International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

| | | |
|---|---|---|
| Received | 2025/04/25 | تم استلام الورقة العلمية في |
| Accepted | 2025/05/24 | تم قبول الورقة العلمية في |
| Published | 2025/05/26 | تم نشر الورقة العلمية في |


# استراتيجية إدارة مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة طبرق

**[1]يونس عبد السلام اسحام ، [2]عمر محمد عبد الله،[3]مهدى هنداوى عبد النبي**

[1]محاضر، قسم الهندسة الميكانيكية، المعهد العالي للعلوم والتقنية – طبرق - ليبيا
Liby.yoonisesham@gmail.com
[2]محاضر، قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة النجم الساطع – البريقة - ليبيا
omar_aboda1977@yahoo.com
[3]محاضر، قسم الهندسة البيئية، المعهد العالي للعلوم والتقنية – طبرق - ليبيا
mahdi.Elhendawi@gmail.com

**الملخص**

أجريت هذه الدراسة للاستفادة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي الجديدة بمدينة طبرق الواقعة شمال شرق مدينة طبرق والتي تم بناؤها في السنوات ما بين 1984 و 1989 بعد فترة تشغيل قرابة عام واحد في انتاج الكهرباء وذلك باستخدام توربين مائي لتوليد الكهرباء وتتلخص الفكرة في الاستفادة من قوع المحطة على ارتفاع 100 متر و سقوط المياه بشكل انسيابي على التوربين لتوليد 20 الى 30 ميجا وات وذلك بربطه بمولد كهرباء يتمثل الهدف الرئيسي لمعالجة مياه الصرف الصحي عمومًا في السماح بالتخلص من النفايات السائلة البشرية والصناعية دون التعرض لخطر على صحة الإنسان أو إلحاق ضرر غير مقبول بالبيئة الطبيعية. يعتبر استخدام مياه الصرف الصحي بمثابة التخلص والاستخدام وهو في الواقع شكل فعال للتخلص من مياه الصرف الصحي (كما هو الحال في معالجة الأرض ذات المعدل البطيء.

**الكلمات المفتاحية:** معالجة، التوربين، مياه الصرف الصحي.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ
http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

# Treated wastewater management strategy at Tobruk station

**Younis Abdussalam Esham**
Department of Mechanical Engineering, Higher Institute of Science and Technology, Tobruk - Libya
yoonisesham@gmail.com
**Omar Mohamed Abdallah**
Department of Mechanical Engineering, Bright Star University
Al- Brega- Libya
omar_aboda1977@yahoo.com
**Mahdi Hendawi Abdunnabi**
Department of Environmental Engineering, Higher Institute of Science and Technology – Tobruk –Libya
mahdi.Elhendawi@gmail.com

## Abstract
This study was conducted to take advantage of the new wastewater treatment plant in the city of Tobruk, located in the north-east of the city of Tobruk, which was built in the years between 1984 and 1989, after a period of operation of about one year in the production of electricity, by using a water turbine to generate electricity. At a height of 100 meters and flowing down the turbine by connecting it to an electricity generator. The main objective of wastewater treatment in general is to allow the disposal of human and industrial effluents without risk to human health or unacceptable harm to the natural environment. Wastewater use is disposal and use and is actually an effective form of wastewater disposal (as is slow rate land treatment

**Keywords:** wastewater treatment, water turbine,

## المقدمة

نتيجة للتزايد المضطرد في نمو السكان وارتفاع مستوى المعيشة وازدياد الوعي الصحي والبيئي بين المواطن العربي، إضافة إلى زيادة الطلب على المياه لأغراض الشرب والري الزراعي والصناعة المترافق مع انخفاض معدلات الهطول المطري، كما أن استهلاك المياه في بعض الدول العربية وصل إلى 600% من المياه المتجددة أي أن هناك استنزاف سنوي عالي جداً لهذه المياه، كل ذلك أدى إلى نقص كبير في الموارد المائية التقليدية المتاحة، وأصبحت مشكلة المياه والصراع على امتلاكها من أهم مشاكل المناطق التي


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

تعاني من الجفاف والندرة في المياه التقليدية، ومنها المنطقة العربية التي يقع 90% من أراضيها في المناطق الجافة وشبه الجافة (أكساد ،2001).

لذا كان لابد من 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 المالحة ومتوسطة الملوحة والمياه العسرة ومياه البحر المحلاة، حيث استعملت تلك النوعية من المياه وبخاصة مياه الصرف الصحي بشكل محدود منذ عقود عديدة في كثير من الدول.

أما في البلاد العربية فقد بدأ استعمال مياه الصرف الصحي غير المعالجة في ري المحاصيل الزراعية مع مطلع عام 1911 في مصر وتلاها عدد آخر من الدول العربية التي اهتمت بهذا النوع من المياه، حيث قدرت كمية المياه العادمة في الوطن العربي بتسعة مليار متر مكعب في سنة 1997 (عبد الجواد ،1998) وثلثي هذه الكمية هي مياه معالجة تستعمل بنسبة 48% في الري .

وبشكل عام تعتبر المياه غير التقليدية مورداً هاماً لتأمين الاحتياجات المائية لدى العديد من الدول العربية لاستعمالها في الزراعة لري بعض أنواع المحاصيل والنباتات، إلا أن استعمالها مازال محدوداً نتيجة لأثارها البيئية، حيث أدى الاستعمال العشوائي وغير المرشد لهذه النوعية من المياه إلى ظهور مشاكل بيئية وصحية كبيرة تجلت في تلوث التربة والمحاصيل الزراعية بعدد من الملوثات الجرثومية الضارة بصحة الإنسان والحيوان إضافة إلى تلوث المياه السطحية والجوفية.

### 1. خصائص مياه الصرف الصحي

تُعد مياه الصرف الصحي بشكل عام هي كافة أنواع المياه المصروفة عن الفعاليات البشرية المختلفة (منزلية – تجارية – صناعية). ويطلق عليها المياه العادمة أو المجاري لأنها تُنقل إلى شبكة المجاري العامة في المدينة. أي هي ناتج الاستخدام الآدمي للمياه بعد تلوثها بالمواد العضوية، والدهون، والصابون، والمنظفات والبكتيريا ومواد أخرى .

تشكل مياه الصرف الصحي حوالي 80% من المياه العذبة المستهلكة في المدن. وتتألف من الماء بنسبة 99% ومن الشوائب والملوثات الضارة المختلفة بنسبة حوالي 1%. تتغير كمية المياه العادمة المطروحة في شبكة المجاري العامة بتغير معدلات الاستهلاك المائي وبالتالي تختلف كمياتها باختلاف ساعات اليوم أو أيام الأسبوع أو أشهر أو فصول السنة.

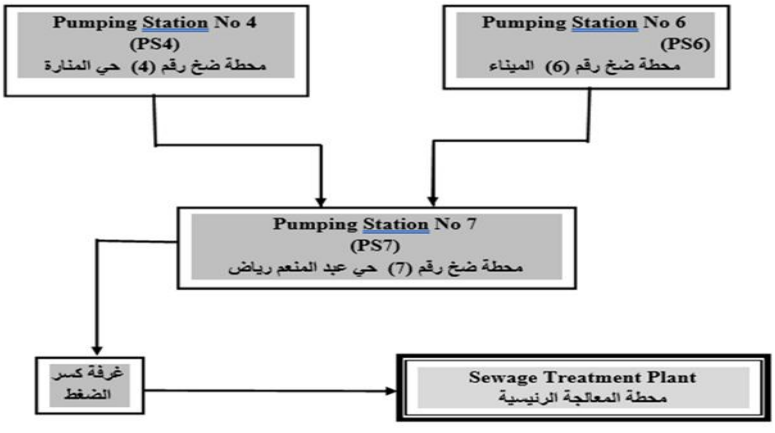
### 2. شبكات جمع مياه الصرف الصحي

تنقسم شبكات جمع ونقل مياه الصرف الصحي إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- شبكات الصرف الصحي: تتولى جمع ونقل وتصريف تدفق مخلفات المنازل والمصانع والمحال التجارية.
- شبكات صرف الأمطار : تتولى جمع ونقل وتصريف مياه الأمطار من على الشوارع وأسطح المباني وما شابه.
- شبكات صرف مشتركة: تتولى جمع ونقل وتصريف مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار معاً في شبكة واحدة مشتركة.
- وفي مدينة طبرق بليبيا تم انشاء محطة لمعالجة ميه الصرف الصحي وذلك لإعادة استخدام المياه المعالجة في بعض المشاريع المدنية المهمة بالمدينة. والشكل رقم (1) يوضح مكونات منظومة الصرف الصحي ومحطة المعالجة بالمدينة




شكل (1) مخطط يوضح منظومة الصرف الصحي ومحطة المعالجة بمدينة طبرق

**كما يوضح الجدول رقم (1) كميات المياه التي يتم معالجتها و استغلالها في هذه المشاريع**

**جدول (1) : معدلات التصرفات التصميمية**

| معدلات التصرف | الوحدة | المرحلة الأولى (100,000 نسمة) | المرحلة الثانية (200,000 نسمة) |
|---|---|---|---|
| التصرف الأدنى | م³/ساعة | 180 | 360 |
| متوسط تصرف الطقس الجاف | م³/ساعة | 750 | 1500 |
| أقصى تصرف الطقس الجاف | م³/ساعة | 1124 | 2248 |
| أقص تصرف = أقصى تصرف الطقس الجاف + 375 م³/ساعة | م³/ساعة | 1499 | 2623 |
| التصرف اليومي | م³/يوم | 18,000 | 36,000 |

