The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 3, Issue 1, January - March 2025
Page No: 200-212
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2024: 0.71 ISI 2024: 0.696

تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمشروع السواوة مصراتة - ليبيا باستخدام أحواض إمهوف

محمد أحمد معيتيق[1*]، عبد الرحمن عبد الله معيوف[2]، بشير محمد أبوفلغة[3]
[3,2,1] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة مصراتة، مصراتة، ليبيا

Design of a Wastewater Treatment Plant for the Sawwa Project, Misrata, Libya, Using Imhof Tanks

Mohamed Ahmed Meteeg[1*], Abdurrahman Abdallah Mayouf[2], Bashir Mohamed Abuflagha[3]
[1,2,3] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Misrata University, Misrata, Libya

*Corresponding author abdurrahman.m1988@gmail.com *المؤلف المراسل
تاريخ الاستلام: 2025-01-16 تاريخ القبول: 2025-03-06 تاريخ النشر: 2025-03-22

الملخص

في هذا البحث تم تصميم منظومة لمعالجة مياه الصرف الصحي بتقنية مبسطة لمشروع إسكاني يقع غرب مدينة مصراته لمعالجة تدفق يصل إلى 5906 م^3 يومياً وتتكون هذه المحطة من نموذج معالجة يعمل بتقنية حوض إمهوف، ومن أهم مميزات هذا النظام محدودية التكلفة، وسرعة التنفيذ، والجمع بين فصل المواد الصلبة عن السوائل، وتثبيت الحمأة في وحدة واحدة. حيث اعتمد هذا البحث على الدراسة المسحية للموقع من أعداد السكان المتوقعة للوحدات السكنية وكذلك الوحدات المكونة لمحطة المعالجة وإجراء الحسابات الخاصة بمعدلات الاستهلاك والصرف ويتم البدء في إعداد الحسابات التصميمية والتي تتلخص في تحديد حجم الجزء السفلي من الحوض، وعرض وطول الحوض العلوي الخاص بالترسيب، ومعدل التحميل السطحي، وعمق حوض الترسيب، وكذلك السرعة الأفقية للمياه بالحوض، والعمق الكلي للحوض السفلي، والعمق الكلي للحوض العلوي والسفلي ثم رسم مخطط توضحي للحوض ومسقط أفقي للحوض. ومن أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها من خلال هذا المشروع أن طرق المعالجة بالموقع واستخدام الطرق الطبيعية للمعالجة يعد أفضل من المعالجة المركزية من ناحية التكلفة الإجمالية والتشغيل والصيانة ويمكن استخدامها في حالة تعذر استخدام الطرق المركزية وخلال مرحلة تصميم المشروع يمكن تنفيذ حوض إمهوف وصندوق التوزيع، أما خنادق التصريف فيمكن تنفيذ جزء واحد منها كمرحلة أولى حيث يمكن تقسيم مساحة خنادق التصريف إلى أربعة أجزاء، وباقي الأجزاء يمكن تنفيذها في مراحل لاحقة حسب الإمكانيات المادية بالمنطقة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، احواض إمهوف، الحمأة المنشطة، معدل التحميل السطحي.

Abstract

In this research, a simplified technology wastewater treatment system was designed for a housing project located west of Misurata city to treat a flow of up to 5906 m3 per day. This station consists of a treatment model that works with Imhof basin technology. The most important features of this system are the limited cost, speed of implementation, and the combination of separating solids from liquids and stabilizing sludge in one unit. This research relied on a survey of the site from the expected population numbers of the housing units as well as the units that make up the treatment plant and conducting calculations for consumption and drainage rates. The design calculations are prepared, which are summarized in determining the size of the lower part of the basin, the width and length of the upper basin for sedimentation, the surface loading rate, the depth of the sedimentation basin, as well as the

horizontal speed of the water in the basin, the total depth of the lower basin, the total depth of the upper and lower basins, then drawing an illustrative diagram of the basin and a horizontal projection of the basin. One of the most important conclusions reached through this project is that on-site treatment methods and the use of natural treatment methods are better than central treatment in terms of total cost, operation and maintenance, and can be used in the event that central methods cannot be used. During the project design phase, the Imhof basin and distribution box can be implemented, while the drainage ditches can be implemented in one part as a first stage, as the drainage ditches area can be divided into four parts, and the remaining parts can be implemented in later stages according to the financial capabilities of the region

Keywords: Wastewater, Imhofe tanks, activated sludge, surface loading rate.

مقدمة

إن السعي نحو الربط الشامل للقرى والتجمعات السكانية الصغيرة المتباعدة بشبكات صرف صحي موحدة يعنى إنفاق موارد مالية كبيرة جداً على هذه الشبكات بغض النظر عن كلفة المعالجة. وإن تطبيق المعالجة بمكان ومصدر التلوث والاعتماد على وسائل بديلة عن نظام الصرف الصحي التقليدي أعطى حلولاً عملية لتفادي الإنفاق الهائل على مشروعات الصرف الصحي ومحطات المعالجة [1]. إن الحلول المستدامة للتجمعات الصغيرة اللامركزية يعنى توفير الكلفة وتجنب تلوث المياه السطحية وتلوث مصادر مياه الشرب، وتقليل المخاطر البيئية المحتملة، وأن قرب مكان معالجة مياه الصرف الصحي عن منشأ هذه المياه يوفر أموالاً كثيرة بسبب تجنب إنشاء شبكات صرف صحي ذات أطوال كبيرة [2].

يُعتبر تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمشروع السواوة في مصراتة، ليبيا، باستخدام أحواض إمهوف خطوة حيوية نحو تحسين البنية التحتية البيئية والصحية في المنطقة. تُعَدُّ محطات معالجة مياه الصرف الصحي من المنشآت الأساسية التي تهدف إلى إزالة الملوثات من المياه العادمة، مما يساهم في حماية الصحة العامة والبيئة. أحواض إمهوف، التي سُمِّيت نسبةً إلى مخترعها الألماني كارل إمهوف، هي نوع من الخزانات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي[3]. تتميز هذه الأحواض بتصميمها الذي يسمح بترسيب المواد الصلبة وفصلها عن المياه السائلة، مما يقلل من الحمأة ويحسِّن كفاءة المعالجة. تُستخدم هذه التقنية بشكل واسع في محطات المعالجة الأولية نظرًا لبساطتها وفعاليتها في إزالة المواد الصلبة القابلة للترسيب.

