FC) المعبر عنهما بوحدة " الرقم الأكثر احتمالاً في 100 مللتر من عينة المياه Most Probable Number Per 100 ml – MPN/100 ml " والذي يُعطى بعلاقة توماس:

$$\text{MPN}/100\,ml = \frac{100 \times \text{عدد الأنابيب الايجابية}}{\left(\text{عدد الأنابيب السلبية} \times \text{مللتر كل الأنابيب}\right)^{0.5}}$$ (7) أوليفر سبيرلينغ فون(2008)

وبما أن المحطة لم تستكمل بها المرحلة الثالثة بعد التطوير وهي المعالجة المتقدمة والمسؤولة عن عملية التطهير والتعقيم، وللوقوف على مدى أداء وكفاءة هذه المحطة بالنسبة للتخلص من الملوثات المختلفة تم مقارنتها ببعض محطات المعالجة الأخرى مثل محطة رأس لانوف، محطة البريقة ومحطة القوارشة ببنغازي، حيث تم تحديد كفاءة هذه المحطات في المعالجة بتعيين تركيزات SS, BOD5 في المياه الداخلة والخارجة من المحطات من خلال الدراسة التي أجريت عليها (يونس,2009)

جدول (7) التركيزات المقبولة للمعادن الثقيلة في مياه الري (مجم/لتر) وكالة حماية البيئة الأمريكية

العنصر	للمياه التي تستخدم بمعدل 90سم/عام على جميع أنواع الأراضي بصفة مستمرة	للمياه التي تستخدم حتى 20 عام على التربة ذات الحبيبات الدقيقة، والتي لها pH يتراوح بين 6.0-8.5		
		معدلات الري 90 سم/عام	معدلات الري 240 سم/عام	معدلات الري 24 متر/عام
الألومنيوم	5,000	20,000	8,000	8,000
الزرنيخ	0.100	2,000	0.800	0.080
البريليوم	0.100	0.500	0.200	0.020
البورون	0.750	10-2	2	2
الكادميوم	0.010	0.050	0.020	0.002
الكروميوم	0.100	1	0.400	0.040

الكوبلت	0.050	5	2	0.200
النحاس	0.200	5	2	0.200
الفلوريد	1,000	15	6	0.600
الحديد	5,000	20	8	0.800
النحاس	5,000	10	4	0.400
الليثيوم	2,500	2,500	2,500	2,500
المنجنيز	0.200	10	4	0.400
الموليبدنم	0.010	0.050	0.020	0.002
النيكل	0.200	2	0.800	0.080
السيلينيوم	0.020	0.020	0.020	0.020
الزنك	2,000	10	4	0.400

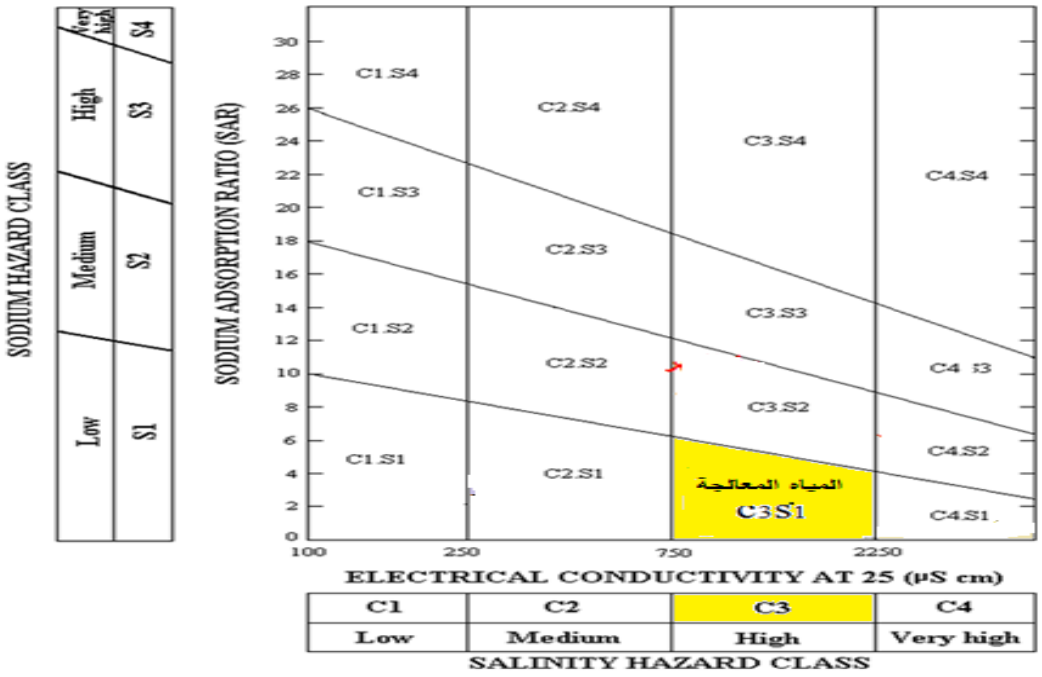
تعيين معايير صلاحية مياه الصرف الصحي للري