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


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

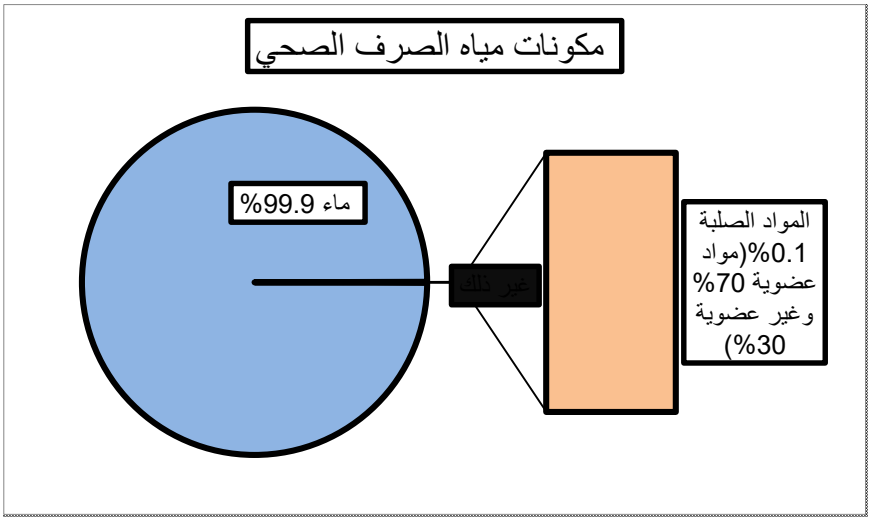
**وتنقسم مياه الصرف الصحي إلى ثلاثة أقسام هي:**

1. المياه الرمادية Grey Water: وهي ناتج المياه المستخدمة ما عدا مياه المراحيض، وهي بالتحديد مياه المغاسل، ومياه الاستحمام، ومياه غسيل الملابس، ومياه المطابخ وغيرها.
2. المياه السوداء Black Water: وهي المياه الناتجة من استخدام المراحيض، التي تحتوي على كميات كبيرة من الملوثات العضوية الناتجة من الفضلات الآدمية.
3. مياه الصرف الصحي Sewage Water: وهي خليط من المياه الرمادية والسوداء.

ولعمل تصميم جيد مناسب لشبكة المجاري لابد من القيام بدراسات للفحص والاستقراء لما يتعلق بالنواحي الطوبوغرافية والجيولوجية والهيدروليكية للمنطقة.

**3. مكونات مياه الصرف الصحي**

تحتوي مياه الصرف الصحي على ما نسبته 99.9% من الماء والباقي 0.1% مواد عضوية وغير عضوية تمت إضافتها للمياه نتيجة استعمالها كناقل للرواسب أو ما أضيف إليها أثناء الاستعمال. والشكل (2) يبين مكونات مياه الصرف الصحي ونسب تركيزها ومصدر هذه الملوثات الذي يمكن أن يكون إنسانياً أو حيوانياً أو نباتياً.




شكل (2) : مكونات مياه الصرف الصحي ونسب تركيزاتها المختلفة

تُشكل المواد العضوية 70% من إجمالي المواد المتواجدة في مياه الصرف الصحي، في حين تُشكل المواد غير العضوية الباقي. وتتكون المواد العضوية من مجموعة مركبات تحتوي غالباً على الكربون والأكسجين والهيدروجين والنيتروجين، بالإضافة إلى الفوسفور


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

والكبريت والحديد أحياناً. ومن أهم هذه المركبات البروتينات وتشكل 65% من إجمالي المركبات العضوية، والكربوهيدرات وتشكل 25% منها والدهون وتشكل المتبقي منها. أما المواد غير العضوية فهي عبارة عن مركبات من الكبريتات والكلوريدات والفوسفور والمعادن الثقيلة (شكل 2).

### 4. ملوثات مياه الصرف الصحي

تتصف المياه العادمة عموماً بأنها مصدر هام من مصادر التلوث الذي يعتبر خطراً على الصحة العامة نظراً لاحتوائها على العديد من الملوثات التي يمكن أن تكون:

- ملوثات فيزيائية: يمكن إزالتها بعمليات فيزيائية مباشرة كالترسيب أو الترشيح أو التصفية أو الامتزاز أو الفصل الغشائي أو التبخير ....إلخ. ومن أهم هذه الملوثات الرمال والطين والشوائب الخاملة.
- ملوثات كيميائية: تتطلب إزالتها تطبيق بعض العمليات الفيزكيميائية أو الكيميائية كالتبادل الأيوني أو التحييد أو الترسيب الكيميائي. وقد تكون هذه الملوثات عضوية ومنها الهيدروكربونات والدهون والزيوت والشحوم والمبيدات الحشرية والعشبية والبروتينات والفينولات، أو غير عضوية مثل القلويات والأحماض والكلور والمعادن الثقيلة والنيتروجين والفوسفور والكبريت، أو غازية ومنه كبريتيد الهيدروجين والأمونيا الميثان.
- ملوثات حيوية: وتتطلب لإزالتها تطبيق بعض العمليات الحيوية أو الفيزاكيميائية كالمعالجة الحيوية أو التعقيم. ومن أهم هذه الملوثات الحيوانات الميتة وبعض أنواع الكائنات العضوية المجهرية ومنها البكتيريا والفيروسات وكذلك الديدان وبعض أنواع النباتات .

يعبر عن الملوثات المختلفة في مياه الصرف الصحي بالوحدات المبينة، ويطلق على كافة الشوائب المحمولة بالمياه، سواء كانت رملية أو مواد عضوية أو غير عضوية أو جرثومية اصطلاحاً المواد الصلبة الكلية .(TS) ونحصل على قيمة هذه الشوائب الإجمالية بتبخير عينة من المياه العادمة تحت درجة حرارة 105 درجة مئوية ولمدة كافية للحصول على وزن ثابت للعينة فيكون الباقي بعد التبخير هو المواد الصلبة الكلية ويعبر عنها بوحدات مجم/لتر .

### 5. تتألف المواد الصلبة الكلية من جزئين:

أ- جزء معلق وهو إجمالي المواد الصلبة العالقة Total Suspended Solids (TSS).وهو ما يحجز فوق ورقة الترشيح عند ترشيح عينة من مياه المجاري. يتألف هذا الجزء عادة من قسم قابل للترسيب المباشر في أحواض الترسيب العادي، وقسم غير قابل للترسيب وإنما يلزم لترسيبه إضافة بعض المواد المخثرة.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

**ب-** جزء راشح عبر ورقة الترشيح وهو إجمالي المواد الصلبة القابلة للترشيح .(TFS) ويتألف عادةً من جزء شبه غروي وجزء ذائب .Dissolved

وفي كافة الحالات يتألف أي جزء من المواد الصلبة السابقة بشكل عام من جزء عضوي Organicيتم تحديده بحرق هذه المواد في درجة حرارة تتراوح ما بين 550- 600 درجة مئوية وقياس المقدار الذي يتطاير نتيجة الاحتراق حيث يدعى هذا الجزء العضوي المواد الصلبة الطيارة Volatile Solids (VS) وجزء غير عضوي أو فلزي Inorganic or Mineralوهو الذي يبقى دون تطاير أو تبخر من المادة المحترقة ويسمى المواد الصلبة غير الطيارة أو الثابتة Nonvolatile or Fixed Solids .(NVS)كلما كان الجزء العضوي أكبر من الجزء الغير عضوي كان ذلك دليلاً على أن مصدر هذه المياه منزلية (بشرية)، في حين تحتوي المياه الصناعية على كميات أكبر من الملوثات الغير عضوية أو الكيميائية الأخرى.

### 6. قياس التلوث العضوي

يقاس التلوث العضوي بمقياس يدعى الأكسجين الكيميائي الحيوي المطلوب Biochemical Oxygen Demand (BOD5) وهو يساوي كمية الأكسجين اللازمة لفكيك (أكسدة) المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي وتحويلها إلى مركبات بسيطة ثابتة تحت درجة حرارة 20 درجة مئوية وخلال خمسة أيام وذلك بواسطة أنواع من الكائنات العضوية المجهرية الهوائية (Aerobic Microorganisms)وأهمها البكتيريا. هذه الكمية تساوي حوالي 0.66 من كمية الأكسجين اللازمة لتفكيك كافة المواد العضوية القابلة للهضم الحيوي الكامل والتي تتطلب فترة طويلة من الزمن، وكلما كان قياس BOD مرتفعاً كلما كان التلوث العضوي في المياه عالياً. أما نواتج التفكيك الحيوي (أي التفكيك بواسطة الكائنات العضوية الدقيقة) فهي بشكل عام تتألف من غازات CO2, N2) وغيرها (وماء بالإضافة إلى كتلة الكائنات الدقيقة التي تنامت نتيجة هذا التفكيك واستهلاك جزء من المواد العضوية لبنائها الذاتي. يُقاس معيار الأكسجين الكيميائي الحيوي المطلوب بوحدات mg/l أي مليجرام في اللتر من مياه المجاري، كما يحدد أحياناً بوحدات جرام للشخص الواحد.(gram/capita)

هناك معيار آخر للتلوث العضوي وهو الأكسجين الكيميائي المطلوب Chemical Oxygen Demand (COD)وهو يساوي كمية الأكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية (وليست الحيوية) للمواد العضوية الموجودة في المياه وتحويلها إلى مركبات بسيطة ثابتة


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

وذلك بواسطة مادة كيميائية مؤكسدة. وتكون قيمته عادةً أكبر من قيمة BOD نظراً لأن جزءاً من المواد العضوية القابلة للتأكسد الموجودة في مياه الصرف الصحي لا يمكن تفكيكه (أكسدته) بـBOD الفعل الحيوي أي بتأثير الكائنات الحية الدقيقة BOD وإنما يلزم إضافة مركب مؤكسد إليه لإنجاز عملية الأكسدة، وهذا يتم عادةً مع المياه العادمة الصناعية.