الهدف من البحث أو الدراسة

يهدف البحث إلى تصميم منظومة لمعالجة مياه الصرف الصحي بتقنية مبسطة لمشروع إسكاني يقع غرب مدينة مصراته لمعالجة تدفق يصل إلى 5906 م^3 يومياً، وتتكون هذه المنظومة من نموذج معالجة يعمل بتقنية حوض إمهوف، ومن أهم مميزات هذا النظام محدودية التكلفة، وسرعة التنفيذ والجمع بين فصل المواد الصلبة عن السوائل، وتثبيت الحمأة في وحدة واحدة. أما المياه المعالجة من حوض إمهوف يتم تصريفها خلال خنادق تحتوي على خطوط أنابيب ممتدة تحت الأرض بعمق 1.25 متر وبقطر لا يقل عن 10 سم يستفاد منها في ري أشجار الغابات وتحسين البيئة المحيطة بالموقع.

لقد أسفر البحث إلى أن تصميم حوض بسعة حوالي 1750 م^3، يمكن معالجة مياه الصرف الصحي لهذا التجمع السكني وإلى حين ربطه مع كامل منظومة المعالجة بالمدينة في المستقبل.

وصف منطقة البحث أو الدراسة

تعرف منطقة الدراسة عند العامة بمنطقة السواوة - زاوية المحجوب - مصراته. تقع على الطريق المحاذية للبحر والممتدة من منطقة زريق إلى قصر أحمد. أغلب الأراضي بالموقع مغطاة بكثبان رملية ويحتوي على مباني سكنية وورش وبعض مصانع مواد البناء، بالإضافة إلى مساحات مزروعة ومشجرة وتبلغ المساحة الإجمالية للموقع 268.644 هكتار.

وحدود الموقع شمالاً طريق البحر، وشرقاً تقع المنطقة المخصصة لجامعة مصراتة من جزء وطريق زاوية المحجوب من الجزء الآخر، وجنوباً طريق رقم (8)، وغرباً طريق معبدة. كما موضحة بالمسقط الأفقي للمنطقة شكل (1).

شكل (1): موقع المشروع يبين موقع محطة المعالجة والتجمع السكني.

يبلغ عدد سكان المنطقة حالياً حوالي 30000 نسمة موزعين على كامل مساحتها، وتتوفر بالمنطقة كافة الخدمات التي يحتاجها الأفراد كما أنه يوجد بها العديد من الأنشطة التجارية والصناعية المختلفة والمتنوعة. والشكل (2) يوضح موقع المحطة المقترحة لمنطقة الدراسة، وسبب اختيار هذا الموقع وجود مساحة خالية يمكن الاستفادة منها في انشاء محطة المعالجة.

شكل (2): يوضح موقع المحطة المقترحة لمنطقة الدراسة

أهمية البحث

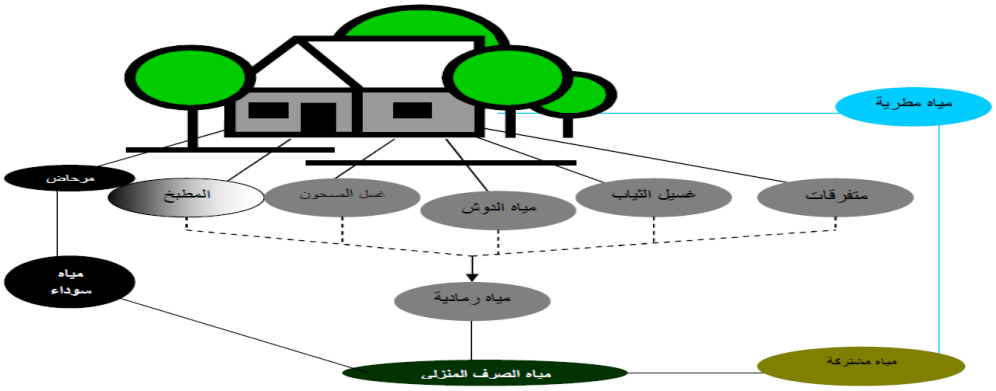
- تصريف مياه الصرف الصحي الناتجة من التجمع السكني بمنطقة الدراسة بطريقة اقتصادية وآمنة.
- استخدام تقنيات مبسطة واقتصادية بالموقع لمعالجة الصرف الصحي.

منهجية البحث

اعتمد هذا البحث على الدراسة المسحية للموقع من أعداد السكان المتوقعة للوحدات السكنية وكذلك الوحدات المكونة لمحطة المعالجة وحساب معدلات الصرف والاستهلاك لكل مكونات منطقة الدراسة.

المخلفات السائلة لمياه الصرف وطرق معالجتها

مع ازدياد الاحتياج إلى المياه سواء بالنسبة للاستعمال المنزلي أو لاحتياجات الصناعة. وهذه المياه بعد استعمالها تصرف كمخلفات سائلة، وبالتالي فزيادة استعمال المياه يصحبه زيادة في الملوثات وما يصحب ذلك من مشاكل سواءً في تنقية المياه أو في معالجة المخلفات السائلة، والشكل (3) يوضح التركيبات الصحية المنزلية المختلفة [5].



شكل (3): المياه المستعملة من التركيبات الصحية المنزلية مثل أحواض الدش والحمام وغسيل الأيدي والمراحيض وأحواض المطبخ والأجهزة الأخرى.