يُعتبر تركيز الأملاح من أهم المعايير اللازمة لتقييم نوعية وجودة مياه الري نظراً للعلاقة بين ملوحة مياه الري وملوحة التربة، وبالتالي فإن نمو النبات وكمية المحصول ودرجة جودته تتأثر بمدى تركيز الأملاح الكلي في مياه الري، وتؤدي زيادة نسبة ملوحة مياه الري إلى تملح التربة، ولذلك تُعد تركيزات TDS لها تأثير مباشر على نمو النبات ومن ثم فهي من المعايير الزراعية الهامة، فوجود الأملاح الذائبة ترفع الجهد الاسموزي للماء في التربة وبالتالي رفع كمية الطاقة التي يستهلكها النبات للحصول على احتياجاته المائية من التربة ونتيجة ذلك يزيد التنفس ويقل معدل نمو النبات والمحصول.:(Merrette, S., 2002) .

تصنيف مياه الري على مخطط مختبر الملوحة الأمريكي

يمكن تصنيف المياه المستخدمة في الأغراض المختلفة باستخدام مخطط مختبر الملوحة الأمريكي الذي يربط ما بين التوصيلية الكهربائية ونسبة إدمصاص الصوديوم، وبتوقيع النتائج المتحصل عليها من التحاليل الكيميائية لمياه الري على هذا المخطط فقد تمثلت في أربعة تقسيمات كما هو موضح بالمخطط، وبناءً عليه فقد تم تصنيف المياه في القسم C3 – S1

وهي مياه عالية الملوحة وتتراوح مابين (750-2250ميكروموز) ومنخفضة الصوديوم ويمكن استخدامها في ري الأراضي عالية النفاذية وجيدة الصرف مع حساب عملية الغسيل لإزالة الأملاح المترسبة في قطاع التربة وتجنب زراعة المحاصيل الحساسة للملوحة.



شكل (6) تصنيف مياه الري طبقاً لمخطط مختبر الملوحة الأمريكي

الخلاصة

لقد تبين من خلال الدراسة التي أجريت على محطة معالجة مياه الصرف الصحي بطبرق والنتائج التي تحصلنا عليها بهدف تقييم جودة مياه الصرف الصحي المعالجة وإمكانية إعادة استخدامها والاستفادة منها، يمكن القول بشكل عام أن هذه المياه تمت معالجتها بدرجة عالية والتخلص من العوامل الملوثة، ويُعزى ذلك إلى:

1- أن نوعية المياه الواردة إلى المحطة مطابقة إلى حد كبير للمواصفات والمعايير العالمية، الأمر الذي أدى إلى رفع كفاءة المحطة في المعالجة والتخلص من المواد العضوية.

2- تعمل المحطة وفق المنظومة الجديدة في إطار تطوير أســـاليب المعالجة التي أُدخلت على المحطة في الآونة الأخيرة خلفاً للمحطة القديمة وهي المعالجة بطريقة أحواض التهوية والحمأة المنشـــطة (النمو العالق) بدلاً من الوســـط البيولوجي (النمو المرتبط) والتي أثبتت كفاءة عالية.

3- تتسم مياه الصرف الصحي في المحطة بأنها منزلية وتكاد تكون خالية من الصرف الصناعي، الأمر الذي يحد من نسب التلوث فيها.

4- إن نظام المعالجة بطريقة أحواض التهوية والحمأة المنشطة أعلى كفاءة من نظم المعالجة الأخرى في مثل هذه الحالات.

5- يمكن إعادة استخدام هذه المياه في ري الحدائق العامة والمتنزهات وغيرها من الاستخدامات المدنية الأخرى.