**7. قياس التلوث الغير عضوي**

يُقاس التلوث الغير عضوي بمعايير متعددة منها:

- الرقم الهيدروجيني أو رقم pH: وهو لوغاريتم مقلوب تركيز أيون الهيدروجين في مياه الصرف الصحي، ويدل على طبيعة المياه من حيث كونها حمضية (pH < 7) أو قلوية (pH > 7) أو متعادلة (pH = 7) وفي الحالات الحدية لـ pH تكون المياه ذات تأثيرات سلبية مختلفة على الصحة العامة أو على المنشآت الملامسة.
- الكلوريدات: وتعبر عن زيادة تركيز أملاح الكلور الذائبة في المياه مقارنة بمياه الشرب العادية، وتُقاس بوحدات مجم/لتر.
- القلوية: وتعبر عن تركيزات هيدروكسيدات أو كربونات أو ثاني كربونات عناصر الكالسيوم أو الماغنيسيوم أو الصوديوم أو البوتاسيوم في المياه، وتُقاس بوحدات مجم/لتر من كربونات الكالسيوم. CaCO3
- المغذيات الرئيسية: وتعبر عن تركيزات النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بتراكيبها المختلفة في المياه، وتُقاس بوحدات مجم/لتر
- المواد الغير عضوية السامة: وتعبر عن تركيزات الكاتيونات أو الأنيونات أو المعادن الثقيلة في المياه، أي عن شدة التلوث الصناعي فيها، وتُقاس بوحدات ميكروجم/لتر أو مجم/لتر .

**8. قياس التلوث الغازي**

يُقاس التلوث الغازي في مياه الصرف الصحي بوحدات أجزاء في المليون أو مجم/لتر. ومن أهم الملوثات الغازية كبريتيد الهيدروجين H2S , والأمونيا NH3 والميثان CH4 وأنوع مختلفة من المركبات CH3SH, CH3(CH2)SH يُذكر أن وحدة mg/l لا تساوي بالضرورة وحدة ppm لأن ذلك يعتمد على كثافة المحلول.

**9. 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


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

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 = 100 × عدد الأنابيب الايجابية

(0.5) مللتر في الأنابيب السلبية × مللتر في كل الأنابيب

## 10. المواصفات القياسية الليبية لمياه الصرف الصحي المعالجة

تم إعداد هذه المواصفات القياسية الليبية من قبل اللجنة الفنية المتخصصة في مجال مياه الصرف الصحي المعالجة، والمشكلة بموجب قرار مدير عام المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية رقم (271) لسنة 2008 م. وقد اعتمدت من قبل اللجنة العليا للمركز. وتختص هذه المواصفات بالاشتراطات الواجب توافرها في مياه الصرف الصحي الحضرية غير المعالجة (الهيئة العامة للبيئة، 2006).

## 11. الاشتراطات العامة

يجب أن يراعى في مياه الصرف الصحي غير المعالجة الاشتراطات التالية:

- لا يُسمح أن تُصرف بالشبكة العامة للصرف الصحي المخلفات التي تحتوي على تركيزات أحمال عضوية تفوق المسموح به مثل نواتج المجازر، مصانع الأغذية والأنشطة المشابهة.
- المخلفات التي تسبب اشتعال الحرائق أو الانفجارات داخل إحدى منظومات الصرف الصحي مثل الجازولين والبنزين والمحروقات ومذيبات التنظيف ومواد الطلاء والزيوت والشحوم من محطات الوقود ومحطات غسيل السيارات.
- المخلفات التي تسبب تأثير على السعة الهيدروليكية بمنظومة تصريف مياه الصرف الصحي مثل الرمل والطمي والرماد والمعادن والزجاج المكسور والمنسوجات والشمع والأسفلت، ومواد بالمخلفات السائلة من المرافق الصحية وأنشطة البناء.
- المواد المشعة والمواد الكيميائية السامة.
- يجب على المالك أو أصحاب المنشآت التخلص من مياه الصرف الصحي العامة إن وجدت أو باستعمال خزانات التحليل والآبار السوداء بعد أخذ موافقة الجهة المعنية بالخصوص.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- لا يجوز تصريف مياه الصرف الصحي الخام إلى الوديان أو إلى البحر أو إلى أراضي الفضاء أو قرب مصادر المياه (آبار، عيون، خزانات وغيرها) وعلى جميع الجهات التقيد بالقوانين والتشريعات المعمول بها بشأن حماية البيئة والشروط الواردة بهذه المواصفات عند التخلص من مياه الصرف الصحي الخام.
- يحظر تصريف أو التسبب في تصريف أي نوع من المياه أو الفضلات التي تسبب أضرار بعد المعالجة، أو الذي قد يشكل خطراً على صحة الإنسان أو الحيوان أو النبات والتي يتعذر معالجتها.

**12. الاشتراطات القياسية**

**أولاً: الشروط الفنية والبيئية الواجب توافرها في مياه الصرف الصحي الخام يجب أن تتوفر في مياه الصرف الصحي الخام الاشتراطات القياسية الواردة باللائحة العامة الصادرة من الهيئة العامة للبيئة (الهيئة العامة للبيئة ،2006)**

**ثانياً: الشروط الفنية والبيئية اللازمة لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري**

- يحظر ري المزروعات بمياه الصرف الصحي المعالجة مهما كانت نقاوتها بدون إذن من الجهة المختصة.
- يُراعى في عملية ري الأشجار والمزروعات التقيد بنظام الري السطحي أو تحت السطحي أو الري بالتنقيط حسب ما يراه المختص، شريطة أن يكون الري في غير أوقات ارتياد المواطنين لتلك الأماكن.
- يُسمح باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة فقط لري الحدائق العامة والمنتزهات والأحزمة الخضراء وجزر الشوارع وأشجار الغابات.
- يجب الحصول على موفقة الجهة المختصة في حالة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأي أغراض أخرى غير واردة بهذه اللائحة.
- يجب أن تكون الخواص الكيميائية والفيزيائية والحيوية والإشعاعية لمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة لأغراض الري في حدود المستويات الواردة في الملحق (4.1).

**ثالثاً: الشروط الفنية والبيئية اللازمة للتخلص من مياه الصرف الصحي المعالجة في البيئة البحرية ومجاري الأودية.**

- يتم صرف مياه الصرف الصحي المعالجة في البيئة البحرية عن طريق مصبات بمسافة تتراوح ما بين 100 إلى 300 متر من خط الشواطئ حسب حجم المحطة ونوعية المعالجة وخصائص المنطقة وبمراجعة الجهة المختصة.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- يجب أن تكون الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة المراد طرحها في البحار ومجاري الأودية في حدود المستويات.

أخذ العينات وطرق الاختبار يتم أخذها وتطبيقها وفقاً للمواصفات القياسية الليبية أو أية مواصفة يعتمدها المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية (الهيئة العامة للبيئة، 2006).

تركيزات الملوثات الهامة والتي توجد عادة في مياه الصرف الصحي طبقاً للمواصفات الأمريكية.

**13. مواصفات مياه الصرف الصحي في بعض الدول الأخرى**

- **خصائص مياه الصرف الصحي في ولاية كاليفورنيا**

ونظراً لأهمية معرفة وتحديد خصائص ومواصفات مياه الصرف الصحي لتحديد طريقة المعالجة طبقاً لهذه الخواص والتي يُبنى على أساسها أسس التصميم، فقد أشرنا إلى خصائص مياه الصرف الصحي الخام قبل المعالجة وبعد المعالجة في بعض المحطات بولاية كاليفورنيا.

- **خصائص مياه الصرف الصحي في مكسيكو سيتي**

يتبين من خلال رصد النتائج لخصائص وطبيعة مياه الصرف الصحي خلال المواسم الجافة والمواسم الممطرة في مكسيكو سيتي بأن المواسم الممطرة كانت أيضاً ملوثة، وأن عوامل التلوث فيها مثل المواد الصلبة المعلقة وبيوض الديدان المعوية Helminth Eggs كانت ذات قيم عالية . وعلى أية حال فإن المعادن الثقيلة تُعد أقل من معايير USEPAفي إعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة.

**14. الدراسات السابقة لتصميم محطات الصرف الصحي**

يحتاج تصميم وتنفيذ أعمال المعالجة إلى عدد من الدراسات أهمها:

**أ. تقدير عدد السكان الحالي والمستقبلي والأنشطة المختلفة**

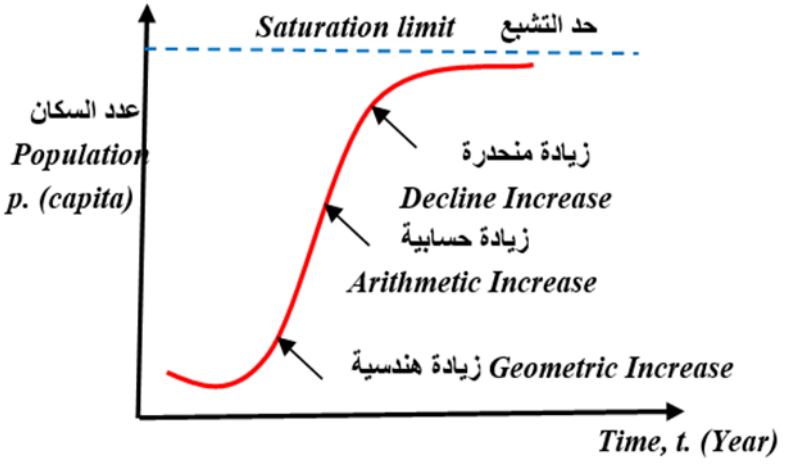
يتم التعرف على الأنشطة الاقتصادية والصناعية بالمنطقة وتقدير عدد السكان باستخدام طرق التقدير المختلفة وتشمل الحسابية والهندسية والبيانية والكثافة السكانية والنمو السنوي والمعدل المتناقص، وذلك حسب فترة التصميم التي تبلغ ما بين 30 – 50 سنة ويتم التنفيذ على مراحل وتشمل:

- **مرحلة البداية والازدهار**

وتتسم هذه المرحلة بمعدل زيادة سكانية متزايدة على صورة زيادة هندسية كما بالمنحنى في الشكل رقم (3).