بينما الشكل (4) يوضح تلوث الهواء والمياه بسبب المخلفات الصناعية، وللصناعة نفسها تتغير مكونات المخلفات مع تغير المواد التي تستحدث في عمليات التصنيع. ولا يسمح بصرف المخلفات الصناعية بشبكات الصرف الصحي إلا إذا توافرت فيها شروط معينة حددها القانون المصري رقم 93 لسنة 1962 في شان تصريف المتخلفات السائلة، ويحدد هذا القانون المعايير والمواصفات التي يجب توافرها في المخلفات السائلة، ويحدد هذا القانون المعايير والمواصفات التي يجب توافرها في المتخلفات السائلة التي يرخص بصرفها في المجاري العامة [6,7].

شكل (4): يوضح تلوث الهواء والمياه بسبب المخلفات الصناعية.

5. التغير في كمية مياه الصرف الصحي

تتغير معدلات التصريف حسب تغير معدلات استهلاك المياه التي تتغير بصفة مستمرة على مدى اليوم الكامل وعلى مدى فصول السنة. ومعرفة أكبر معدلات التصريف وأصغرها في الأوقات المختلفة له أهمية كبيرة في تصميم جميع أعمال الصرف الصحي، لتأثير التصرفات المتغيرة على سرعة المياه في مواسير الصرف، وكفاءة التشغيل في وحدات المعالجة [8].

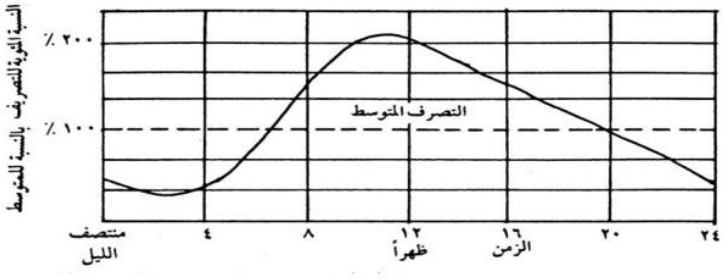
ويبين الشكل (5) تغيير تصرفات مياه المجاري للمنطقة خلال يوم كامل، ويمكن الاسترشاد بالنسب الآتية في إيجاد العلاقة بين التصرفات المتغيرة اليومية والموسمية:

1- التصرفات القصوى اليومية = 1.5 التصريف المتوسط الصحي..

2- التصرفات القصوى اليومية للتجمعات السكنية الصغيرة = (2 – 3) التصريف المتوسط.

3- أقصى تصرف في الساعة = (3 – 5) التصرف المتوسط في الساعة وتعتمد القيمة الفعلية على حجم المدينة.

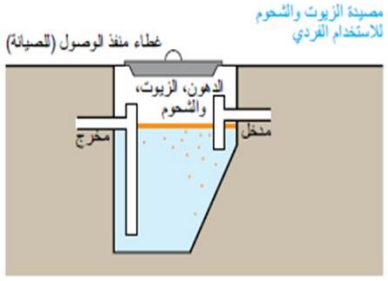
4- أدنى تصرف يومي = (60 – 75) ٪ من التصريف المتوسط [1].



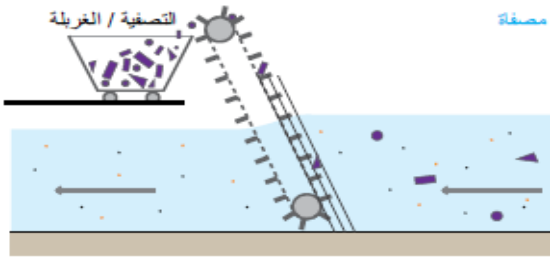
شكل (5): التغيير في معدلات التصريف [1].

المعالجة التمهيدية (الابتدائية)

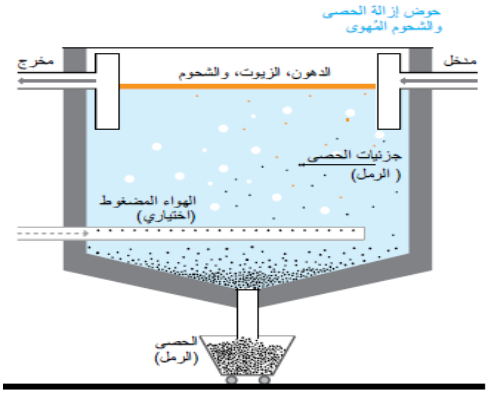
هي عملية الإزالة التمهيدية لمكونات من مياه الصرف الصحي أو الحمأة، مثل: الزيوت، والشحوم والمواد الصلبة المختلفة على سبيل المثال:(الرمل والألياف والقمامة)، والشكل (6) يوضح مصيدة الزيوت والشحوم للاستخدام الفردي، بينما يوضح الشكل (7) المصفاة (الغربلة) لمنع المواد الصلبة الكبيرة، بينما يوضح الشكل (8) حوض إزالة الحصى والشحوم المهوى[9-12] .



شكل (6): يوضح مصيدة الزيوت والشحوم للاستخدام الفردي.



شكل (7): التصفية (الغربلة) لمنع المواد الصلبة الكبيرة من دخول نظام الصرف الصحي.



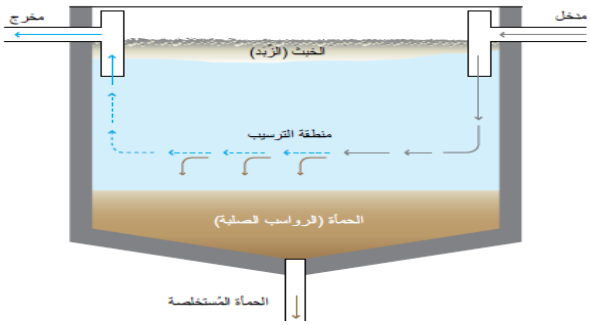
شكل (8): يوضح حوض إزالة الحصى والشحوم المهوى.