6- تم تصنيف المياه طبقاً لمخطط مختبر الملوحة الأمريكي في القسم C3 – S1 وهي مياه عالية الملوحة وتتراوح مابين (750 – 2250 ميكروموز) ومنخفضة الصوديوم ويمكن استخدامها في ري الأراضي عالية النفاذية وجيدة الصرف مع حساب احتياجات الغسيل لإزالة الاملاح المترسبة في قطاع التربة وتجنب زراعة المحاصيل الحساسة للملوحة.

7- لا يجوز استخدام هذه المياه في عمليات الري الزراعي كالفواكه والخضروات إلا بعد تفعيل مرحلة المعالجة المتقدمة بالمحطة للتأكد من خلوها من العوامل المرضة Pathogens.

المراجع:

أكساد (2001): الموارد المائية في الوطن العربي والطلب عليها خلال 2000 – 2025.

الهيئة العامة للبيئة (2006): " لائحة التخلص من مياه الصرف الصحي " ليبيا

بوبكر محمد حمد يونس (2009): دراسة وضعية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في بعض محطات التنقية بالمنطقة الشرقية. دراسة مقدمة لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في علوم الهندسة البيئية، أكاديمية الدراسات العليا فرع بنغازي – ليبيا.

فون سبيرلينغ أوليفرا (2008):" تقييم ومقارنة السلوك الفعلي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي " قسم الهندسة البيئية والصحية، جامعة منياس – البرازيل.

Abdel-Magid, I., M. (1986): Selected Problems in Wastewater Engineering. Khartoum University Press, National Research Council, Khartoum.

Asano and Tchobanoglous (1987): Wastewater Engineering Treatment. Resource, Wat. Sci. Techn., 21.

Environmental Protection Agency, EPA (2006): " Guidelines for Water Reuse " Report EPA/625/R-92/004, Cincinnati, OH.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)(1985): " Water Quality for Agriculture " FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Ayers, R. S., and Westcott, D. W, eds., Rome.

Hanson, et al., (1993): " Agriculture Salinity and Drainage" University of California, Davis.

Lazarova, V. (ed) (2001): " Role of Water Reuse in Enhancing Integrated Water Resource Management" Final Report of the EU Project CatchWater, EU Commission, Brusell.

Merrette, S., (2002): " Water for Agriculture: Irrigation Economics in International Perspective" ed. Spon Press, London, Chapter 1.

Metcalf and Eddy (2003): " Wastewater Engineering: Treatment and Reuse " 4th ed., Mc-Graw-Hill Inc., New York.

Technical Documentation, Sewage Treatment Plant, Tobruk (2008): “Process Commentary Adjust to the Feed-Design”

U. S. Environmental Protection Agency, USEPA (1999): " Guidelines for Water Reuse " Report EPA/625/R-92/004, Cincinnati, OH.

Valentina, L., Herman, B. and Akica, B. (2005): " Water Reuse for Irrigation " Water Quality Considerations. Boka Rotan London, New York Washington, D. C.

World Health Organization (WHO) (1989): " Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture " Report of a WHO Scientific Group, Technical Report Series 778, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Possibiltiy of reuse treated wastewater for irrigation

Mahdi hendawi Abdelnaby
Department of environment an and waterresources, Higher institute of science and technology, Tobruk

Ahmed abdelati Yousef
Department of environment an and waterresources, Higher institute of science and technology, Tobruk

Mahdi.elhendawi@gmail.com

https://doi.org/10.36602/jmuas.2019.v01.01.14

Abstract

Unconventional water regards as an important source to ensure the water requirements for many Arabic countries, particularly in Libya which is suffering scars of irrigation water for some kinds of crops. So many treatment plants have been constructed in the main cities, but the reuse of treated water is still limited due to their environmental effects, whereas the reuse of these water needs an excess of researches and tests to satisfy the standards of recycling.

The objective of this study is the seeking for aother new sources of unconventional water such as treated sewage water, grey water, and desalinated water to insure the water requirements.
The studied samples have been collected from sewage water to perform the the different tests of evaluation this water, such as physical, chemical and biological measurements to determine the nature of water after treatment process.
In the spotlight of the obtained results from laboratory tests in Tobruk treatment plant, it is clear that reveal a high efficieny of treatment from pollutants that can enable us for recycling and reuse this water for irrigation.
Consequently, we recommended to spotlight on these great quantities of these waters to exploit in different purposes that regarded as a renewable source of water.

Keyword words: Sewage water- physical properties- chemical and biological recycling guidelines- irrigation.