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090




شكل.(3)

- **مرحلة الاستقرار**

وهي التي يستقر فيها عوامل جذب السكان مما يستدعي معه توسع بمعدل ثابت ويكون حسب نمو التجمع السكني طبقاً للطريقة الحسابية والتي تتراوح مدتها الزمنية بين 10 – 15 سنة.

- **مرحلة التشبع**

وهي مرحلة الوصول إلى الزيادة المتناقصة للنمو السكاني نتيجة توقف عوامل الجذب، وتتراوح مدتها الزمنية بين 15 – 20 سنة.

**ب. طرق حساب التعداد السكاني**

ويقدر التعداد في نهاية الفترات التصميمية ويُستعان للوصول إلى هذا التقرير بالإحصائيات التي تقوم بها الأجهزة الحكومية المعنية بالدراسات السكانية لمعرفة التعداد الحالي وتوقعات معدلات النمو المستقبلية باستخدام أهم الطرق الآتية :

- الطريقة الحسابية : Arithmetic Increase باستخدام المعادلة التالية:

$$Pn = P1 + Ka\ (tn - t1) \qquad (1)$$

تمثل هذه الطريقة هندسياً بخط مستقيم

- الطريقة الهندسية : Geometric Increase بتطبيق المعادلة التالية:

$$Ln\ (Pn) = Ln\ (P1) + Kg\ (tn - t1) \qquad (2)$$

وتمثل هذه المعادلة هندسياً بمنحنى متزايد من الدرجة الأولى


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- طريقة الزيادة بالمعدل المتناقص : Decreasing Rate of Increaseباستخدام المعادلة التالية:

$$Pn = S - (S - P1)\, e\text{-}kd(tn - t1) \quad (3)$$

وتمثل هندسياً بمنحنى متناقص من الدرجة الأولى، ودلالة الرموز المستخدمة في المعادلات هي:

وتمثل هندسياً بمنحنى متناقص من الدرجة الأولى، ودلالة الرموز المستخدمة في المعادلات هي:

$P_n$ = التعداد الذي يخدمه المشروع في سنة الهدف

$P_1$ = آخر تعداد للمنطقة ويؤخذ حسب بيانات الجهات المختصة

$K_a$ = معدل الزيادة السنوية للسكان (معدل ثابت)

$K_g$ = معدل الزيادة السنوية للسكان في الطريقة الهندسية (معدل متزايد)

$K_d$ = معدل الزيادة السنوية للسكان بالنقصان (معدل متناقص)

S = القيمة القصوى لعدد السكان المتوقع (حد التشبع)

$(t_n - t_1)$ = الفترة الزمنية التي يخدم فيها المشروع

Ln = اللوغاريتم الطبيعي للأساس (e) =

**ج. تحديد الفترة التصميمية لأعمال المعالجة**

تحدد مراحل التصميم وتقسم عادة إلى مرحلتين أو ثلاث، مدة المرحلة ما بين 15 – 25 سنة وتكون الفترة التصميمية الكلية من 30 – 50 سنة في أغلب المشروعات.

**د. حساب التصرفات التصميمية**

تقدر التصرفات التصميمية حسب مصادر المخلفات السائلة من المناطق المنزلية، التجارية، الخدمية، الترفيهية والصناعية ومياه الرشح ومياه الأمطار، حيث يقدر التصرف المتوسط بنحو 0.80 – 0.90 من تصرف المياه، وكذلك تصرف المطر والرشح الأقصى والأدنى أي:

$$Qavg.\ (Wastewater) = (0.80 - 0.90)\ Qavg.\ (Water\ Consumption) \quad (4)$$

والتصرف الأدنى (Qmin.) يقدر بحوالي ثلث إلى نصف قيمة التصريف المتوسط مضافاً إليه التصرف الناتج من الرشح أي:

$$Qmin.\ (Min.\ flow\ factor\ water) * Qavg. + Qinf. \quad (5)$$

**هـ. التصرف التصميمي لمحطة المعالجة**


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- في حالة وجود محطات رفع: يعادل أقصى تصرف للمضخات الحالية والمستقبلية للوضع الحالي والمستقبلي لمحطة المعالجة.
- في حالة عدم وجود محطات رفع: يعادل أقصى تصرف للمجمع الرئيسي الداخل لمحطة المعالجة للوضع الحالي والمستقبلي لمحطة المعالجة (العدوي، 2005).

**و. التعرف على خصائص ومحتويات مياه الصرف الصحي المطلوب معالجتها**

يتم تحديد خصائص مياه الصرف الصحي حسب وجود مشروع للصرف الصحي من عدمه، حيث يتم أخذ العينات على مدار السنة وتجرى التحاليل الخاصة بها لتحديد خصائصها ومحتوى الملوثات.

**ز. تحديد طبيعة المخلفات الصناعية السائلة**

يتم تحديد معايير المخلفات الصناعية السائلة إن وجدت التي يُسمح بصرفها على شبكات الصرف الصحي.

**ح. اختيار طريقة المعالجة**

يلزم لاختيار طريقة المعالجة المناسبة دراسة العوامل المؤثرة الآتية:

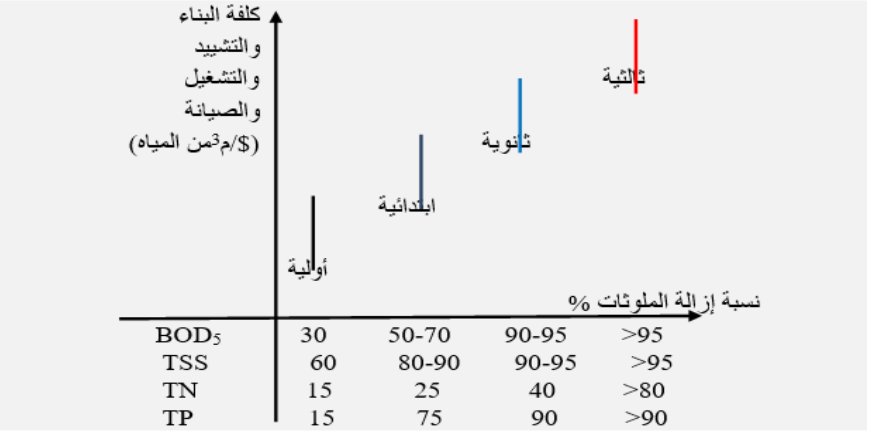
- تصرفات المخلفات السائلة
- مدى ملائمة الطريقة مع دراسة الطرق الجديدة
- مدى استيعاب التغير والتذبذب في التصرفات
- خواص المخلفات السائلة
- درجة الحرارة والمناخ بالمنطقة (الرطوبة الجوية، الرياح، الضغط الجوي ... إلخ)
- العوامل البيئية والأثر البيئي للمحطة مثل القرب والبعد عن التجمعات السكنية والرياح السائدة واتجاها
- نواتج عملية المعالجة ومدى الاستفادة منها
- معالجة الحمأة
- الالتزام بتحقيق القوانين والتشريعات المنظمة
- متطلبات الطاقة والكيماويات
- توفر المساحة وقابلية التوسع والتطوير المستقبلي
- العمالة والتشغيل والصيانة
- نواتج المعالجة والاستفادة منها (المياه المعالجة والحمأة)
- اختيار موقع محطة المعالجة وتحديد المخطط العام لها
- يلزم توافر الشروط الآتية في موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي:


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- أن يكون بعيداً عن الحيز العمراني بمقدار 1 – 3 كم
- أن يكون هناك طريق للمحطة بعرض وحمولة مناسبة
- أن يكون قريباً من موقع التخلص النهائي للمياه المعالجة
- أن يكون الموقع تحت اتجاه الرياح السائدة في المنطقة
- الأخذ بعين الاعتبار التوسع المستقبلي للمحطة

ولتقدير كُلفة محطة المعالجة يجب حساب بناء وتجهيز المحطة بالإضافة إلى حساب كُلفة تشغيل وصيانة المحطة. فالمحطة ذات التكلفة التأسيسية المنخفضة مقارنة مع البدائل المتاحة ليست على الأغلب هي الأكثر اقتصادية، وإنما يجب النظر إلى كُلفة التشغيل والصيانة لمدة لا تقل عن عشر سنوات أثناء تقييم الخيارات اقتصادياً. وبشكل عام فإن الكُلفة تزداد بزيادة مستوى المعالجة (شكل 4). ويمكن القول أن التكاليف تتوزع حسب الآتي: ترسيب أولي 13.2%، ترسيب ثانوي 9.8%، معالجة بيولوجية 41.8%، معالجة الحمأة 33% والباقي للخدمات المتنوعة الأخرى.




شكل (4): كُلفة تشييد وتشغيل وصيانة محطة معالجة مياه الصرف الصحي تبعاً لدرجة المعالجة المطلوبة(Metcalf & Eddy, 2003)

## 16. تقييم المياه المعالجة لإعادة استخدامها

تُعتبر المياه غير التقليدية مصدراً جيداً وهاماً لري العديد من المحاصيل والنباتات معطية إنتاجاً جيداً، إذ يمكن أن تدخل المياه غير التقليدية في الموازنة المائية للمنطقة، حيث يؤدي استعمالها بكفاءة عالية وإدارة جيدة إلى زيادة رقعة الأراضي المروية في المناطق


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

الجافة وشبه الجافة، وبالتالي زيادة الإنتاج الزراعي في المناطق التي تتوفر فيها تلك النوعية من المياه ضمن الظروف البيئية المختلفة في الوطن العربي .

وبشكل عام تعتبر المياه غير التقليدية مورداً هاماً لتأمين الاحتياجات المائية لدى العديد من الدول العربية سيما في ليبيا التي تُعاني من نُدرة المياه لري بعض أنواع المحاصيل والنباتات، إلا أن استعمالها مازال محدوداً نتيجة لأثارها البيئية. ويتطلب استعمال هذه المياه في الري الزراعي إجراء العديد من البحوث والدراسات للوصول إلى المعايير والأسس التي تضمن الاستعمال الآمن لهذه المياه بيئياً وصحياً.