المعالجة الأولية

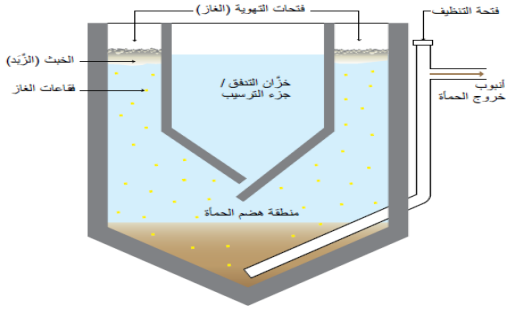
تهدف بشكل عام على إنجاز تخفيض جزئي للملوثات العضوية BOD. من أهم وحدات هذه المرحلة أحواض إمهوف - أحواض التحليل.

طرق معالجة المياه الملوثة الناتجة عن التجمعات الصغيرة

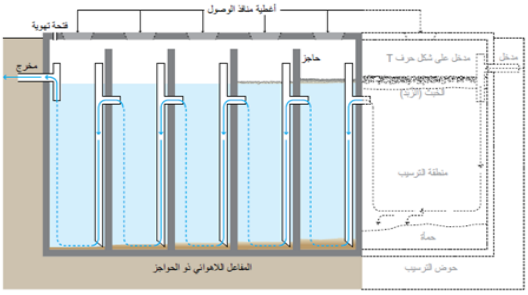
إن المخلفات البشرية تحتوي على عوامل ممرضة كثيرة ومتنوعة تسبب الأمراض. ولهذا السبب فإن مراقبة وضبط هذه المخلفات الموجودة في مياه الصرف الصحي المنزلي تمنع وصول العوامل الممرضة إلى المياه، حيث أنها تعيش هناك ضمن المياه لفترة طويلة مقارنة مع فترة حياتها على اليابسة وبذلك تشكل خطراً على صحة الإنسان لفترة أطول. وإن فصل هذه المخلفات وتجنب تمديدها ضمن المياه الناقلة يعتبر ميزة كبيرة. حيث أن تحلل هذه المواد الصلبة المفصولة يكون سهلاً وبذلك يمكن معالجتها بيولوجياً حيث أثناء التحلل الهوائي للمادة العضوية بوجود الأوكسجين تنتج حرارة، وهذه الحرارة المنتجة ذاتيا تؤدي بدورها إلى قتل الميكروبات الموجودة في المخلفات الصلبة [11-13]. وهناك طرق وأنظمة كثيرة للمعالجة تفي بالغرض في عمليات معالجة، والشكل (9) يوضح حوض الترسيب. بينما بوضح الشكل (10) حوض أمهوف حيث تعالج هذه الأحواض تدفقات مياه مجاري أكبر من 3 (متر مكعب) لكل يوم. والمياه الخارجة منها تحتاج الى معالجة اضافية. تحوي هذه الأحواض على قسم ترسيب يقع فوق قسم هضم الحماة لاهوائياً، هذ القسم يحجز المياه الداخلة لمدة ساعتين ويتم التخلص من جزء من الحمأة مرة 30 يوم الحمأة المزالة وتوضع في أحواض تجفيف الحمأة من أجل التأكد من القضاء على كل العوامل الممرضة [14-17]. بينما الشكل (11) يوضح المفاعل الهوائي ذو الحاجز، لإزالة وهضم المواد العضوية باستخدام خزان التحليل (التخمير) التقليدي، وبينما يوضح الشكل (12) المرشح اللاهوائي، وبينما الشكل (13) يوضح عملية الحماة المنشطة.



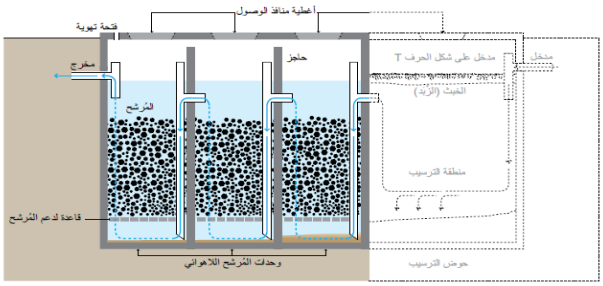
شكل (9): يوضح حوض الترسيب.



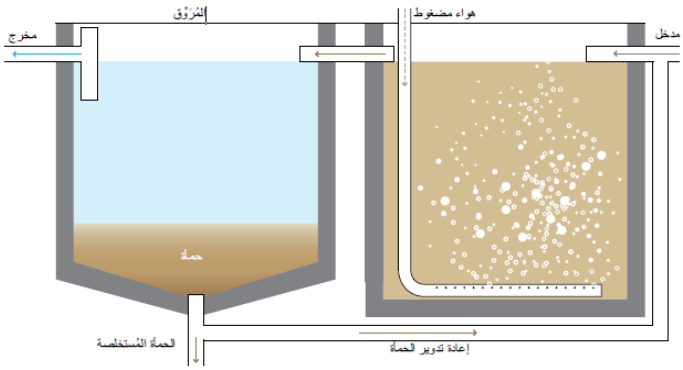
شكل (10): يوضح حوض إمهوف.



شكل (11): يوضح المفاعل الهوائي ذو الحاج.



شكل (12): يوضح المرشح اللاهوائي.



شكل (13): يوضح عملية الحماة المنشطة [5].

حساب تعداد السكان

عند حساب تعداد السكان المستقبلي لمنطقة الدراسة تم ايجاد مشكلة وهي أن تعداد السكان للسنوات السابقة غير متوفر وكذلك التعداد الحالي وذلك لأن منطقة الدراسة عبارة عن وحدات سكنيه قيد الإنشاء وأنها لا تتحمل الزيادة في المستقبل، بالتالي سوف يتم التصميم على التعداد الحالي للمنطقة من غير استعمال طرق حساب التعداد المستقبلي للسكان.

أ. حساب التعداد الحالي لمنطقة الدراسة

بمعلومية عدد الوحدات السكنية للمشروع والذي يشمل 5000 وحدة سكنيه ومتوسط عدد أفراد العائلة (6) أفراد. فإن:

التعداد الحالي = عدد الوحدات × (متوسط عدد أفرد العائلة)

متوسط عدد أفراد العائلة في ليبيا يتراوح (من 5 إلى 7).