## 17. مصادر المياه غير التقليدية في الوطن العربي

تختلف أنواع المياه غير التقليدية حسب مصادرها، حيث تشكل مصادر مياه الصرف الصحي المعالجة ومياه الصرف الزراعي إضافة إلى المياه المالحة والعسرة القسط الأكبر من إجمالي كميات المياه غير التقليدية في الوطن العربي والتي تفوق 18 مليار م3/سنة، بينما تشكل مياه التحلية وحصاد مياه الأمطار كمية لا تتجاوز 3 مليار م3/سنة (أكساد، 2001). ويوضح الملحق (11.1) مصادر المياه غير التقليدية في الدول الأعضاء في منظمة الاسكوا لعام(ESCWA, 2007) (2007) ، كما يبين الملحق (12.1) الموارد المائية غير التقليدية في الوطن العربي لعام (2001) (مليون م3/سنة) (ESCWA, 2007).

### أ. مياه الصرف المعالجة

لقد تبنت معظم الدول العربية سياسات طموحة لمعالجة مياه الصرف الصحي العادمة التي تتوفر بكميات لا يُستهان بها في المنطقة العربية، حيث تُقدر كميات مياه الصرف الصحي المستعملة في العالم العربي بين 6.5 – 7.6 مليار متر مكعب، لذا فقد أُنشئ العديد من محطات المعالجة في المدن الرئيسية والتجمعات السكانية الكبيرة، حيث تُعتبر هذه المياه مورداً متجدداً وهاماً لري العديد من المحاصيل الصناعية والعلفية والنباتات الحراجية والتزيينية ، مما يساعد في الحد من استعمال المياه العذبة وتوفيرها للأغراض المدنية والشرب. هذا إضافة إلى أنها غنية بالعناصر المخصبة للتربة.

### ب. تأمين الإدارة المائية بإعادة استخدام المياه

هناك الكثير من العوامل التي تعوق استخدام المياه بشكل أكثر فاعلية خلال الألفية الجديدة، تتمثل في التنامي في نُدرة وشح المياه، الزيادة المضطردة للسكان، التوسع العمراني السريع، التنمية، تزايد حدة المنافسة على استخدام المياه والرغبة الشديدة في


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

الحفاظ على الصحة العامة والبيئة، فهذه العامل بمثابة أمثلة لأهم القضايا. وبالرغم من التحسينات في استخدام المياه في العديد من البلدان النامية، لازال الطلب على المياه العذبة مستمراً ومتزايداً مع تصاعد التعداد العالمي للسكان وتوسع الأنشطة الاقتصادية. وطبقاً للمعهد الدولي لإدارة المياه International Water (IWMI, 2000) Management Institute (IWMI)وبحلول عام 2025 سوف يكون هناك 1.8 بليون شخص يعيشون في بلدان أو مناطق شحيحة المياه أو ذات نُدرة مطلقة للمياه " Absolute water scarcity "وهذا المصطلح يعني أن كمية المياه المتاحة أو الميسرة أقل من 100 m3/inhabitant/year وهي الكمية الضرورية للاستخدام المنزلي والصناعي. فهذا المستوى المتاح من المياه غير كاف لتأمين الحد المطلوب من الإنتاج الغذائي لكل شخص من الزراعة المروية. اليوم معظم البلدان في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يمكن تصنيفها على أنها تُعاني من شُح مطلق للمياه. وفي عام 2025 سينضم إلى هذه البلدان باكستان وجنوب أفريقيا وأجزاء واسعة من الهند والصين وعدد من الأقاليم الأخرى. فهذه تقترح على هذه الدول المعنية أن يتحتم عليها تبني سياسة حكيمة في إدارة مصادر المياه بكفاءة أعلى على المدى البعيد عن عما تنتهجه لمجابهة الاحتياجات والمتطلبات المستقبلية .

وتُعد كمية المياه الزراعية حرجة لتأمين الغذاء، فالزراعة لا تزال الأوسع نطاقاً لاستخدام المياه بنسبة تصل إلى 70% من الاستهلاك العالمي للمياه العذبة. وطبقاً للمعلومات الحديثة الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2000) , (Winpenny, 2003) أن 30 إلى 40% من الغذاء العالمي يأتي من الأراضي المروية والتي تمثل 17% من إجمالي الأراضي المنزرعة، وستواجه المياه المتاحة للزراعة مستقبلاً مخاطر بسبب زيادة الطلب للاستهلاك المنزلي والصناعي.

يزداد الضغط والطلب على الري حتى يفي بمتطلبات النمو من الإنتاج الغذائي، وذلك لأن هناك نسبة ضئيلة من النمو في الأرض المزروعة على مستوى العالم لا تمثل سوى 0.1 %/السنة. ولقد لوحظ في الفترة ما بين عامي 1961 و 1999 زيادة مضاعفة من إجمالي الأراضي المروية في العالم، أي ما يزيد عن 274 مليون هكتار، في حين ظلت المساحة المروية من نصيب الفرد الواحد ثابتة عند 460.7 ha/1000 people

إن إحدى الاستراتيجيات المُعدة لمواجهة هذه التحديات لتلبية مطالب الري في ظل ظروف تزايد شُح المياه في كل من البلدان النامية وغير النامية هي الترشيد المائي وتحسين كفاءة استخدام المياه من خلال إدارة مائية جيدة وسياسة منظمة. فمن هذا المنطلق وفي نفس


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

السياق أصبح إعادة استخدام المياه هو المصدر الحيوي البديل وعنصر الحل لتكامل إدارة مصادر المياه على نطاق أكثر وعياً (Lazarova, et al., (2000), (Asano, 2002). إن استراتيجيات إدارة الري الجديدة يجب تطويرها كي تتكامل ضمن الدورة المائية العالمية Global Water Cycle.

**ج. مصادر مياه الري**

المصادر الرئيسية لمياه الري وتداخلها مع الدورة المائية الكروية. ويمكن تصنيف هذه المصادر إلى مجموعتين أساسيتين مع المزايا النوعية والالتزامات.

**د. مصادر طبيعية لمياه الري**

تُعد مياه الأمطار أحد الأجزاء الهامة في الاستخدامات المائية التي تفي بمتطلبات الري. وعلى أية حال فإن إسهاماتها تكون في المناخات المعتدلة فقط تحت ظروف مناخية نوعية وسائدة على نطاق ضيق. وتلعب المياه السطحية متمثلة في الأنهار والبحيرات الدور الرئيسي في الري في كل من المناخات المعتدلة والجافة. أما مياه الخزانات الجوفية تحظى بأهمية محلية وإقليمية، لكنها في الكثير من الحالات تكون منخفضة المنسوب ويصعب سحبها

**هـ. المصادر البديلة لمياه الري**

لا تحظى عمليات التحلية بأهمية كبيرة في الري نظراً لتكاليفها العالية لذلك فهي تقتصر فقط على نطاق ضيق في بعض الجزر والمناطق الساحلية. ويُعد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي البلدية ومياه التصريف أحد البدائل المكلفة مع تزايد أهمية عمليات الري في كل الظروف المناخية على كلا النطاقين الأكبر والأصغر .

الخبرة العالمية في مجال الري واستخدام المياه المُعاد تدويرها

ثمة تطورات في ممارسات عمليات الري باستحدام المياه المعادة حدثت على مر العشرين عاماً الأخيرة، أدى إلى تحفيزها هو النقص الحاد المتزايد في المياه وسهل ذلك التوجهات السياسية والنظم الجديدة. والملحق مواقع أهم المشروعات التي تعيد الاستخدام للمياه على نطاق العالم. لقد تنامى إعادة استخدام المياه في المناطق الجافة نسبياً ذات المصادر الميسرة للمياه المتجددة داخلياً دون مستوى 1700 m3/person/year .

وتُعرف كمية المياه المتاحة هذه 1700 m3/inhabitant/year بأنها علامة الحدية أو دليل الاجهاد المائي Water Stress Index ، ودون هذا المستوى هنالك العديد من البلدان التي تعاني من هذا الاجهاد الأمر الذي أدى إلى إعاقة مسار التنمية فيها وتدهور


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

صحة الإنسان .(Falkenmark, 1992) وفي البلدان التي يصل فيها المستوى إلى أقل من 1000 m3/person/year من المياه المتاحة فإنها تعاني من شُح مزمن للمياه. لقد قبل البنك الدولي (World Bank, 1992) هذه القيمة كمؤشر عام لشُح أو نُدرة المياه. إن شُح المياه المطلق يحدث دون مستوى 500m3/inhabitant/year ، بينما أدنى مستوى للبقاء على قيد الحياة للاستعمالات المنزلية والتجارية عند 100 m3/inhabitant/yearكمطلبات غاية في الضرورة للمتطلبات المنزلية للحفاظ على صحة جيدة. ويتباين مستوى الاجهاد المائي من إقليم لآخر ويعتمد ذلك على الظروف المناحية، مستوى التنمية الإقتصادي وبعض العوامل الأخرى (World Bank, 1992) إن التحدي التقني الرئيسي لإنتاج المياه المعادة حصرياً على الري الزراعي هو إزالة الميكروبات المعدية. ويكون التحدي التقني الأساسي في الدول النامية هو إزالة بويضات الديدان المعوية Helminth Eggs والتي تمثل معظم أهم المخاطر الصحية، وبصفة خاصة الأطفال. في هذه الحالة يكون هناك قيود محددة على إزالة BOD5 وتبدو المعالجة التمهيدية الفيزيوكيميائية حلولاً مكلفة للتكيف مع المتطلبات الحصرية للري. والميزة الرئيسية لهذه المعالجة هو الاحتفاظ بالقدرة السمادية لمياه الصرف الصحي.

وبالمقارنة مع الري الزراعي فإن معظم مخططات المعالجة الملائمة للاستخدامات المدنية تتضمن المعالجة الثلاثية وعمليات التطهير وتُعد ذات كفاءة عالية في حال المرشحات البيولوجية الهوائية Aerated Biofilters ومفاعلات الأغشية الحيوية Membrane Bioreactorsوالتطهير بالأشعة فوق البنفسجية والأوزون

21.1 .مكونات نظم تدوير المياه للري Components of Recycling Systems for Irrigation

أهم مكونات النظم لإعادة استخدام المياه في عمليات الري بعد تدويرها، وتشير الرموز إلى تلك العمليات المختلفة التالي (Lazarova, 2001) .

**18. خيارات مصادر إمداد مياه الريIrrigation Water Supply Options**

إن خيارات امداد المياه التقليدية لعمليات الري هي الحصول على المياه من المصادر السطحية أو الجوفية.

جودة أو نوعية مجموعات المياه المتعلقة بتطبيقات إعادة استخدام المياه مثل الري، إعادة شحن الخزانات الجوفية، الاستخدامات المدنية والاستخدامات الصناعية وغيرها. وفي هذا الشكل تبدأ المياه قبل المعالجة من المركز، حيث يكون العامل ذات الاهتمام الأول في معالجة مياه الصرف الصحي الأولية هي المواد الصلبة المعلقة والتي قد تكون موجودة


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

في التدفق مما يؤدي إلى انسداد في أجهزة الري أو التربة وحماية الكائنات الدقيقة، ومن ثم تُقلل من كفاءة التطهير لمعظم المعالجة. والهدف الأساسي الثاني في معالجة مياه الصرف الصحي هو المعالجة الثانوية لإزالة الكربون حتى ولو كان الكربون ليس مطلوباً بشكل أساسي في إعادة استخدام المياه في الري. فهذه العملية ذات أهمية كبيرة في اختزال إعادة نمو الكائنات الحية الدقيقة المتبقية في أنظمة التوزيع. والعامل التالي ذات الأهمية هو المغذيات. وبشكل عام فهي ذات أهمية للزراعة، أما وجودها في المياه المستخدمة في إعادة ملئ الخزانات الجوفية ومعظم الاستخدامات الصناعية فهو غير مرغوب. هنالك معالجة إضافية أخرى تشمل التصفية أو التنقية الثلاثية Tertiary مثل إزالة المواد الصلبة العالقة المتبقية، وبعض المركبات الخاصة مثل الملوثات العضوية الدقيقة، الأملاح، العناصر الثقيلة وأخير التطهير.

ويُعد التطهير أهم خطوة في عملية المعالجة لكل المياه المعاد استخدامها في كافة التطبيقات سيما في عملية الري باستخدام مياه التدوير. كما أن إزالة الملوثات العضوية الدقيقة والمركبات العضوية وعلى وجه الخصوص المبيدات الحشرية وغيرها من المركبات الضارة بصحة الإنسان مطلوب بشكل عام وذلك في الاستخدامات المدنية على وجه التحديد.

## 19. أهم التجارب في استخدام مياه الصرف المعالجة

لقد استخدمت مياه الصرف الصحي في الري الزراعي وري المناظر العامة في الكثير من دول العالم، وفي الوقت الحاضر ينصب التركيز على استخدام هذه المياه بعد تحسنها أو استصلاحها وذلك لمواجهة الحاجة لمياه الري والعديد من الاستخدامات الأخرى والمحافظة على البيئة من التلوث. وفي الدول النامية سيما تلك التي تقع ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم حيث الحاجة إلى الموارد المائية فإنه يلزم في نفس الوقت تخفيض التكاليف وتبسيط طرق التقنية وحماية مصادر الماء الموجود من التلوث ومع زيادة الطلب على المياه للاستخدامات المدنية أصبح استصلاح المياه العادمة وإعادة استخدامها أمراً ملحاً للعديد من الدول.

لقد زادت كمية المياه المعالجة والتي يُعاد استخدامها زيادة كبيرة في السنوات الأخيرة في العديد من البلدان مثل دول الخليج ومصر والأردن وتونس وقبرص وسوريا والجزائر والمغرب وباكستان واليمن وغيرها. كما زادت محطات المعالجة وأصبح من المنتظر أن تتضاعف في السنوات العشر المقبلة، مع تنفيذ مشروعات جديدة في جميع البلدان تقريباً، ومع النمو السكاني والتوسع العمراني المضطرد والاهتمام بالبيئة ونقص المياه قد تصل


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

المياه المعالجة إلى عدة مليارات من الأمتار المكعبة، وقد تمثل 30% من مجموع استهلاك الموارد المائية في بعض البلدان.

في الأردن تقدر نسبة المياه المعالجة حوالي 72 مليون م3 عام 2002 يتم استخدامها في الشروط المقيدة بعد خلطها بالمياه السطحية، وتتبنى وزارة المياه والري سياسة تحسين نوعية هذه المياه لاستغلالها في الأغراض الزراعية، والتي من المقدر أن تصل إلى 219 مليون م3 بحلول عام 2015 ونحو 246 مليون م3 في عام 2020.

وفي الكويت يُعاد استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة بعد معالجتها ثلاثياً تشمل المعالجة بالحمأة المنشطة ومرشحات سريعة وتطهير بالكلور خلال ثلاث محطات معالجة يبلغ إجمالي صرفها حوالي 1/3 مليون م3/يوم (العدوي ،2005).

وفي ليبيا يمكن الحصول على 215 مليون م3/السنة من مياه الصرف الصحي المعالجة إذا تم تشغيل جميع المحطات القائمة بعد صيانتها وزيادة قدرتها الإنتاجية لاستخدامها في الزراعة المروية المقيدة (اللوزي ،2007) .

وفي مصر بدأ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة عام 1930 في مزرعة الجبل الأصفر شمال القاهرة، وتستعمل الآن مياه الصرف الصحي في الري بالتبين وحلوان وأسيوط، ويصرف الجزء الأكبر من المياه والذي يبلغ 1.5 مليار م3/سنة في المصارف الزراعية بعضها معالج علاجاً أولياً بفصل المواد العالقة والبعض الآخر دون علاج، ومن المنتظر أن يصل هذا الرقم إلى 2.8 مليار م3/سنة. يُذكر أن مدينة القاهرة الكبرى تصل كمية مياه الصرف الصحي بها يومياً إلى 4 مليون م3 وهي كافية لاستزراع 200 ألف فدان من الأراضي الصحراوية، كما يصل مجموع مياه الصرف الصحي لباقي مدن الجمهورية 2 مليون م3/يوم تكفي لاستزراع 100 ألف فدان أخرى (السعدي ،2000).

ونستعرض فيما يلي بعض الحالات في الدول التي تعاني من نقص في الموارد المائية والبعض الآخر إعادة استخدام المياه بدون معالجة.

**النتائج**

ترتكز هذه الدراسة أساساً في منهجيتها على التقييم الأدائي لمحطة المعالجة وكفاءتها بعد عملية التطوير في المرحلة الأولى منها، والجارية في المرحلة الثانية، من حيث المبادئ التصميمية لوحدات المحطة المختلفة وقياسات القيم الفعلية في أدائها. كما تم إجراء القياسات لكل وحدة من وحدات المحطة عبر مراحل المعالجة المختلفة بدءاً من المرحلة التمهيدية (Preliminary Treatment) وانتهاءً بالمعالجة الثانوية (Secondary


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

(Treatmentثم أحواض تجفيف الحمأة .(Drying Beds) كما تهدف الدراسة أيضاً إلى إمكانية إعادة استخدام وتدوير المياه المعالجة في الأغراض المختلفة.

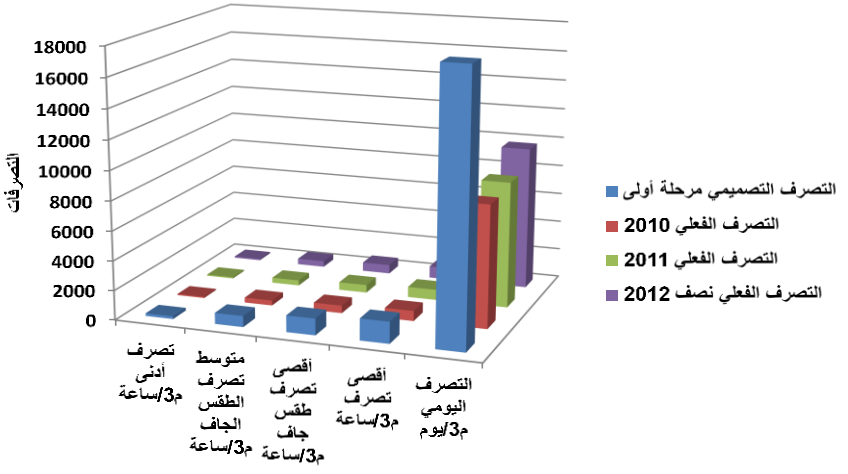
**أ. الأسس التصميمية للمحطة**

- **التصرفات (التدفقات) التصميمية للمحطة**

لقد تم تصميم المحطة على أساس معدلات مختلفة من التصرفات هي التصرف الأدنى 180 م3/ساعة، متوسط تصرف الطقس الجاف 750 م3/ساعة، أقصى تصرف في حالة الطقس الجاف 1124 م3/ساعة، أقصى تدفق إلى شبكة الصرف الصحي أي ساعة الذروة 1499 م3/ساعة مضافاً 375 م3/ساعة في حالة الطقس الممطر (تدفق الأمطار على الشبكة)، وبالتالي سيكون معدل التصرف اليومي 18,000 م3/اليوم، وذلك خلال المرحلة الأولى)، أما المرحلة الثانية ستكون التصرفات ضعف هذا المعدل أي 36,000 م3/اليوم، قيم التصميم المختلفة للمحطة مقارنة بالقيم الفعلية لمعدلات التصرف والتي تُعد أقل من القيم التصميمية لأسباب تم ذكرها من قبل .