التعداد الحالي لسنة 2022 = 5000 * (6) = 30000 نسمة.

ب. حساب معدل الاستهلاك الكلي للفرد في اليوم لمنطقة الدراسة

لحساب استهلاك الفرد في منطقة الدراسة استوجب فرض قيم للاستهلاك الكلي للمنشآت التجارية والصناعية والعامة وكذلك معرفة ما يستهلكه كل منشأ في اليوم. والجدول (1) التالي يوضح متوسط احتياجات المياه للمباني.

جدول (1): متوسط احتياجات المياه للمباني.

نوع المبنى	الاحتياج الكلي من المياه (لتر/شخص/يوم)
الوحدات السكنية	280 - 100
مطاعم و الكافتريات (لكل وجبة)	35
المستشفيات (لكل سرير في اليوم)	300 - 220
مدارس (لكل تلميذ)	100
أماكن الاجتماعات	10
الفنادق (لكل غرفة)	240 - 100
مبنى المكاتب (8 ساعات عمل)	75 - 45
مساجد (لكل زائر)	40 - 25
السينما والمسرح (لكل كرسي)	15 - 10

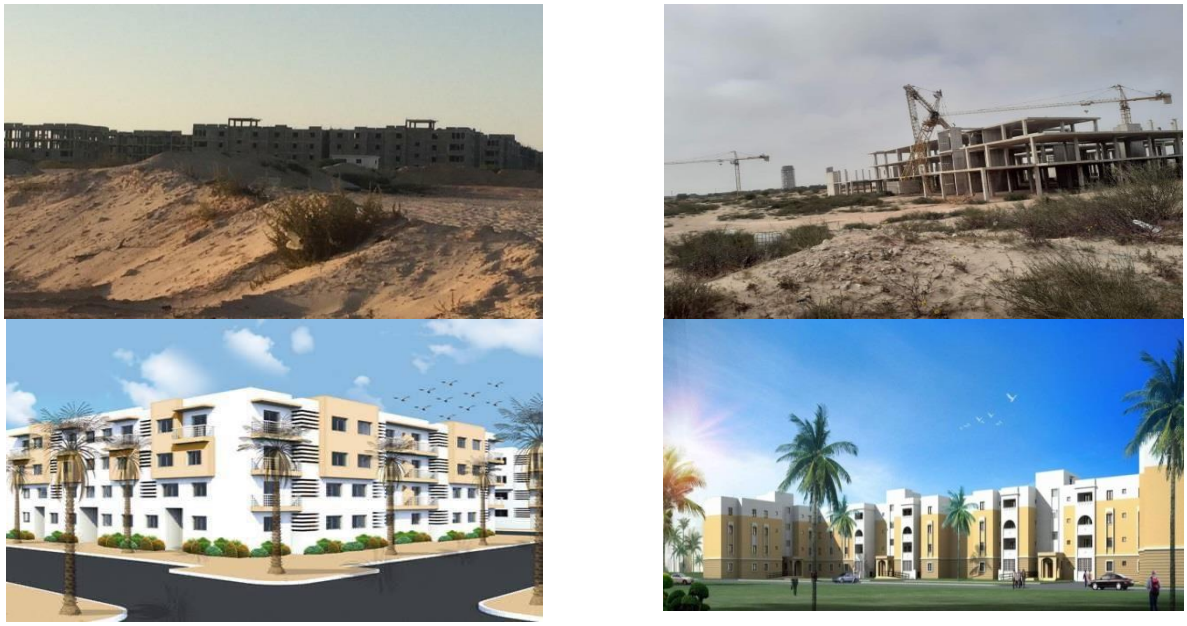
ج. مكونات منطقة الدراسة

يتكون مشروع السواوة من (5000) وحدة سكنية و(63) مبنى خدمي مفصل بالعدد في الجدول (2).

جدول (2): المباني الخدمية لمشروع السواوة (مصراتة).

المباني الخدمية	العدد
روضة أطفال	15
مدرسة ابتدائية	8
مدرسة اعدادية	4
مدرسة ثانوية	2
مستشفى	1
وحدة رعاية صحية	8
قاعات مناسبات	1
مبنى بريد	1
مبنى مطعم	3
مسجد كبير	1
مسجد متوسط	1
مساجد صغيرة	4
مبنى مصرف	2
مركز تجاري	6
مركز شرطه	2
مبنى سينما	1
مبنى اداري	3
الاجمالي	63

بعض الصور للمباني الخدمية بمنطقة الدراسة قيد الانشاء وأثناء مرحلة الانشاء وبعد الانتهاء كما موضح في الشكل (14).



شكل (14): صور للمباني المشروع.

1 - حساب الاستهلاك المنزلي

بدلالة عدد الأفراد الذين يقطنون في هذه المساكن نفرض أن متوسط معدل الإستهلاك اليومي حوالي 200 لتر / شخص / اليوم. ويمكن زيادة هذا الرقم إلى 250 لتر/ شخص/ اليوم. في حالة اعتبار التطور الحضاري للمجتمع.

2 - حساب الاستهلاك والصرف الصناعي والتجاري

يتم تحويل الاحتياجات الصناعية والتجارية إلى احتياجات صرف (لتر / شخص / اليوم) وذلك من خلال جمع معدلات الاستهلاكات اليومية للأنشطة المختلفة وتحويلها الى معدلات صرف. حيث تم فرض عدد الوحدات لبعض مرافق المنطقة لعدم توفر البيانات الكافية.

والجدول رقم (3) يوضح حساب معدل الاستهلاك والصرف اليومي لكل منشأ من المنشآت التجارية والصناعية والعامة والتي تم الحصول عليها من خلال سجل المشروع بجهاز الإسكان والمرافق مصراته.

جدول (3): حساب معدل الاستهلاك والصرف اليومي لكل منشأ

نوع المنشأ	عدد الوحدات	عدد الأفراد (لكل وحدة)	عدد الافراد الكلي	معدل استهلاك المياه (لتر/فرد/يوم)	معدل الصرف 80% (لتر/فرد/يوم)	متوسط معدل الصرف الكلي (لتر/فرد/يوم)
وحدات سكنية	5000	6 (لكل فرد)	30000	200	160	4800000
روضة أطفال	15	334 (لكل تلميذ)	5010	85	68	340680
مدرسة ابتدائية	8	334 (لكل طالب)	2672	85	68	181696
مدرسة اعدادية	4	334 (لكل طالب)	1336	85	68	90848
مدرسة ثانوية	2	334 (لكل طالب)	668	85	68	45424
مستشفى	1	250 (لكل سرير)	250	600	480	120000
وحدة رعاية صحية	8	50 (لكل سرير)	400	380	304	121600
قاعات مناسبات	1	400 (لكل فرد)	400	10	8	3200
مبنى بريد	1	75 (لكل موظف)	75	25	20	1500
مبنى مطعم	3	130 (لكل زبون)	390	35	28	10920
مسجد كبير	1	1800 (لكل زائر)	1800	60	48	86400
مسجد متوسط	1	900 (لكل زائر)	900	60	48	43200
مساجد صغيرة	4	150 (لكل زائر)	600	60	48	28800
مبنى مصرف	2	100 (لكل موظف)	200	25	20	4000
مركز تجاري	6	70 (لكل موظف)	420	35	28	11760
مركز شرطه	2	250 (لكل موظف)	500	25	20	10000
مبنى سينما	1	100 (لكل كرسي)	100	15	12	1200
مبنى اداري	3	80 (لكل موظف)	240	25	20	4800
الإجمالي						5906028

اجمالي متوسط معدل الصرف الصناعي والتجاري اليومي للشخص:

$$\frac{5906028}{1000} = 5906.028 \text{ متر مكعب / اليوم}$$

اختيار التصميم والتقنية المناسبة لمنطقة الدراسة

تم في هذه الدراسة اختيار تقنية حوض إمهوف Imhoff Tank لمعالجة مياه الصرف الناتج من التجمع السكاني (5000 وحدة سكنية)، كما ذكرت آنفاً حيث يعمل على نفس آلية خزان التحليل ولكن يستعمل لتدفق أعلى من خزنات التحليل، وينصح باستخدامه وتكون تكاليف التنفيذ أقل مقارنة بتكاليف معالجة مياه الصرف الصحي الأخرى. وكذلك تكاليف التشغيل منخفضة حيث لا تحتاج إلى معدات ميكانيكية معقدة وعمالة فنيه ماهرة. ويمكن استخدام المياه المعالجة من حوض إمهوف في ري أشجار الغابات وتحسين البيئة العامة، والشكل (15) يوضح أحوض إمهوف على أرض الواقع.

شكل (15): صور تبين أحواض إمهوف على أرض الواقع.

الحسابات التصميمية لمنطقة الدراسة

بعد عملية جمع المعلومات اللازمة لتصـــميم محطة المعالجة وإجراء الحســـابات الخاصـــة بمعدلات الاستهلاك والصرف وتحديد الطريقة التي ستستخدم في عملية المعالجة لمنطقة الدراسة، يتم البدء في إعداد الحسابات التصميمية والتي تتلخص في تحديد حجم الجزء السفلي من الحوض، وعرض وطول الحوض العلوي الخاص بالترسيب، ومعدل التحميل السطحي، وعمق حوض الترسيب، وكذلك السرعة الأفقية للمياه بالحوض، والعمق الكلي للحوض السفلي، والعمق الكلي للحوض العلوي والسفلي ثم رسم مخطط توضحي للحوض شكل (16) مع رسم المسقط الأفقي كما موضح في الشكل (17).

أ. اعتبارات التصميم لاستخدام تقنية حوض إمهوف

يتم بناء حوض إمهوف عادة تحت الأرض بالخرســـانة المســـلحة، ويمكن أيضـــا أن يبني فوق ســـطح الأرض، مما يجعل إزالة الحماة أســـهل بســـبب الجاذبية، ولكنه في هذه الحالة يحتاج إلى ضـــخ التدفقات الســـائلة الداخلة إليه من أعلى، زمن البقاء الهيدروليكي (HRT) في العادة لا يكون أكثر من 2 إلى 4 ساعات للحفاظ على مياه التدفقات السائلة الخارجة بخصائص هوائية مناسبة للمعالجة التالية.

ب. أسس التصميم لأحواض إمهوف

- تستخدم الأسس المتبعة في تصميم أحواض الترسيب العـادية، وذلك بالنسبة للجزء العلوي من الحوض المستخدم للترسيب. ويزيد على ذلك التحكم في طول الحوض بحيث لا يزيد عن 30 متر لضمان توزيع الرواسب على طول الحوض. ويتراوح عمق الجزء العلوي بين (2.5 - 4) متر ليصل العمق الكلي للحوض إلى 12 متر.
- حجم الجزء السفلي من الحوض يصمم على أساس (35 - 40) لتر/شخص.
- عرض الحوض العلوي الخاص بالترسيب يساوي (70 - 75) ٪ لتر / شخص من العرض الكلي للحوض السفلي.
- ميـول جـوانب حـوض الترسيب يكـون 1.25 رأسي إلى واحد أفقي.
- عرض الفتحات بين الحوضين العلوي والسفلي (15 - 20) سم.
- توجد فتحات طولية على جانبي - حوض الترسيب للمواد الطافية وتصريف الغازات الناتجة من التحلل.
- يكون القاع على شكل أهرامات مقلوبة ناقصة كما هو موضح بشكل (4-1) بميول 1: 1 لسهولة تجميع وتصريف الرواسب.
- يترسب بالأحـواض (60 - 65) ٪ من المواد العـالقـة، وحـوالي 40 % من الأوكسجين الحيوي المستهلك.
- يكون تصريف الرواسب بصفة دوريـة كـل مـدة تتراوح بين (4-6) أسابيع حسب درجة الحرارة، وعند تصريف الرواسب يتم سحب الجزء السفلي الأكثر تثبيتاً. ويترك نسبة من الرواسب كخميرة بها بكتريا لاهوائيـة لما يترسب ذلك. ويكون تصريف الحمأة من القاع بمواسير قطر حوالي 20 سم تخرج من الحوض في منسوب ينخفض عن سطح المياه مسافة حوالي بعد 150 سم.
- يمكن تجميع الغازات الناتجة من عملية تحليل المواد العضـويـة بالقاع، بتغطية الفتحات الجانبية الطولية وتوجيه الغازات إلى حيث يمكن تجميعها لاستخدامها في الأغراض المختلفة.

- حجم الغاز الناتج من عملية تحلل الحماة الابتدائية يكون (14-37) لتر / شخص / يوم، بمتوسط 25 لتر / شخص / يوم.

ج. معايير التصميم لإنشاء خزان إمهوف للتجمع السكاني

الجدول رقم (4) يبين معايير التصـــميم الأولية لحوض إمهوف، بينما الجدول رقم (5) يبين النتائج التي تم التوصل إليها لأبعاد حوض إمهوف المقترح للتجمع السكني خمسة ألاف وحدة سكنية بكامل ما رافقه.

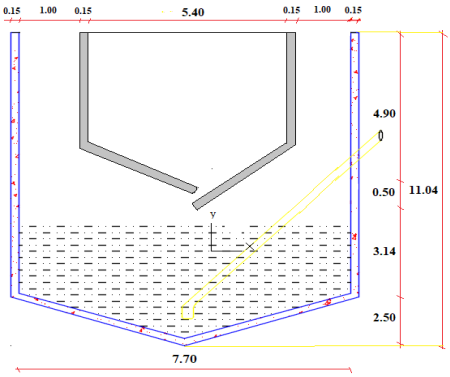
جدول (4): معايير التصميم الأولية لحوض إمهوف.

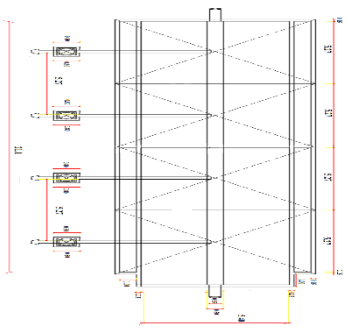
معايير التصميم الاولية	
عدد السكان	30000 نسمة
متوسط الاستهلاك اليومي للمياه	200 لتر/فرد/يوم
الأكسجين الحيوي المستهلكBOD	250 ملجم/لتر

جدول (5): يبين النتائج التي تم التوصل إليها لأبعاد حوض إمهوف المقترح للتجمع السكني خمسة ألاف وحدة سكنية بكامل ما رافقه.

الجزء العلوي للحوض	
حجم الجزء العلوي	307.2 $م^3$
العمق بدون المسافة الحرة	3.4 م
معدل التحميل السطحي	25.9 م
السرعة الأفقية للمياه بالحوض	0.14 متر/ دقيقة
العمق الكلي للحوض	4.9 م
طول الحوض	21.1 م
عرض الحوض	5.4 م
الجزء السفلي للحوض	
العرض الكلي للحوض	7.7 م
طول الحوض	5.27 م
مساحة القاعدة السفلى للهرم	1.08 $م^2$
عمق الخزان من الاسفل للهرم بزاوية 45	2.5 م
حجم الهرم السفلي للحوض	49.36 $م^3$
حجم الجزء السفلي من الحوض	1440 $م^3$
عمق الجزء السفلي	6.14 م
العمق الكلى للحوض العلوي والسفلي	11.04م

بعد اتمام الحسابات التصميمة للحوض ومعرفة أبعاده، يتم رسم جميع الأبعاد على الشكلين التاليين:





شكل (16): شكل توضحي لأبعاد حوض إمهوف.

شكل (17): المسقط الأفقي لحوض إمهوف.

الاستنتاجات

- إن طرق المعالجة بالموقع واستخدام الطرق الطبيعية للمعالجة يعد أفضل من المعالجة المركزية من ناحية التكلفة الإجمالية والتشغيل والصيانة ويمكن استخدامها في حالة تعذر استخدام الطرق المركزية.
- تشـكيل منظومات تجميع ومعالجة مياه الصـرف الصـحي التقليدية أو المركزية الخيار الوحيد المقبول لتجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي حيث أن التركيز على هذا الخيار يعرقل أو يبطئ من انتشـــار الخدمة نتيجة التكاليف العالية المطلوبة، حيث يلزم التوجه الجدي نحو المعالجة المنفردة بالمكان للمنازل عبر نماذج حديثة وفعالة من أحواض التحليل وأحواض إمهوف، والاستفادة من خبرة الدول المطبقة لأنظمة نقل مياه الصرف الصحي الحديثة الخاصة بالتجمعات القروية والتجمعات ذات المنازل المتباعدة أو ذات الطبيعة الصـــخرية التي توفر 50 % تقريباً من كلفة تنفيذ شبكة الصرف الصحي التقليدية.
- خلال مرحلة تنفيذ المشروع يمكن تنفيذ حوض إمهوف وصندوق التوزيع، أما خنادق التصريف فيمكن تنفيذ جزء واحد منها كمرحلة أولى حيث يمكن تقسيم مساحة خنادق التصريف إلى أربعة أجزاء، وباقي الأجزاء يمكن تنفيذها في مراحل لاحقة. حسب الإمكانيات المادية بالمنطقة.
- تصـــميم وإنشـــاء نظام معالجة يعمل بتقنية خزنات إمهوف لمعالجة التدفق الناتج من التجمع السـكني تم تقديره حوالي (5906 م^3 /يوم) إلى حين يتم تشـــغيل المحطة القائمة للمدينة وربط التجمع السكني بها.

التوصيات

- ضرورة عمل دراسة حديثة لمعرفة القيمة الحقيقية لمعدلات الاستهلاك والصرف اليومي للفرد داخل ليبيا، ومدى اختلاف هذا المعدل بين مدنها المختلفة.
- عمل دراسة جدوى اقتصادية لهذا المشروع، لتحديد العمر الافتراضي الأمثل.
- إعادة إجراء الحسـابات التصـميمية للمحطة باختيار طرق أخرى من طرقة المعالجة، ومقارنة النتائج المتحصل عليها.
- عمل دراســة لربط المحطة مع أقرب وحدة معالجة بالمنطقة وربطها بمحطة الضــخ الرئيســة بالمدينة.

المراجع

[1] A. Di Sabatino, G. Damiani, G. Ercolino, F. Rossi, and L. Ruggieri, “Responses of Freshwater Invertebrates to Imhoff Tank Sewage Effluents: A Preliminary Study in Four Watercourses with Different Ecological Status (Abruzzo, Central Italy),” *Sustainability*, vol. 16, no. 6, p. 2452, Jan. 2024, doi: https://doi.org/10.3390/su16062452.

[2] Iwan Hermawan, H. G. Budiman, and Octaviadi Abrianto, “Solutions for urban sanitation: A case study of Imhoff tank technology in Bandung, Dutch East Indies (1917–1938),” *History of science and technology*, vol. 14, no. 1, pp. 126–151, Jun. 2024, doi: https://doi.org/10.32703/2415-7422-2024-14-1-126-151.

[3] P.Anagnostopoulos, V.Avgitidis, and E.Katsonis, “A Wastewater Treatment Plant With The Reed-bed Technology,” *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 48, Jan. 1970, doi: https://doi.org/10.2495/wrm010131.

[4] J. R. Adhikari and S. P. Lohani, “Design, installation, operation and experimentation of septic tank – UASB wastewater treatment system,” *Renewable Energy*, vol. 143, pp. 1406–1415, Dec. 2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.059.

[5] G. Libralato, A. Volpi Ghirardini, and F. Avezzù, “To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management,” *Journal of Environmental Management*, vol. 94, no. 1, pp. 61–68, Feb. 2012, doi: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.010.

[6] Behnam Askari Lasaki, P. Maurer, and Harald Schönberger, “Uncovering the Reasons

behind High-Performing Primary Sedimentation Tanks for Municipal Wastewater Treatment: An In-Depth Analysis of Key Factors," *Journal of environmental chemical engineering*, pp. 112460–112460, Mar. 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.112460.
[7] Riccardo Boiocchi, Matia Mainardis, Elena Cristina Rada, M. Ragazzi, and Silvana Carla Salvati, "Carbon Footprint and Energy Recovery Potential of Primary Wastewater Treatment in Decentralized Areas: A Critical Review on Septic and Imhoff Tanks," *Energies*, vol. 16, no. 24, pp. 7938–7938, Dec. 2023, doi: https://doi.org/10.3390/en16247938.
[8] D. J. Rigby, "Fully Enclosed Wastewater Treatment Plants Require Special Design Considerations," *World Environmental and Water Resources Congress 2011*, pp. 522–534, Jun. 2021, doi: https://doi.org/10.1061/9780784483466.047.
[9] None Junaidi, None Sudarno, and R. Santoso, "Physical and Chemical Treatability Study in Wastewater Treatment Plant Design (Case Study: Leather Tanning Industry)," *IOP conference series. Earth and environmental science*, vol. 1268, no. 1, pp. 012025–012025, Dec. 2023, doi: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1268/1/012025.
[10] S. Alnahhal, S. Afifi, and G. Seliger, "Development of Low Cost Solid-Liquid Separation Prototype Used for Recovering Nutrients from Wastewater in the Gaza strip," *Procedia Manufacturing*, vol. 21, pp. 599–606, 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.161.
[11] J. Rouse, "Development of Environmentally Sustainable Methods for Treatment of Domestic Wastewater and Handling of Sewage Sludge on Yap Island," *Sustainability*, vol. 7, no. 9, pp. 12452–12464, Sep. 2015, doi: https://doi.org/10.3390/su70912452.
[12] C. Cossio *et al.*, "Wastewater management in small towns – understanding the failure of small treatment plants in Bolivia," *Environmental Technology*, vol. 39, no. 11, pp. 1393–1403, Jun. 2017, doi: https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1330364.
[13] M. E. Gabr, "Design methodology for sewage water treatment system comprised of Imhoff 's tank and a subsurface horizontal flow constructed wetland: a case study Dakhla Oasis, Egypt," *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, vol. 57, no. 1, pp. 52–64, Jan. 2022, doi: https://doi.org/10.1080/10934529.2022.2026735.
[14] L. B. Sing, M. Salleh, C. B. Guan, M. H. Abdul Hamid, and A. K. Mohd Din, "Reversing clogging in Imhoff tanks by catalyzed hydrogen peroxide treatment," *Water Practice and Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 355–360, Jun. 2015, doi: https://doi.org/10.2166/wpt.2015.042.
[15] M. Ragazzi, R. Catellani, E. Rada, V. Torretta, and X. Salazar-Valenzuela, "Management of Urban Wastewater on One of the Galapagos Islands," *Sustainability*, vol. 8, no. 3, p. 208, Feb. 2016, doi: https://doi.org/10.3390/su8030208.
[16] C. Cossio, J. Norrman, J. McConville, A. Mercado, and S. Rauch, "Indicators for sustainability assessment of small-scale wastewater treatment plants in low and lower-middle income countries," *Environmental and Sustainability Indicators*, vol. 6, p. 100028, Jun. 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100028.
[17] M. E. Gabr, "Design methodology for sewage water treatment system comprised of Imhoff 's tank and a subsurface horizontal flow constructed wetland: a case study Dakhla Oasis, Egypt," *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, vol. 57, no. 1, pp. 52–64, Jan. 2022, doi: https://doi.org/10.1080/10934529.2022.2026735.