- **التصرفات التصميمية والفعلية للمحطة**

تم رصد وقياس التصرفات (التدفقات) الفعلية الداخلة إلى المحطة (قبل المعالجة) خلال عامي (2011/2010) والفترة ما بين شهري يناير ويونيه من عام (2012)، حيث بلغ متوسط التصرفات 8259.83 متر مكعب/يوم، 8546.92 متر مكعب/يوم و 9747.33 متر مكعب/يوم على التوالي مقارنة بالقيمة التصميمية للمحطة 18,000 متر مكعب. انظر الى الشكل رقم (5).




شكل (5): معدل التصرفات التصميمية المختلفة للمحطة مقارنة بالقيم الفعلية لها خلال عامي (2011/2010) والفترة ما بين شهري يناير ويونيه لعام 2002


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

كما تم حساب التصرفات الخارجة من المحطة (أي بعد المعالجة) خلال اليوم ومن ثم المتوسط الشهري لكمية المياه على مدار العام لعامي (2011/2010) والفترة ما بين شهري يناير ويونيه من عام (2012)، وبلغ متوسط كمية المياه المعالجة 7709.92 م3/يوم ، 8014.25 م3/يوم، 9593.5

وقد وجد أن كمية المياه المعالجة في عام (2011) تفوق بقليل كمية المياه المعالجة خلال عام (2010) كما أن كمية التدفق على محطة المعالجة في الفترة ما بين شهري يناير ويونيو من عام (2012) كانت أعلى من معدلاتها خلال عامي (2011/2010) ويعود ذلك إلى كمية المياه التي تدفقت عبر شبكات الصرف الصحي جراء الأمطار الغزيرة التي شهدتها المنطقة خلال هذا العام.

**المناقشة**

في ضوء النتائج التي تم التوصل إليها والتي طُرحت على متن هذا الفصل من الدراسة القائمة على تقييم الأداء وكفاءة المعالجة لمياه الصرف الصحي بمحطة طبرق لكافة وحداتها المختلفة، ومن ثم تقييم المياه المعالجة ومدى إمكانية تدويرها وإعادة استخدامها في الري والأغراض الأخرى، فقد أمكن تقييم أدائها وحساب كفاءتها استناداً إلى الأسس والعوامل الآتية:

**التصرفات التصميمية والفعلية للمحطة**

تم رصد وقياس التصرفات الفعلية الداخلة إلى المحطة (قبل المعالجة) خلال عامي 2011/2010 حيث بلغ متوسط التصرفات 8259.83 متر مكعب/يوم، 8546.92 متر مكعب/يوم، على التوالي مقارنة بالقيمة التصميمية للمحطة 18,000 متر مكعب/يوم. كما تم حساب التصرفات الخارجة من المحطة (أي بعد المعالجة) خلال عامي 2011/2010 وبلغ متوسط كمية المياه 7709.92 م3/يوم ، 8014.25 م3/يوم على التوالي مقارنة بالقيمة التصميمية للمحطة 18,000 متر مكعب/يوم. وقد وجد أن كمية المياه المعالجة في عام 2011 تفوق بقليل كمية المياه المعالجة خلال عام 2010. وبصفة عامة يمكن القول أن كمية المياه الداخلة إلى المحطة قبل المعالجة أو الخارجة منها بعد المعالجة أقل بكثير من القيم التصميمية المقررة للمحطة خلال المرحلة الأولى منها، ويُعزى ذلك الأمر للأسباب التالية:


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- عدم ربط قطاعات كبيرة من المناطق العمرانية الجديدة بشبكة الصرف الصحي الرئيسية واعتمادها على الآبار السوداء.
- السعة الغير كافية لبيارات محطة الضخ (الرفع) رقم 7 بحي عبد المنعم رياض لاستيعاب كافة التصرفات.
- يتم التخلص من التصرفات الزائدة Overflow من خلال طرحها في البحر مباشرة عبر محطة الرفع رقم 7 بحي عبد المنعم رياض قبل عملية المعالجة.

**الخلاصة**

لقد اتضح لنا بصورة جلية من خلال الدراسة التي أجريت على محطة طبرق لمعالجة مياه الصرف الصحي والنتائج التي تحصلنا عليها بهدف تقييم أداء المحطة بعد عمليات التطوير والتحديث التي شهدتها مؤخراً، ومدى امكانية استخدام المياه المعالجة في الري وبعض الأغراض الأخرى. وفي ضوء النتائج التي تم استعراضها آنفاً على متن هذه البحث يمكن القول بشكل عام أن المحطة تحظى بدرجة عالية من كفاءة المعالجة والتخلص من الملوثات، ويُعزى ذلك إلى:

- 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 وغيرها .
- أن المحطة تعمل بكامل طاقتها التصميمية والتي تبلغ قدرتها الاستيعابية 18,000 متر مكعب/يوم، في حين أن متوسط التدفق الفعلي للمحطة طبقاً لنتائج الدراسة خلال عامي (2011/2010) والنصف الأول من عام (2012) كان 8259.83 م3/يوم ، 8546.92 م3/يوم 9747.33 م3/يوم على التوالي.
- تعمل المحطة وفق المنظومة الجديدة في اطار تطوير أساليب المعالجة التي أُدخلت على المحطة في الآونة الأخيرة خلفاً للمحطة القديمة وهي المعالجة بطريقة أحواض التهوية والحمأة المنشطة بدلاً من أحواض الترشيح، والتي أثبتت كفاءة عالية.
- تتسم مياه الصرف الصحي في طبرق بأنها منزلية وتكاد تكون خالية من الصرف الصناعي، الأمر الذي يحد من نسب التلوث فيها.
- تدفق كميات كبيرة من مياه الأمطار عبر شبكة الصرف الصحي خلال الشهور المطيرة في فصل الشتاء مما يؤدي إلى تخفيف الحمل العضوي في مياه الصرف الصحي.
- كفاءة الطاقم العلمي والفني والإداري القائم على شؤون إدارة المحطة.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- المتابعة الدورية والمراقبة المستمرة لخط سير العمل بوحدات المحطة المختلفة ومراقبة برامج التشغيل عن كثب.
- تضم المحطة مختبراً مركزياً على درجة عالية من التجهيزات يتم من خلاله تحليل العينات بشكل دوري لتحديد كفاءة المعالجة.
- ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن نظام المعالجة بطريقة أحواض التهوية والحمأة المنشطة أعلى كفاءة من نظم المعالجة الأخرى في مثل هذه الحالات.
- بمقارنة الدراسة التي أجريت على محطة طبرق من حيث النتائج التي أسفرت عنها التحاليل الكيميائية والفيزيائية لمياه الصرف الصحي وكفاءة أدائها بنظائرها في المنطقة الشرقية والتي أجريت عليها الدراسات في نفس الصدد وشملت محطة القوارشة ببنغازي والبريقة ورأس لانوف وغوط السلطان بالأبيار، فقد تبين أن نوعية مياه الصرف الصحي في طبرق أقل من حيث تركيز الملوثات، كما أن أداء محطة طبرق وكفاءتها قد فاق بكثير أداء المحطات المذكورة.

أيضاً في ضوء النتائج والدراسة التي أجريت على مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة تبين أن:

- أن مستويات تركيز العوامل المختلفة (الكيميائية والفيزيائية) أقل من نظائرها مقارنة بالمحطات الأخرى قبل وبعد عمليات المعالجة.
- متوسط قيم العوامل الفيزيائية مثل pH, EC, T أقل من الحدود المسموح بها في تحديد نوعية المياه المعالجة وإعادة استخدامها.
- انخفاض التركيزات الكيميائية لكل من SS, COD, BOD5 بالإضافة لبعض العوامل الأخرى في المياه المعالجة وزيادة نسبة كفاءة التخلص منها لتصبح مستوياتها أقل من الحدود المسموح بها وفق المقاييس والمعايير الدولية.(EPA, 2006)
- الزيادة النسبية لبعض العناصر المغذية مثل الفوسفور والنيتروجين، الأمر الذي قد يصاحبه نمو لبعض أنواع البكتيريا والطحالب والكائنات الأخرى غير المرغوب فيها .
- لقد أسفرت نتائج التحليل الكيميائي لتعيين تركيز الكاتيونات والأنيونات في المياه المعالجة وحساب معام ادمصاص الصوديوم وتركيز الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية، وذلك لتحديد جودة هذه المياه وامكانية تدويرها بأنها أقل أو في المستويات المسموح بها طبقاً للمعايير الدولية. ومن ثم فإنه يمكن استخدام هذه المياه في عمليات الري في بعض الحالات دون التخوف من حدوث أي أضرار.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- يُقدر متوسط كمية المياه المهدورة والضائعة سُدى بعد عمليات المعالجة في مياه البحر بحوالي 9500 متر/مكعب يومياً دون الاستفادة منها.

**التوصيات**

لقد تمخض عن النتائج التي تم التوصل إليها من خلال الدراسة التي أجريت على هذا البحث إلى بعض التوصيات التي يجب أخذها بعين الاعتبار وهي:

- بما أن المحطة تعمل بكفاءة عالية بجميع وحداتها المختلفة على حد سواء، لذا يتوجب علينا الحفاظ عليها وذلك من خلال الصيانة الدورية وتوفير قطع الغيار اللازمة لها.
- تعيين الكوادر الفنية القادرة عل تشغيلها وصيانتها ومتابعة برامج العمل فيها.
- الأخذ في الحسبان ضرورة تنفيذ المرحلة الثانية من تطوير المحطة والتي تشمل المعالجة بالطرق المتقدمة أو المعالجة الثالثية.
- إنتداب ذوي الخبرة والكفاءة والاستعانة بهم في حال حدوث أي أعطال قد تؤثر على أداء وكفاءة المحطة سلباً.
- إنشاء برمج ودورات تدريبية للقائمين على تشغيل المحطة لرفع الكفاءة واطلاعهم على كل ما هو جديد في هذا المجال، وايفادهم إلى الخارج لاكتساب المزيد من الخبرة.
- ضرورة التنسيق مع الجهات المعنية الأخرى في محطات الصرف الصحي ومحطات الرفع بهدف تحويل كافة مياه الصرف الصحي إلى محطة المعالجة للتخلص منها بشكل آمن.
- ربط كافة أطراف المدينة والمناطق العمرانية الجديدة بشبكة الصرف الصحي عوضاً عن الآبار السوداء .
- تحويل مياه الصرف الصحي العادمة من عنصر ضار بالبيئة إلى آخر مفيد بعد المعالجة طبقاً للمواصفات المطلوبة باعتبارها أحد مصادر المياه المتجددة.
- ضرورة الاستفادة بهذه الكميات الكبيرة من المياه المعالجة وعدم تركها للضياع سدى دون الاستفادة منها.
- يجب الاستفادة من هذه المياه من خلال تجميعها في الخزانات المُعدة لهذ الغرض سلفاً الواقعة شمال غرب مدينة طبرق، والمربوطة بمحطة المعالجة عبر أنبوب مائي يستوعب كافة مستويات التدفق، والتي تبلغ طاقتها الاستيعابية آلاف الأمتار المكعبة لري واستزراع المناطق المحيطة بها.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- التعاون والتنسيق مع الجهات المعنية بوزارة الزراعة من أجل استغلال هذه المياه على أكمل وجه.
- يمكن إعادة استخدام هذه المياه وتدويرها طبقاً للاحتياجات ومتطلبات عمليات الري، واختيار طرق الري الأمثل للحصول على أفضل النتائج.
- تُعد هذه المياه أحد المصادر المائية التي يمكن استخدامها في ري الحدائق العامة والأشجار والغابات والنباتات العلفية والمحاصيل الصناعية وجميع النباتات عدا التي تؤكل طازجة.
- يمكن الاستفادة أيضاً بهذه المياه في إنشاء سياج من الأشجار حول المدينة كمصدات للأتربة والكثبان الرملية ومكافحة التصحر.
- لابد من الاستفادة من كميات الحمأة الجافة الناتجة عن عمليات المعالجة كمادة مخصبة للتربة بعد التأكد من خلوها من العوامل البيولوجية الممرضة.
- لقد اتضح لنا بصورة جلية من خلال الدراسة التي أجريت على محطة طبرق لمعالجة مياه الصرف الصحي والنتائج التي تحصلنا عليها بهدف تقييم أداء المحطة بعد عمليات التطوير والتحديث التي شهدتها مؤخراً، ومدى امكانية استخدام المياه المعالجة في الري وبعض الأغراض الأخرى. وفي ضوء النتائج التي تم استعراضها آنفاً على متن هذه البحث يمكن القول بشكل عام أن المحطة تحظى بدرجة عالية من كفاءة المعالجة والتخلص من الملوثات، ويُعزى ذلك إلى:
- 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 وغيرها .
- أن المحطة تعمل بكامل طاقتها التصميمية والتي تبلغ قدرتها الاستيعابية 18,000 متر مكعب/يوم، في حين أن متوسط التدفق الفعلي للمحطة طبقاً لنتائج الدراسة خلال عامي (2011/2010) والنصف الأول من عام (2012) كان 8259.83 م3/يوم ، 8546.92 م3/يوم 9747.33 م3/يوم على التوالي.
- تعمل المحطة وفق المنظومة الجديدة في اطار تطوير أساليب المعالجة التي أُدخلت على المحطة في الآونة الأخيرة خلفاً للمحطة القديمة وهي المعالجة بطريقة أحواض التهوية والحمأة المنشطة بدلاً من أحواض الترشيح، والتي أثبتت كفاءة عالية.
- تتسم مياه الصرف الصحي في طبرق بأنها منزلية وتكاد تكون خالية من الصرف الصناعي، الأمر الذي يحد من نسب التلوث فيها.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

- تدفق كميات كبيرة من مياه الأمطار عبر شبكة الصرف الصحي خلال الشهور المطيرة في فصل الشتاء مما يؤدي إلى تخفيف الحمل العضوي في مياه الصرف الصحي.
- كفاءة الطاقم العلمي والفني والإداري القائم على شؤون إدارة المحطة.
- المتابعة الدورية والمراقبة المستمرة لخط سير العمل بوحدات المحطة المختلفة ومراقبة برامج التشغيل عن كثب.
- تضم المحطة مختبراً مركزياً على درجة عالية من التجهيزات يتم من خلاله تحليل العينات بشكل دوري لتحديد كفاءة المعالجة.
- ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن نظام المعالجة بطريقة أحواض التهوية والحمأة المنشطة أعلى كفاءة من نظم المعالجة الأخرى في مثل هذه الحالات.
- بمقارنة الدراسة التي أجريت على محطة طبرق من حيث النتائج التي أسفرت عنها التحاليل الكيميائية والفيزيائية لمياه الصرف الصحي وكفاءة أدائها بنظائرها في المنطقة الشرقية والتي أجريت عليها الدراسات في نفس الصدد وشملت محطة القوارشة ببنغازي والبريقة ورأس لانوف وغوط السلطان بالأبيار، فقد تبين أن نوعية مياه الصرف الصحي في طبرق أقل من حيث تركيز الملوثات، كما أن أداء محطة طبرق وكفاءتها قد فاق بكثير أداء المحطات المذكورة.

أيضاً في ضوء النتائج والدراسة التي أجريت على مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة تبين أن:

- أن مستويات تركيز العوامل المختلفة (الكيميائية والفيزيائية) أقل من نظائرها مقارنة بالمحطات الأخرى قبل وبعد عمليات المعالجة.
- متوسط قيم العوامل الفيزيائية مثل pH, EC, T أقل من الحدود المسموح بها في تحديد نوعية المياه المعالجة وإعادة استخدامها.
- انخفاض التركيزات الكيميائية لكل من SS, COD, BOD5 بالإضافة لبعض العوامل الأخرى في المياه المعالجة وزيادة نسبة كفاءة التخلص منها لتصبح مستوياتها أقل من الحدود المسموح بها وفق المقاييس والمعايير الدولية.(EPA, 2006)
- الزيادة النسبية لبعض العناصر المغذية مثل الفوسفور والنيتروجين، الأمر الذي قد يصاحبه نمو لبعض أنواع البكتيريا والطحالب والكائنات الأخرى غير المرغوب فيها .
- لقد أسفرت نتائج التحليل الكيميائي لتعيين تركيز الكاتيونات والأنيونات في المياه المعالجة وحساب معام ادمصاص الصوديوم وتركيز الأس الهيدروجيني والتوصيلية


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

الكهربائية، وذلك لتحديد جودة هذه المياه وامكانية تدويرها بأنها أقل أو في المستويات المسموح بها طبقاً للمعايير الدولية. ومن ثم فإنه يمكن استخدام هذه المياه في عمليات الري في بعض الحالات دون التخوف من حدوث أي أضرار.

- يُقدر متوسط كمية المياه المهدورة والضائعة سُدى بعد عمليات المعالجة في مياه البحر بحوالي 9500 متر/مكعب يومياً دون الاستفادة منها.

**المراجع**

[1]أحمد عبد الحليم محمد علي (2008): " هندسة الصرف الصحي للمخلفات السائلة " الهندسة البيئية قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة أسيوط.

[2]أحمد فيصل أصفري (1996): معالجة المياه العادمة، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي– الكويت

[3] أحمد فيصل أصفري وآخرون (1997): " منظومات الصرف الصحي ومعالجة مياه المجاري " الجمعية الكويتية لحماية البيئة – الكويت

[4] أحمد السروي (2007): " الصرف الصحي وتشغيل المحطات " دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة.

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

[6] أيمن محمد خليل إبراهيم السعدي (2000): إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة في المناطق الريفية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية (ري وهيدروليكا)، جامعة عين شمس – القاهرة.

[7] الصالحين محمد إدريس بوبكر (2010): تقييم معالجة المخلفات السائلة بمجمع الدواجن والأبقار غوط السلطان. دراسة مقدمة لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في علوم الهندسة البيئية، أكاديمية الدراسات العليا فرع بنغازي – ليبيا.

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

[9] 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.


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/yamt6090

[10] حسنية السيد محمود (1998): " دراسة الجوانب الاقتصادية لمشروع معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة القاهرة الكبرى " رسالة ماجستير غير منشورة، العلوم البيئية – قسم الاقتصاد والقانون والتنمية الإدارية ، معهد الدراسات والبحوث البيئية – جامعة عين شمس– القاهرة.

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

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

[13] Asano, T. (2002): Water from Wastewater-ESCWA (Economic and Social Commission for Western Asia) (2007): State of Water Resources I the ESCWA Region. E/ESCWA/SDPD/2007 /6.ISSN 1817-1990, ISBN 978-92-1-128314-3,07-0483 United Nation, New York, 2007

[14] Barens, D., Bliss, P. J., Gould, B. W. and Vallentine, H. P. (1981): Water and Wastewater Engineering Systems. Pittan International, Bath

[15] Cifuentes, E., Blumenthal, U., Ruiz-Palacios, G., and Bennett, S. (1991/1992):' Health Impact Evaluation of Wastewater Use in Mexico" Public Health Rev., 19, 243.

[16] Earth Policy Institute, Eco-economy Indicator (2001): Word Irrigated Area, http://www.earth-policy.org/Indicator7-data1.html

[17] ESCWA (Economic and Social Commission for Western Asia) (2007): State of Water Resources I the ESCWA Region. E/ESCWA/SDPD/2007 /6.ISSN 1817-1990, ISBN 978-92-1-128314-3,07-0483 United Nation, New York, 2007.

[18] 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.

[19] FAO, Food and Agriclture Organization of the United Nations (1992): " The Use of Saline waters for Crop Production, Irrigation and Drainage " Paper No 48, by Rhoades, J. D., Kandiah, A. and Mashall, A. M., Rome.

[20] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nation (2000):"Users Manual for Irrigation with Treated Wa


Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية