

جامعة الجميع الذكية



كلية الإدارة

قسم/ تخصص إدارة مشاريع

أثر تطوير أدوات الجودة على الإجراءات التشغيلية لمحطات تنقية المياه

في مدينة ينبع

The impact of developing quality tools on the

Operational procedures of water purification plants in Yanbu

City

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في إدارة المشاريع

إعداد

221000650

احمد سليمان العوفي

221000561

عبد الله علي الجديد

إشراف

د. وليد سليمان

1444/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المستخلص

مع تزايد النمو السكاني بالمملكة العربية السعودية، تزداد الحاجة لتوفير مياه صالحة للشرب والاستعمال البشري كل هذا يتطلب محطات معالجة ذات كفاءة عالية تلي احتياجات الزبائن المتزايدة وأيضاً توقعاتهم بتقديم المزيد من الخدمة للمجتمع بأقل تكلفة ممكنة. من جهة أخرى، هذه المحطات تستهلك كميات عالية من الطاقة بالإضافة الى تكاليف الصيانة والتشغيل العالية جراء الأعطال الطارئة التي تسبب بدورها في انخفاض الإنتاج وخروج بعض الوحدات عن العمل. استدعى ذلك القيام بالعمل على تحسين الإجراءات التشغيلية والصيانة في محطات معالجة المياه البالغ عددها ثلاثة عشر وحدة، التابعة جميعها لشركة مرافق، وذلك بجمع بيانات المعدات وحصر ومعرفة تكاليف الصيانة والتشغيل ومعدل استهلاك الطاقة لهذه المعدات. يلي ذلك تحليل هذه البيانات بالاستعانة بأدوات الجودة السبع الأساسية وأدوات الجودة الجديدة للإدارة والتخطيط للوصول للهدف المرجو وإيجاد الحلول وعرض النتائج وذلك باستخدام برنامج الميني تاب Minitab . ومن ثم، سيتم مشاركة النتائج على جميع المحطات التابعة لشركة مرافق في المناطق الأخرى.

Abstract

With the increasing population growth in the Kingdom of Saudi Arabia, its need to provide potable water for drinking and human use. All of this requires highly efficient treatment plants that meet the growing needs of customers as well as their expectations by providing more services to society with the lowest possible cost. On the other hand, these plants consume high amounts of energy, in addition to high operating and maintenance costs due to emergency defects, which in cause a decline in production and shutdown of some units. This necessitated to improving the operational and maintenance procedures in the thirteen units of water treatment plants, all of which belong to Marafiq Company, by collecting equipment data, counting and knowing the maintenance and operation costs and the rate of energy consumption for these equipment. Then analyze this data by using the seven basic quality tools and the new quality tools for management and planning to reach the desired goal, and finding the solutions then presenting the results, which is using the Minitab program. Then, the results will be shared to the rest of the Marafiq stations in other regions

الشكر والتقدير

الحمد لله أولاً الذي يسر لي إتمام هذا البرنامج

أتقدم بخالص شكري وتقديري إلى كل من له فضل علي في كتابة هذا البحث المتواضع فجزاهم

الله عني خير الجزاء.

أشكر جامعة ميدأوشن على إتاحة هذه الفرصة لي بالالتحاق ببرنامج ماجستير إدارة المشاريع،

هذا التخصص الفريد من نوعه والمتميز

وأقدم بشكر خاص لسعادة الأستاذ الدكتور عبد الرحمن المحيميد رئيس الجامعة والأعضاء

الإداريين على ما يقومون به من جهود جبارة في إنجاح هذه الجامعة والشكر موصول أيضاً لأعضاء هيئة

التدريس الأفاضل على جهودهم في إنجاح هذا البرنامج وعلى ما قدموه لنا من علوم ومعرفة في هذا المجال.

إلى هؤلاء جميعاً أقول لهم شكراً من القلب

الفهرس

المستخلص	٣
Abstract	٤
الشكر والتقدير	٥
الفصل الأول	١١
مقدمة وأهداف الدراسة	١١
١,١ المقدمة	١١
١,٢ مشكلة الدراسة	١٢
١,٣ أسئلة الدراسة	١٣
١,٤ أهمية الدراسة	١٣
١,٥ أهداف الدراسة	١٤
١,٦ فرضية البحث	١٤
١,٦,١ الفرضية الرئيسية	١٤
١,٦,٢ الفرضية الفرعية	١٤
١,٧ الجهات المستفيدة من الدراسة	١٥
١,٨ حدود الدراسة	١٥
١,٨,١ الحدود الموضوعية	١٥
١,٨,٢ الحدود المكانية	١٥
١,٨,٣ الحدود الزمانية	١٥
الفصل الثاني	١٦
منهجية الدراسة	١٦
٢,١ منهج الدراسة	١٦
٢,٢ عينة الدراسة	١٦
٢,٣ أدوات الدراسة	١٦

١٨	الفصل الثالث
١٨	الدراسات السابقة
١٨	٣,١ نظرة عامة على أدوات الجودة السبع
١٩	٣,١,١ تصنيف الأدوات حسب مجموعاتها
١٩	٣,١,٢ تصنيف الأدوات حسب طبيعة استخدامها
٢٠	٣,٢ الأدوات السبع المستخدمة في الدراسة
٢١	٣,٢,١ مخطط التبعثر (Scatter Diagram)
٢٢	٣,٢,٢ خرائط المراقبة (Control Chart)
٢٢	٣,٢,٣ خرائط التدفق (Flow Charts)
٢٣	٣,٢,٤ مخطط باريتو (Pareto Diagram)
٢٣	٣,٢,٥ العصف الذهني (Brainstorming)
٢٤	٣,٢,٦ مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram)
٢٥	٣,٢,٧ مخطط الشجرة (Tree Diagram)
٢٥	٣,٣ الدراسات السابقة
٢٧	٣,٤ التعليق على الدراسات السابقة
٢٨	الفصل الرابع
٢٨	تحليل النتائج ومناقشتها
٢٨	٤,١ تحديد أكثر المواقع استهلاكاً للطاقة
٣٠	٤,٢ تحديد أكثر المعدات استهلاكاً للطاقة
٣١	٤,٢,١ مضخات الآبار الغاطسة (Submersible Pumps of Wells)
٣٢	٤,٢,٢ مضخات الضغط العالي (High Pressure Pumps)
٣٣	٤,٢,٣ مضخات الغسيل (Flushing Pumps)
٣٤	٤,٢,٤ مضخات التعزيز (Booster Pumps)
٣٥	٤,٣ محطة RO-1

٣٥	 نبذة مختصرة عن محطة RO-1
٣٧	 ٤,٣,١. تقييم كفاءة الطاقة
٣٩	 ٤,٤ عرض النتائج ومناقشتها
٤٣	 الفصل الخامس
٤٣	 الاستنتاجات والتوصيات
٤٣	 ٥,١ الاستنتاجات
٤٥	 ٥,٢ التوصيات
٤٧	 الفصل السادس
٤٧	 المراجع
٤٧	 ٦,١ المراجع العربية
٤٨	 ٦,٢ المراجع الإنجليزية:

جدول الجداول

- جدول ١: معدل استهلاك المحطات للطاقة الكهربائية لعام ٢٠٢٢ ٢٩
- جدول ٢: معدل استهلاك الطاقة لعام ٢٠٢٢ ٣٧
- جدول ٣: مقارنة استهلاك اليومي للمعدات بالاستهلاك العام لمحطة بويب ٣٨
- جدول ٤: أسباب ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية باستخدام أداة العصف الذهني ٤٠
- جدول ٥: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-1 ٥٠
- جدول ٦: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-2 ٥١
- جدول ٧: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-3 ٥٢
- جدول ٨: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-4 ٥٣
- جدول ٩: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-4 ٥٤
- جدول ١٠: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-3 ٥٥
- جدول ١١: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-2 ٥٦
- جدول ١٢: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-5 ٥٨
- جدول ١٣: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-1 ٥٩
- جدول ١٤: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-5 ٥٧

جدول الأشكال

- شكل ١: مخطط يوضح نسبة أكثر المحطات استهلاكاً للطاقة الكهربائية ٣٠
- شكل ٢: مخطط التبعض للعلاقة بين الاستهلاك الإجمالي للمحطات مع استهلاك المعدات ٣١
- شكل ٣: تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الآبار الغاطسة ٣٢
- شكل ٤: تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الضغط العالي ٣٣
- شكل ٥: تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الغسيل ٣٤
- شكل ٦: تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات التعزيز ٣٥
- شكل ٧: خرائط التدفق المبينة ٣٦
- شكل ٨: مخطط باريتو لمعرفة أكثر المعدات استهلاكاً للطاقة في محطة RO-1 ٣٩
- شكل ٩: أسباب ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية باستخدام أداة السبب والنتيجة ٤١
- شكل ١٠: الحلول المقترحة لتحسين الإجراءات التشغيلية باستخدام مخطط الشجرة ٤٤

الفصل الأول

مقدمة وأهداف الدراسة

١,١ المقدمة

لا تخفى على الجميع أهمية المياه في الحياة البشرية وأنه لا حياة ولا وجود للكائنات إلا بوجود المياه ومصادرها، فقد قال الله سبحانه وتعالى في محكم آياته (أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا ۖ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ) الأنبياء.

ويعتبر الماء من أهم الموارد الموجودة على سطح الأرض حيث لا يمكن لأي كائن حي على الإطلاق الاستغناء عنه. لكننا نشاهد هذا اليوم في أرجاء العالم العديد والكثير من المناطق المنكوبة والعديد من الأطفال والأشخاص الذين يموتون سنوياً وبنسب عالية وذلك لأنهم لا تتوافر لديهم المياه الصالحة للشرب، ويلاحظ أيضاً ظهور ظاهرة التصحر في العالم والتي من أسبابها نقص كبير في المياه أو تلوثها بسبب الأفعال البشرية المختلفة من الاستخدام الجائر للمياه أو رمي النفايات ومخلفات المصانع في مصادر المياه ومياه الأنهار العذبة. وإذا ما ركزنا على مملكتنا الحبيبة فإن المملكة العربية السعودية قامت بجهود كبيرة في توفير سبل الراحة والرفاهية للمواطنين في كافة المجالات وبالأخص توفير المياه العذبة الصالحة للشرب، تأتي في طليعة ذلك تلبية حاجة الوافدين إليها من الحجاج والمعتمرين لبيت الله الحرام وزوار المسجد النبوي الشريف بالمدينة المنورة حيث كانت الانطلاقة الأولى في مسيرة قطاع المياه في المملكة العربية السعودية بتعمير وإصلاح عين زبيدة بمكة المكرمة وعين الزرقاء بالمدينة المنورة وإنشاء أحواض تجمع مياه السيول على الطرقات التي كان يسلكها الحجاج وأبناء البادية في تنقلاتهم بعد ذلك تواصلت الإنجازات في عهد الخير لقادة هذا البلد الكريم حتى وصلنا إلى عهدنا الجديد بقيادة خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبد العزيز حفظه الله وولي عهده الأمير محمد بن سلمان حيث أولت حكومة المملكة العربية السعودية اهتمامها الكبير وسخرت كل إمكانياتها للحفاظ على المياه وضمان بقاءها حتى أصبح الماء في متناول الجميع. ومع تزايد عدد السكان بالمملكة أتت رؤية الخير ٢٠٣٠ لتتضمن العديد من الخطط المستقبلية التي تصب في المركز

الأول لصالح المواطن والمقيم ومن ضمنها رفع نسبة جودة المياه بالمملكة وتقليل الفاقد وهذا كله يتطلب محطات معالجة وتحلية ذات كفاءة عالية تلبي احتياجات جميع افراد المجتمع وتكون توقعاتهم بتقديم خدمة لهم بأقل تكلفة ممكنة. في ضوء ذلك، صدرت توجهات خادَم الحرمين الشريفين بتطوير قطاع المياه لتتواءم مع خطط المملكة العربية السعودية والتي تهدف إلى التطور والرقى بجميع القطاعات لتحقيق الأمن المائي والوصول لمستويات عالية عالمياً بهذا القطاع.

وهنا تتسارع شركات المياه لتقديم جميع الخدمات التي تخص معالجة المياه. ومن هذا المنطلق تم تأسيس شركة مرافق بمختلف خدماتها من محطات وشبكات وتعد قطاعاً خدمياً حيوياً يمس حاجة العملاء بشكل أساسي مما يقتضي ضرورة المحافظة على تلك المرافق على مدار الساعة. من جهة أخرى، تبقى هذه المواقع عرضة في كثير من الأحيان إلى بعض الأعطال الطارئة الغير المتوقعة مما يتسبب في خروج بعض وحدات المحطات عن عملها وكذلك انخفاض الإنتاج أو خروج فائض خام من هذه المحطات.

زيادة على ذلك، ما يترتب على تشغيل هذه المحطات من استهلاك عال للطاقة وتكاليف عالية في عملية الصيانة والتشغيل التي بدورها تزيد من قيمة المصروفات على الشركة وترفع تكلفة الإنتاج حيث تبلغ تكلفة المتر المكعب الواحد ٣ ريالاً تقريباً. هذا ويهدف هذا البحث إلى تحسين الإجراءات التشغيلية للمحطات ودراسة إمكانية تخفيض الاستهلاك العالي للطاقة الكهربائية والعمل على تحسين أداء المحطات بتقليل تكاليف الصيانة والتشغيل من خلال التطبيق الأمثل لأدوات الجودة، ومن المتوقع أن يؤدي هذا البحث إلى النتائج المرجوة منه بتحسين الإجراءات التشغيلية بالمحطات والذي بدوره يقلل بشكل كبير من التكاليف العالية لعمليات الصيانة والاستهلاك العالي للطاقة.

١,٢ مشكلة الدراسة

يواجه قطاع الطاقة في المملكة العربية السعودية تحدياً كبيراً نتيجة ارتفاع الاستهلاك المتزايد المعدلات عالية تفوق المعدلات العالمية في جميع القطاعات. لذلك لابد من وقفة للمراجعة وبحث عن أساليب وطرق لوقف هدر الطاقة في القطاعات الصناعية والخدمية وعلى رأسها شركة مرافق. ولأن المرحلة الحالية تتطلب تظافر الجهود لتقليل التكاليف وخفض الإنفاق، وجب تسليط الضوء على هذا الموضوع

الحيوي والهام وذلك في بحث الإمكانيات المتاحة لخفض الطاقة الكهربائية المهدرة في محطات المياه وخفض تكاليف الصيانة والتشغيل.

لقد لوحظ الاستهلاك العالي للكهرباء في هذه المحطات وكذلك ارتفاع التكاليف الكبيرة في عمليات الصيانة والتشغيل. هذا كله يزيد من تكلفة الإنتاج للمتر المكعب الواحد، لذلك سيتم التركيز في هذا البحث على جمع البيانات الميدانية والتقارير التشغيلية لعام ٢٠٢٣ م في عشرة محطات معالجة وإنتاج المياه. وذلك بالعمل على تحليلها وإيجاد طرق لتحسين الإجراءات التشغيلية في هذه المحطات. ويبقى الهدف الأول والأخير هو تخفيض استهلاك المعدات للطاقة وكذا تخفيض تكاليف الصيانة والتشغيل ورفع نسبة جودة المياه المعالجة لتحقيق تطلعات المملكة لرؤية ٢٠٣٠، وذلك باستخدام وتطبيق أدوات الجودة عليها.

١,٣ أسئلة الدراسة

تتلخص أسئلة الدراسة فيما يلي:

- ماهي الأسباب التي تؤدي الى الاستهلاك العالي للطاقة الكهربائية وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل في محطات معالجة المياه؟
- ما مدى تأثير استعمال أدوات الجودة في تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه؟

١,٤ أهمية الدراسة

تأتي أهمية الدراسة من خلال تحقيقها ما يلي:

- تقدم الدراسة عرضاً لأهم أدوات الجودة والتخطيط التي تستخدم في تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه وتقليل الاستهلاك العالي للطاقة الكهربائية وتكاليف الصيانة والتشغيل.

- تعد هذه الدراسة من الدراسات المهمة والتي تناولت أدوات الجودة وربطها بتحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه وتقليل الاستهلاك العالي للطاقة وتكاليف الصيانة والتشغيل.
- تقدم الدراسة تطبيقاً عملياً لتحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه باستخدام أدوات الجودة.

١,٥ أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق النتائج التالية:

- حصر الأسباب التي تؤدي إلى الاستهلاك العالي للطاقة الكهربائية والتكاليف العالية للتشغيل والصيانة ورصد خطط مستقبلية لمعالجتها.
- تطبيق أدوات الجودة في تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه من ناحيتي الصيانة والتشغيل.
- إعداد ونشر رسالة ماجستير في مجال إدارة المشاريع وتساهم في تحقيق الرؤية السعودية ٢٠٣٠

١,٦ فرضية البحث

استناداً إلى مشكلة الدراسة فقد قام الباحثون بوضع الفرضيات التالية

١,٦,١ الفرضية الرئيسية

أثر تطوير أدوات الجودة يساعد على تقليل استهلاك الطاقة بشكل فعال

١,٦,٢ الفرضية الفرعية

- استخدام أدوات الجودة السبع يمكن أن يساعد في تحسين رضا العملاء: تشير هذه الفرضية إلى

أن استخدام أدوات الجودة السبع يمكن أن يساعد في تحسين رضا العملاء

- استخدام أدوات الجودة السبع يمكن أن يقلل من التكاليف ويزيد من الإنتاجية

١,٧ الجهات المستفيدة من الدراسة

- جميع افراد المجتمع
- شركة مرافق
- وزارة البيئة والمياه والزراعة.
- الشركات والمؤسسات المعنية بالمياه واستعمالاتها

١,٨ حدود الدراسة

١,٨,١ الحدود الموضوعية

تتمحور هذه الدراسة في استخدام سبع أدوات من أدوات الجودة والتخطيط لتحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه، وهذه الأدوات هي: مخطط التبعثر، خرائط المراقبة خرائط التدفق مخطط باريتو العصف الذهني مخطط السبب والنتيجة وأخيراً مخطط الشجرة. وتم اختيار هذه الأدوات من بين مجموعة من أدوات الجودة السبع الأساسية وكذلك أدوات الجودة السبع الجديدة للإدارة والتخطيط لأنها تستخدم في المجالات الإنتاجية التي تتوافر فيها بيانات عديدة.

١,٨,٢ الحدود المكانية

حدود هذه الدراسة هي محطات معالجة المياه في شركة مرافق بمدينة ينبع حيث كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو استخدام وتطبيق أدوات الجودة في تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه، وتعميم طريقة استخدام هذه الأدوات على أي قطاع خدمي أو إنتاجي في تخفيض التكاليف العالية من جراء استخدام الطاقة الكهربائية وليس الغرض تعميم الحلول فقط.

١,٨,٣ الحدود الزمانية

جمعت بيانات هذه الدراسة من خلال التقارير الشهرية لمحطات معالجة المياه في شركة مرافق خلال العام

٢٠٢٣ م

الفصل الثاني

منهجية الدراسة

٢,١ منهج الدراسة

استند الباحثون على المنهج الكمي التحليلي، حيث تم حصر وجمع البيانات من خلال التقارير الشهرية للمحطات المدروسة في عام ٢٠٢٣ م. وتمت كذلك معرفة معدلات استهلاك الطاقة لكل محطة على حده خلال هذا العام؛ ومن ثم تمت مقارنة المحطات فيما بينها، لمعرفة المحطات الأعلى استهلاكاً للطاقة الكهربائية مقارنة بالإنتاج للمتر المكعب الواحد لكل محطة

قام الباحثون بحصر وتحديد المعدات التي يعتقد أن يكون لها الدور الرئيسي في الاستهلاك العالي للطاقة الكهربائية وتقييم مقدار الاستهلاك العام لها في جميع المحطات المشمولة بالدراسة. بعد ذلك، قام الباحثون بالتركيز على دراسة حالة واحدة فقط ألا وهي محطة مرافق ١ من خلال تقييم كفاءة الطاقة لها، كل ذلك تم بالاستعانة بأدوات الجودة للوصول إلى حلول ملموسة في تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه وعرض النتائج مستخدماً أثناء ذلك برنامج الميني تاب (Minitab).

٢,٢ عينة الدراسة

تشمل عينة الدراسة جميع محطات معالجة المياه التابعة لشركة مرافق في مدينة ينبع والتي يبلغ عددها عشر محطات، لكون هذه المحطات تعتبر الأساس الذي تركز عليه إنتاجية المياه في شركة مرافق. كذلك، إن عددهن مناسب جداً لتطبيق أدوات الجودة عليهن، وهي الأدوات التي استخدمها الباحثون في هذه الدراسة.

٢,٣ أدوات الدراسة

استخدم الباحثون سبع أدوات من أدوات الجودة والتخطيط، وذلك لكي يتمكن من الإجابة على أسئلة الدراسة والتوصل للحلول المناسبة في تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه وتقليل

الاستهلاك العالي للطاقة الكهربائية وكذلك تكاليف الصيانة والتشغيل وتعد هذه الأدوات من أشهر الأدوات التي تستخدم في الجودة والتخطيط وحل المشاكل، حيث سيتم تعريف الأدوات المستخدمة وشرح آلية استخدامها وأسباب اختيارها ألا وهي

- مخطط التبثر.
- خرائط المراقبة.
- خرائط التدفق.
- مخطط باريتو.
- العصف الذهني.
- مخطط السبب والنتيجة.
- مخطط الشجرة.

حيث تم استخدام برنامج Minitabi في تطبيق هذه الأدوات.

الفصل الثالث

الدراسات السابقة

ينقسم هذا الفصل من الدراسة إلى أربعة أجزاء رئيسية، وهي: نظرة عامة على أدوات الجودة السبع الأساسية وأدوات الجودة السبع الجديدة للإدارة والتخطيط ثم نبذة عن أدوات الجودة المستخدمة الدراسة، تلي ذلك نظرة عامة على أهم الدراسات السابقة عن موضوع الدراسة، وأخيراً تعليق الباحثون على الدراسات السابقة.

٣,١ نظرة عامة على أدوات الجودة السبع

توجد أدوات كثيرة تستخدم في جميع العلوم، ولكن قد يوجد اختلاف في مسمياتها سواء في المراجع العربية أو المراجع الأجنبية، ولكنها هي نفس الأدوات باختلاف التسمية. وقد يرجع الأمر إلى اختلاف تخصصات المؤلفين وخلفياتهم (المنقاش (٢٠١٤)). وقد يكون اختلاف تعريف الجودة وتطبيقاتها هو السبب في اختلاف أسماء هذه الأدوات وطريقة تطبيقها (٢٠٠٦). (Hagemeyer et al). فمنهم من أطلق عليها أدوات وبعضهم تقنيات وبعضهم أساليب، أو أدوات صنع القرار، أو أدوات التخطيط، أو أدوات الجودة والتخطيط. وقد استخدمت تسمية أدوات الجودة والتخطيط لكونها أكثر شمولية.

كذلك صنفنا أدوات الجودة حسب مجموعات معينة، أو حسب طريقة استخدامها. وفيما يلي شرح مبسط لها:

٣,١,١ تصنيف الأدوات حسب مجموعاتها

- الأدوات السبع الأساسية للجودة وتسمى أيضا الأدوات القديمة وتشمل:

قوائم الاختبار، المدرج التكراري، ومخطط باريتو، مخطط السبب والنتيجة، خرائط التدفق، مخطط التبعر وخرائط المراقبة.

- الأدوات السبع الجديدة للإدارة والتخطيط، وتشمل:

مخطط التقارب، مخطط العلاقات المتبادلة، مخطط الشجرة، مخطط المصفوفة، مصفوفة ترتيب الأولويات، خريطة برنامج قرار العملية ومخطط نشاط الشبكة.

- أدوات وتقنيات الجودة الأخرى، وتشمل مجموعة كبيرة من الأدوات ومنها

العصف الذهني، تحليل مجال القوى، تحليل مقدرة العمليات وتقنية المجموعة الأسمية وغيرها"

(المنقاش ٢٠١٤).

٣,١,٢ تصنيف الأدوات حسب طبيعة استخدامها

- أدوات قياس وتحليل مستويات التحسين في العمليات ومنها

قوائم الاختبار، المدرج التكراري ومخطط باريتو.

- -أدوات فهم وتحليل العمليات مثل مخطط تدفق العمليات وتحليل الأسباب الجذرية وغيرها

- أدوات توليد الأفكار وترتيبها، مثل: العصف الذهني، مخطط التقارب، مخطط السبب والنتيجة

مخطط الشجرة، ومخطط المصفوفة، مصفوفة ترتيب الأولويات، ومخطط تحليل مجال القوى

(المنقاش، ٢٠١٤).

ومهما كان تصنيف هذه الأدوات، فإن الأهم هو مجال وأهمية وطريقة استخدامها، حيث أنه لا توجد أداة

تتفوق على أداة أخرى أو كونها أهم من الأخرى. كما أن كل أداة لها الفاعلية الخاصة بها ولها المميزات التي

تنفرد بها حيث تجب الاستفادة منها ويستلزم استخدامها استخداماً فعالاً (Shahin et al 2010) كما أنه

يجب فهم كل أداة من هذه الأدوات ومعرفة كيفية استخدامها لكي يتم اختيار الأداة الأنسب من بينها سواء

أكانت منفردة لوحدها أو مجتمعة مع غيرها من الأدوات et al (2006) (Hagemeyer) وإذا كان استخدامها في خطة متكاملة فإن فعاليتها تزيد ويكون أثرها في تحسين العمليات واضحاً وفعالاً (ديران و إيفانز ، (٢٠٠٩)

٣,٢ الأدوات السبع المستخدمة في الدراسة

أشارت الدراسات أن الأدوات السبع الأساسية للجودة والأدوات السبع الجديدة للإدارة والتخطيط هي أكثر الأدوات رواجاً واستخداماً (عيشوني، ٢٠١٢) هولب، ٢٠٠٥؛ ويليامز، ٢٠٠٣؛ الجضعي، ٢٠٠٥؛ ٢٠١٠.

Shahin et al. 2005; Sousa et al. ٢٠٠٢. Brassard, 1996 Sandras.

وجميع أدوات هاتين المجموعتين تعتبر مكملات لبعضهما البعض، حيث يمكن الخلط بين أدوات هاتين المجموعتين لتحقيق أكبر قدر من الفائدة (Brassard، ١٩٩٦).

وبدأ تطوير الأدوات السبع الأساسية للجودة في السبعينات الميلادية على يد العالم الياباني إيشيكاوا (Ishikawa). ولأهميتها في السيطرة وحل المشاكل فهي مناسبة للأشخاص الذين يحملون تدريباً معتمداً في الإحصاء لكونها تتعامل مع بيانات رقمية (Shahin ٢٠١٠). أما مع المشاكل المعقدة وغير الرقمية والتي تكون فيها البيانات لفظية وغير رقمية فإنها غير فعالة. ولهذا قامت الجمعية اليابانية للعلماء والمهندسين بتطويرها ما بين عامي ١٩٧٢-١٩٧٩م، حيث ظهرت في كتاب ياباني بعنوان "الأدوات السبع الجديدة للمديرين والعاملين (Brassard، ١٩٩٦). سميت بعد ذلك بالأدوات السبع الجديدة للإدارة والتخطيط.

ولحل مشكلة الدراسة، تم الجمع بين الأدوات السبع الأساسية للجودة والأدوات السبع الجديدة للإدارة والتخطيط وهي: مخطط التبعر، خرائط المراقبة خرائط التدفق مخطط بارينو، العصف الذهني مخطط السبب والنتيجة، ومخطط الشجرة، وذلك للأسباب التالية:

أنها من أكثر الأدوات استعمالاً في المنظمات الإنتاجية والخدمية، حيث استطاعت هذه المنظمات الوصول لتحسين مستمر في عملياتها وتحقيق معايير الأداء والتميز المؤسسي من خلال هذه الأدوات عيشوني، (٢٠١٠).

بما أن بيانات هذه الدراسة كمية، فالأدوات السابقة تتعامل بشكل جيد مع هذه البيانات، حيث أنها تستخدم أكثر في المجالات الإنتاجية والخدمية أيضاً وبذلك تكون مناسبة لهذه الدراسة.

هذه الأدوات فعالة وسهلة الاستخدام والفهم والتطبيق في وقت قصير جداً، ولأنها لا تتطلب فهماً عميقاً بقوانين أو معادلات رياضية معقدة (عيشوني، ٢٠١٠).

إن هذه الأدوات تساعد في تحقيق التميز المؤسسي في الأداء وحل المشاكل بطريقة إبداعية في حال تم استخدامها بالشكل الصحيح (عيشوني، ٢٠١٢، Sandras).

إن استخدام هذه الأدوات يؤدي إلى التحسين المستمر للعمليات حيث أنها تعمل على مشاركة العاملين في المنظمة: دون استثناء والاستفادة من خبراتهم (Liang، ٢٠١٠).

إن المزج في استخدام الأدوات والتقنيات يمكن من تحويل الأرقام والبيانات المعقدة إلى بيانات سهلة وبسيطة وتوضيح العلاقة بين المتغيرات. ولذلك تساعد في معرفة أكثر العوامل المسببة للمشكلة والتي من شأنها توجيه الجهود المبذولة لتلك العوامل. ولهذا استخدمت الدراسة مزيجاً من الأدوات بدلاً من الاعتماد على مجموعة واحدة فقط (Shahin ٢٠١٠). وفيما يلي شرح مبسط للأدوات المستخدمة في الدراسة:

٣,٢,١ مخطط التبعثر (Scatter Diagram)

مخطط التبعثر هو أحد تقنيات ضبط الجودة والمراقبة الإحصائية للعمليات ويستعمل لتحليل البيانات بطريقة بيانية يمكن من خلالها البحث عن علاقة محتملة أو متوقعة بين متغيرين. من أهم استعمالات هذه التقنية في مجال الجودة، نذكر ما يلي:

- البحث والكشف عن علاقة السبب والنتيجة بين متغيرين إثنيين. مثال على ذلك: هل هناك علاقة بين سرعة إنجاز العامل لعمله وعدد العيوب في خط الإنتاج؟

- توضيح نوع العلاقة بين المتغيرين، أي هل العلاقة بينهما تعد ارتباطاً موجباً أو ارتباطاً سالباً مثال على ذلك: كأن نحاول معرفة كيف تتغير الفترة الضرورية للمريض حتى يشفى من مرضه مع عمره؟

- معرفة قوة الارتباط بين المتغيرين كأن نرى مدى ارتباط عدد الأخطاء التي يرتكبها الناسخ على جهاز الكمبيوتر مع سرعة الكتابة (عيشوني، ٢٠١٤).

٣,٢,٢ خرائط المراقبة (Control Chart)

خرائط المراقبة هي الأساس الرئيسي والعمود الفقري للمراقبة والإحصاء الخاص بالعمليات حيث أنه يتم عن طريقها إجراء تحليل إحصائي مستمر للمتغيرات في العملية. وكل هذا يهدف إلى ضبط الجودة في خصائص المنتج أو الخدمة والرفع والتحسين من أداء العملية. إذا، يمكننا القول بأن هذه التقنية فعالة لأنها تساعد المسؤول القائم على العملية في اتخاذ الإجراء المناسب بحيث يضمن أداء أفضل للعملية. كما أن هذه التقنية طورت حتى صنف من ضمن التقنيات السبع الأساسية للجودة من طرف العالم شوهارت (Shewhart) في بداية العشرينات من القرن الماضي عيشوني (٢٠١٤)

ومن أهم استعمالات خرائط المراقبة هي دراسة مدى استقرار العمليات الإنتاجية والخدمية والتنبؤ بالأداء المستقبلي لها. فبصفة عامة، يتم الحكم على أن العملية مستقرة وتحت الضبط الإحصائي (Process in Control) إذا كانت جميع النقاط واقعة بين حدود الضبط (LCLUCL). أما في حالة وقوع نقطة أو مجموعة من النقاط خارج حدود الضبط فإن العملية تصبح غير مستقرة وتعتبر خارجة عن حالة الضبط الإحصائي (Process out Control)، ويكون هذا مؤشراً قوياً على أن العملية تقع تحت تأثير أسباب خاصة يجب البحث عنها وإزالتها من العملية وأن منتجاتها ستكون دون مستوى الجودة المطلوبة" (عيشوني، ٢٠١٤).

٣,٢,٣ خرائط التدفق (Flow Charts)

هي عبارة عن رسم أو مخطط يقوم بوصف طبيعة عملية معينة أو مسار عملية معينة ويوضح الخطوات التي يمر بها المنتج، حيث أننا من خلال خريطة التدفق تستطيع وصف العمليات وتتابعها ومن خلالها تتضح العمليات الرئيسية المطلوبة لإنتاج منتج ما أو تقديم خدمة معينة.

أيضاً، من خلال خريطة التدفق تستطيع اكتشاف التعديلات أو المراجعات الضرورية والهامية في عملية الإنتاج ومجماً، يمكننا القول بأن خرائط التدفق تكون عبارة عن مخطط يصف الخطوات التي تمر بها العملية وتوضح النقاط التي يمكن اتخاذ القرار منها والإجراءات التصحيحية لها (عيشوني، ٢٠١٤).

٣,٢,٤ مخطط باريتو (Pareto Diagram)

يصف البروفيسور محمد عيشوني (عيشوني ٢٠١٤) مخطط باريتو بأنه رسم وتمثيل بياني يبين المشاكل الموجودة في العملية الإنتاجية أو الخدمية. وهذه التقنية، يمكن ترتيب المشاكل ترتيباً تنازلياً من الأكثر تكراراً وحدوثاً إلى الأقل.

مخطط باريتو يحدد للفريق المسؤول عن الجودة أهم المشاكل التي يكون أثرها بالغاً على الجودة ثم يتم التركيز على حلها أولاً بأول العالمان (Juran & Godfrey ، ٢٠٠٠) طوروا هذه التقنية والتي يرمز لها بقانون ٢٠/٨٠ على أن نسبة ٨٠% من المشاكل تعود إلى ٢٠% من العوامل التي تسبب المشاكل حيث رمزا لهذه التقنية بعبارة (the vital few and the trivial many) أي " القلة المهمة والكثرة الغير مهمة. أي أننا باستخدام مخطط باريتو نستطيع التركيز على القلة المهمة والتي تؤثر بشكل مباشر على العملية والتي تمثل ٢٠% من الأسباب وعليها يمكن التخلص من ٨٠% من المشاكل التي تواجه العملية.

ويستعمل مخطط باريتو في

- التركيز على الظروف والحالات الحرجة والمؤثرة على طريقة سير العمليات وذلك بالترتيب حسب الأهمية والتكرار.
- ترتيب الأولويات للمشاكل بغرض تحسين الجودة.
- تحليل المشاكل والأسباب المؤدية لها.
- معرفة جريان العملية الإنتاجية قبل وبعد تطبيق مخطط باريتو

٣,٢,٥ العصف الذهني (Brainstorming)

هي طريقة يستند إليها فريق الجودة لمساعدته في خلق أكبر قدر من الأفكار لحل مشكلة معينة. ويمكن استخدامها لتوليد أفكار تهتم بتطوير منتج أو خدمة محددة خلال زمن معين، بحيث يأخذ الفريق أو المجموعة الحرية والراحة لكي تتولد كل الأفكار والآراء بسرعة ونشاط (عيشوني، ٢٠١٢؛ حسن، ٢٠٠١).

بعد تشكيل فريق العمل، توضح المشكلة وتكتب وتشرح بشكل واضح أمام الفريق. يلي ذلك تطبيق أداة العصف الذهني حيث يقوم أعضاء الفريق بعصف ذهني وجلب جميع الأفكار والأمور والقضايا التي تتعلق

أو لها سبب مباشر أو غير مباشر في المشكلة بحيث يقوم كل عضو من الأعضاء بكتابة وتدوين أفكاره حول المشكلة على بطاقات لاصقة. وتكون كل فكرة على بطاقة مستقلة واحدة مع تحديد وقت معين للعصف الذهني من ٥-١٥ دقيقة (المنقاش (٢٠١٤). وهناك ضوابط يجب أن تتبع عند كتابة الأفكار مثل تدوين أكبر قدر من الأفكار في أقصر وقت، التأكد من مشاركة جميع الأعضاء، تدوين الفكرة كما هي أن يكون الخط واضحاً، الحرص على استثمار جميع مساحة البطاقة، عدم وصف الفكرة بكلمة أو كلمتين، ألا تزيد الكلمات عن (٧) كلمات، عدم النقد سواء للأشخاص أو لأفكارهم (عيشوني، ٢٠١٢؛ الجضي، ٢٠٠٥م؛ النيهان، ٢٠٠٨ م؛ دعمس، ٢٠٠٩م؛ القزاز، وآخرون (٢٠٠٩م. وعند انتهاء الوقت، توضع البطاقات على طاولة يستطيع الجميع رؤيتها ومراجعتها وإزالة المكرر منها وحذف الأفكار التي ليست لها صلة بالموضوع.

٣,٢,٦ مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram)

أداة تستخدم لحصر واكتشاف جميع الأسباب التي قد تؤدي إلى المشكلة وذلك بتصنيف الأسباب والعلاقة التي تتضح بين الأثر والنتيجة (Effect) والأسباب الممكنة (Causes) لحل المشكلة المراد حلها (المنقاش، ٢٠١٤). وتعتبر هذه التقنية من تقنيات الجودة الناجحة التي تستعمل بشكل كبير جداً وفي مجالات عديدة كحل مشاكل العمليات والتحسين المستمر (عيشوني، ٢٠١٤)، ويطلق عليها أسماء متعددة، كمخطط عظم السمكة وذلك لشكلها الذي يشبه عظم السمكة، وتسمى مخطط السبب والأثر، ويطلق عليها مخطط (إيشيكوا) نسبةً إلى العالم الياباني (Kaoru Ishikawa) لأنه هو من قام بتطويرها (Brassard، ١٩٩٦، القزاز وآخرون، ٢٠٠٩م).

ولكي يتم تطبيق هذه الأداة بشكل صحيح، لابد من دراسة الأسباب المتعلقة بالمشكلة المراد حلها من خلال أداة العصف الذهني التي تم الحديث عنها مسبقاً. حيث يقوم أعضاء فريق العمل بالبحث عن أسباب وجذور المشكلة، والتي تدرج تحت مجموعة من الأسباب الرئيسية حيث يتم رسم مربع تسجل فيه المشكلة المراد حلها والتي تم تحديدها مسبقاً ويسمى مربع النتيجة. ثم يرسم خط أفقي يبدأ من مربع النتيجة إلى أقصى اليسار، حيث تكتب وتصنف الأسباب الرئيسية المؤدية إلى المشكلة ما بين ٤-٥ أسباب حسب طبيعة وحجم المشكلة، وتوضع الأسباب في مربعات تتصل بأسهم على الخط الأفقي المرسوم مسبقاً، ثم تتفرع منها

أسهم صغيرة متعددة تذكر فيها الأسباب الفرعية تحت كل سبب رئيسي وتسعى أسباباً تفصيلية، ثم تستمر هذه التفرعات حتى يتضمن المخطط كافة الأسباب الممكنة (المنقاش، ٢٠١٤).

٣,٢,٧ مخطط الشجرة (Tree Diagram)

أداة نستطيع من خلالها توضيح الطريقة والحلول التي يمكن أن تنفذ في القضية الأساسية، بحيث يقسم الهدف الأساسي إلى عدة مستويات منفصلة تتكون من عدة إجراءات يجب أن تنفذ لتحقيق الهدف أو الحل المرجو (Duffy. Brassard، ١٩٩٦).

يحدد السبب الرئيسي للمشكلة المراد حلها ثم تسرد الحلول الممكنة وتقسم إلى مهام مفصلة التحقيق الهدف الرئيسي وكذلك الأهداف الفرعية المندرجة تحته، حيث يوضع الهدف المراد الوصول إليه يساراً ويبدأ رسم الشجرة أفقياً وتذكر الحلول الرئيسية ثم الحلول الفرعية المتعلقة بها وهكذا حتى الوصول لأدق الحلول وتكتب الحلول يميناً بحيث يكون العمود الأخير يشمل جميع المهام التفصيلية التي يجب التركيز عليها وتنفيذها بفاعلية لكي يتم الوصول لحل المشكلة القائمة.

٣,٣ الدراسات السابقة

يعرض هذا الجزء أهم الدراسات والبحوث المتعلقة بموضوع الدراسة، ألا وهو تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه باستخدام أدوات الجودة، مرتبةً من الأحدث إلى الأقدم على النحو التالي:

-نشرت (سارة فودو) وآخرون ٢٠١٧. Feudo et al دراسة بعنوان تقييم الطاقة في محطة ضخ المياه باستخدام التحليل متعدد المتغيرات"، والتي هدفت إلى تحديد وتطبيق مقاييس معتمدة لتقييم الطاقة المستهلكة في نظام معالجة المياه. لقد أوضحت الدراسة أن استهلاك المياه على المستوى العالمي سيزداد بنسبة 5٥% في حدود عام ٢٠٥٠م، وأن مصادر المياه الجوفية آخذة بالتناقص بشكل كبير وملحوظ، تقابله تكاليف عالية في الطاقة حيث تقدر بنسبة ٥% إلى ٣٠% من إجمالي تكاليف التشغيل في محطات المياه والصرف الصحي. وفي بعض البلدان النامية كاليهند وبنجلادش، فإن النسبة تصل إلى ٤٠% من إجمالي تكاليف التشغيل. ولذلك تجب معالجة هذه المعضلة ويفرض الحفاظ على معايير الخدمة عالية الجودة.

-وقام (كاستيليت ومولينوس) ٢٠١٦، (Castelle & Molinois) بإجراء بحث لهما بعنوان تقييم كفاءة محطات معالجة مياه الصرف الصحي تحليل البيانات التقنية والاقتصادية والبيئية والذي مقتبساً فيه المنهجية التجريبية أكد الباحثان على أن تقييم فاعلية محطات المياه، وخصوصاً مياه الصرف الصحي، أصبح أمراً ضرورياً لمقارنة أدائها. بالفعل، من خلال الأداء، يمكن تحديد أفضل الممارسات التشغيلية التي يمكن أن تساهم في خفض التكاليف. وأشار أيضاً إلى أنه بالإضافة لزيادة التكاليف التشغيلية، هناك عنصر آخر ألا وهو إزالة الملوثات الصادرة عن معالجة مياه الصرف الصحي وما ينتج عنها من تكاليف باهظة الثمن على الشركات وذكر أن تقييم فاعلية المحطات يزداد أهمية لأنه يحدد المحطات التي تستخدم مواردها بشكل أفضل دون أن يحدث ذلك تقليلاً في جودة المياه المعالجة. وبناءً عليه، يمكن للشركات تحديد أفضل الإجراءات التشغيلية التي يمكن تطبيقها في محطات معالجة المياه للمساهمة في تقليل تكاليف التشغيل.

-وفي تقرير لبرنامج الأمم المتحدة لتقييم المياه في العالم 2014، The United Nations World Water Assessment programme والذي نشر في عام ٢٠١٤ بعنوان الماء والطاقة، سلط الضوء على العلاقة الوثيقة في الترابط بين إدارة المياه والطاقة، وأن الروابط بين المياه العذبة والطاقة ضرورية للاستدامة ودفع عجلة التنمية. فالماء ضروري لإنتاج ونقل واستخدام الطاقة؛ كما أنه بدون الطاقة، لا يمكن استخراج المياه الصالحة للشرب. هذا الترابط المتبادل يدعو إلى تحسين الاستفادة التامة منهما والحفاظ عليهما من خلال الاستخدام الأمثل لهما.

- كتاب دليل كفاءة الطاقة في مرافق المياه والصرف الصحي"، الصادر عن وكالة حماية البيئة الأمريكية (U.S. Environmental Protection Agency، ٢٠١٣)، ذكر أن توفير الطاقة من خلال إجراء التحسينات على كفاءة الطاقة يكلف القليل مقابل توليد الطاقة ونقلها وتوزيعها من محطات توليد الطاقة. كما أنه يوفر فوائد اقتصادية وبيئية متعددة. فمن خلال توفير الطاقة، يمكن أن نقلل من تكاليف التشغيل مما يساعد إدارات المياه في التقليل من الاستثمارات الإضافية في كفاءة الطاقة. أما من ناحية البيئة، فإن كفاءة الطاقة تساعد على الحد من التلوث وانبعاثات الغازات الصادرة من محطات توليد الطاقة.

-وأشار تقرير الكاتب (داو) وآخرون (٢٠١٢، Dawet al، تحت عنوان "استراتيجيات كفاءة الطاقة لمرافق معالجة مياه الصرف"، إلى أن عمليات معالجة المياه والصرف الصحي مستهلكات مهمة للطاقة حيث يقدر استهلاكها من ٣% الى ٤% من إجمالي استهلاك الولايات المتحدة للكهرباء المستخدم في نقل ومعالجة المياه هذا وتزداد أهمية الطاقة في ظل نقص المياه الحاد وارتفاع تكاليف الطاقة.

إن إجراء عمليات تحسين وتدقيق للطاقة في محطات ومرافق المياه هو أحد أهم الطرق التي يمكن لمدرء الطاقة من خلالها تحديد الفرص لتوفير المال والطاقة والماء في نفس الوقت.

٣,٤ التعليق على الدراسات السابقة

إن الدراسات السابقة التي تم تناولها في هذا القسم تعتبر حديثة. حيث أن الدراسات التي تطرقت الأدوات الجودة تعتبر أكثر عند من دراسات تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه لأن الدراسات عنها قليلة جدا، وإذا ما تم التركيز على هذه الدراسات، فإنه لا يوجد أي دراسات جمعت بين أدوات الجودة وتحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه. وهذا يدل دلالة واضحة على أن استخدام أدوات الجودة في تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه، في هذه الدراسة، ذو أهمية قصوى.

ويتضح مما يلي:- أن الدراسات التي تطرقت لأدوات الجودة والتخطيط استخدمت الأدوات السبع الأساسية للجودة وكذلك الأدوات السبع الجديدة للإدارة والتخطيط مما يجعل الدراسة الحالية تركز على أدوات هاتين المجموعتين معا. كما أن الدراسات السابقة تطرقت فقط لتعريف وشرح أدوات الجودة وكيفية استخدامها دون أن يتم تطبيق ذلك عملياً من خلال حل المشاكل أو التحسين في العمليات أو التطوير.

- الدراسات التي تناولت موضوع تحسين الإجراءات التشغيلية قليلة جدا، وجميعها تبحث عن تقييم كفاءة الطاقة مما يجعلها تتفق مع هذه الدراسة. هذا وتكاد تنعدم الدراسات العربية في هذا المجال

الفصل الرابع

تحليل النتائج ومناقشتها

٤,١ تحديد أكثر المواقع استهلاكاً للطاقة

من خلال الجدول ١ الموضحة فيه معدلات الاستهلاك السنوي للمحطات خلال عام ٢٠٢٢م

وبقياس النسبة المئوية اتضح للباحث أن المحطات الأكثر استهلاكاً للطاقة مرتبة على النحو التالي:

RO-1 (15%)

RO-4 (12.1%)

RO-2 (11.7%)

MSF-1 (11.6%)

MSF-2 (10.3%)

RO-5 (10.1%)

MSF-3 (9.4%)

RO-3 (7.4%)

MSF-5 (6.4%)

MSF-4 (5.6%)

وقد تبين للباحث معرفة أكثر المحطات استهلاكاً للطاقة من خلال الشكل ١ حسب النسب المئوية المعطاة.

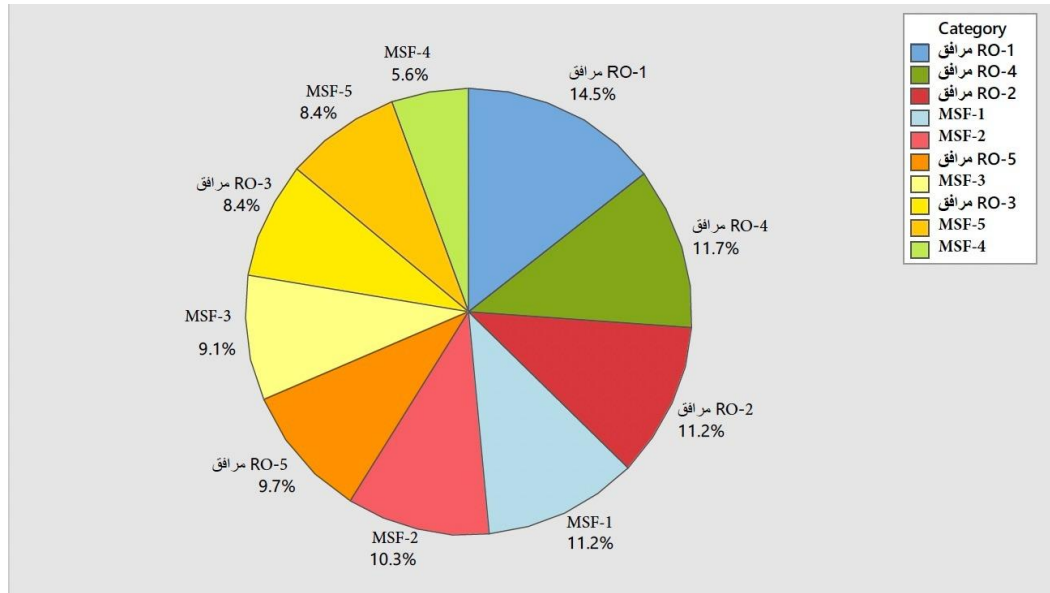
هذا ويلاحظ أن محطة RO-1 تعتبر من أكثر المحطات استهلاكاً للطاقة الكهربائية مقارنة بباقي المحطات،

تليها محطة RO-4 ثم محطة RO-2 لذلك، وجب البحث عن جميع الأسباب التي أدت لارتفاع معدلات الاستهلاك لهذه المحطات

وإذا ما قارنا متوسط استهلاك هذه المحطات مع المؤشر المعتمد من الكيلوواط للمتر المكعب لمحطات إنتاج المياه الذي يبلغ، كما أفاد أحد الخبراء في شركة المياه الوطنية، ٢,٧٥ كيلوواط / م^٣ فإنه يبدو جلياً ارتفاع معدلات الاستهلاك بشكل كبير والتي تصل إلى ٢٠٠% كما يلاحظ ذلك في الشكل (٢٤) إن هذا الارتفاع اللامعقول يستدعي معالجته وإيجاد الحلول له بأسرع وقت ممكن تجنباً لمزيد من الإهدار الكبير للطاقة.

رقم	اسم المحطة	معدل الاستهلاك عام ٢٠٢٢ ك ط / م ^٣
١	مرافق (1) RO	4.96
٢	مرافق (2) RO	3.85
٣	مرافق (3) RO	2.90
٤	مرافق (4) RO	4.00
٥	مرافق (5) RO	3.32
٦	MSF(1)	3.84
٧	MSF(2)	3.55
٨	MSF(3)	3.11
٩	MSF(4)	1.92
١٠	MSF(5)	2.87

جدول ١: معدل استهلاك المحطات للطاقة الكهربائية لعام ٢٠٢٢

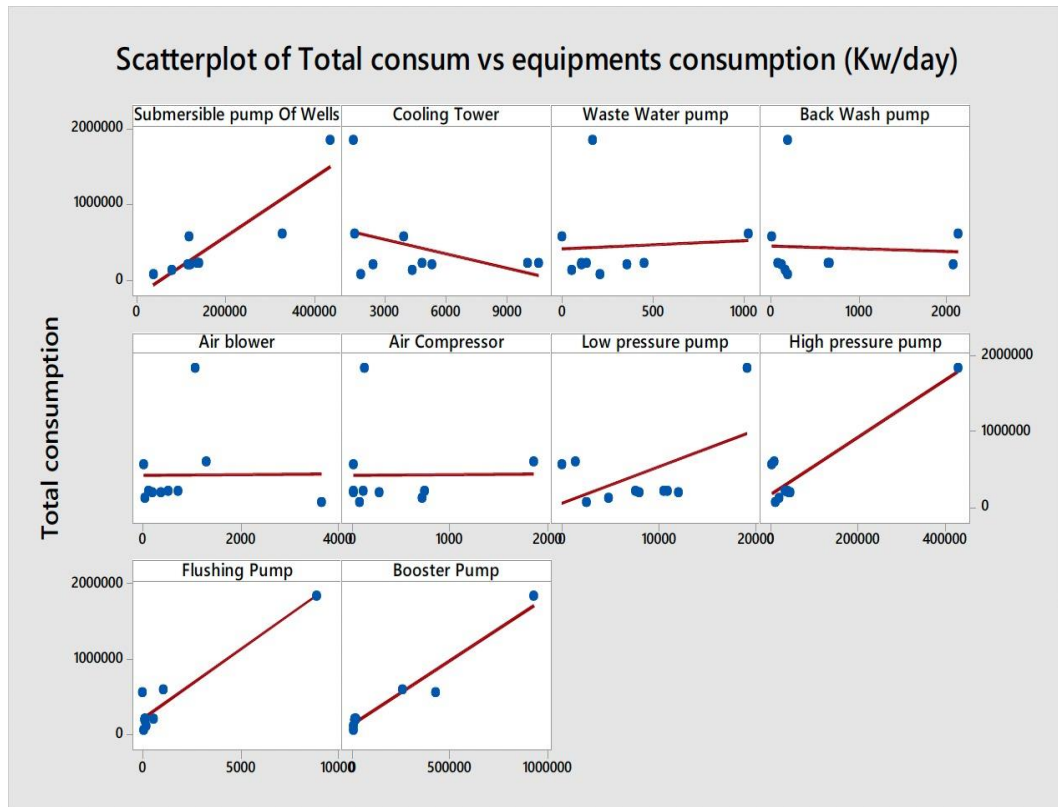


شكل ١: مخطط يوضح نسبة أكثر المحطات استهلاكاً للطاقة الكهربائية

٤,٢ تحديد أكثر المعدات استهلاكاً للطاقة

من خلال دراسة وتحليل بيانات معدات المحطات التي شملتها الدراسة وكذا تطبيق مخطط التبعية أو التشتت كما هو جلي في الشكل ٢ تبين للباحث وجود علاقة خطية موجبة وواضحة بين الاستهلاك الإجمالي للمحطات مع استهلاك المعدات والمكونات التالية:

- مضخات الآبار الغاطسة (Submersible Pumps of Wells).
- مضخات الضغط العالي (High Pressure Pumps).
- مضخات الغسيل (Flushing Pumps).
- مضخات التعزيز (booster pump)



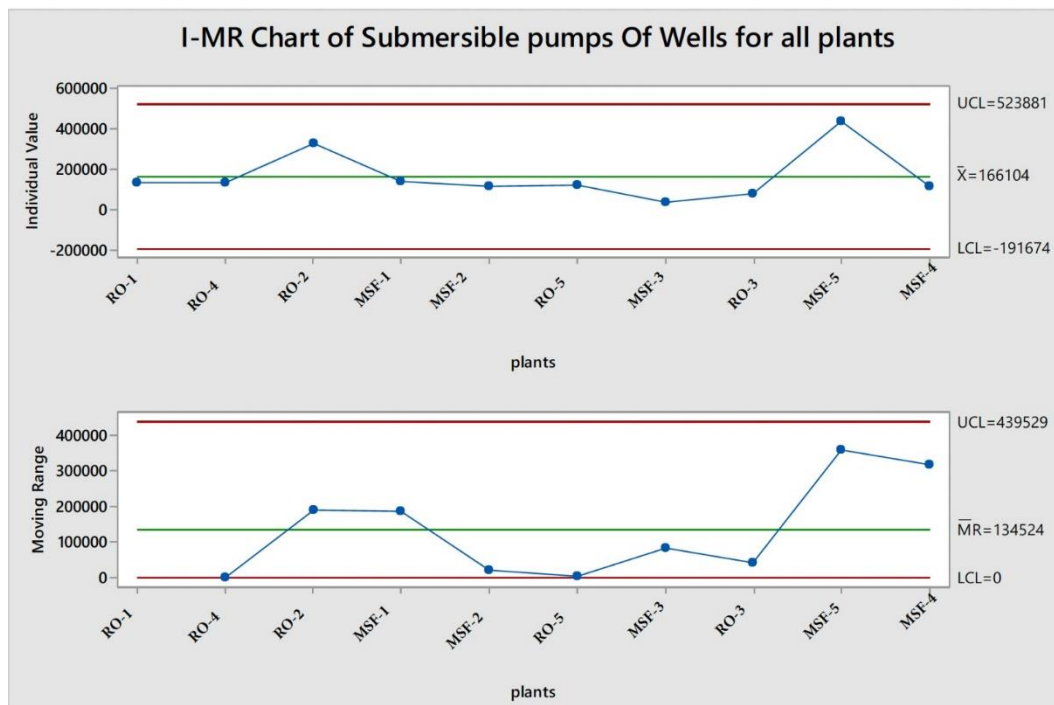
شكل ٢: مخطط التبعثر لدراسة العلاقة بين الاستهلاك الإجمالي للمحطات مع استهلاك المعدات

ونظراً لكون المعدات التي سبق ذكرها، تعتبر أكثر المعدات استهلاكاً للطاقة في جميع المحطات المشمولة بالدراسة، رأى الباحث أنه يجب تطبيق أداة خرائط المراقبة للمتغيرات (control chart for variables) لمعرفة مدى تأثير هذه المعدات على الاستهلاك العام للمحطات التي شملتها الدراسة.

٤,٢,١ مضخات الآبار الغاطسة (Submersible Pumps of Wells)

من خلال تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الآبار الغاطسة، كما يتضح في الشكل ٣ تبين للباحث أن كل النقاط الدالة على مضخات الآبار الغاطسة في المحطات المشمولة بالبحث تقع داخل حدود الضبط وأنه لا يوجد أي مؤشر عن حالة الخروج

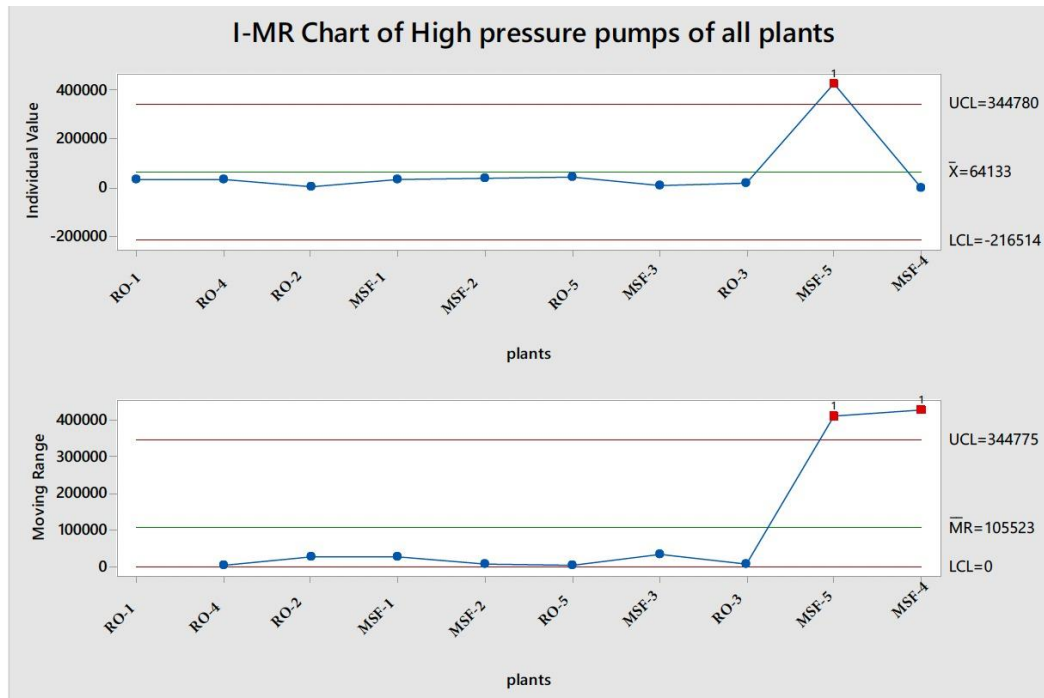
عن الضبط الإحصائي. وبناءً على ذلك، تعتبر العملية مستقرة إحصائياً.



شكل ٣: تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الأبار الغاطسة

٤,٢,٢ مضخات الضغط العالي (High Pressure Pumps).

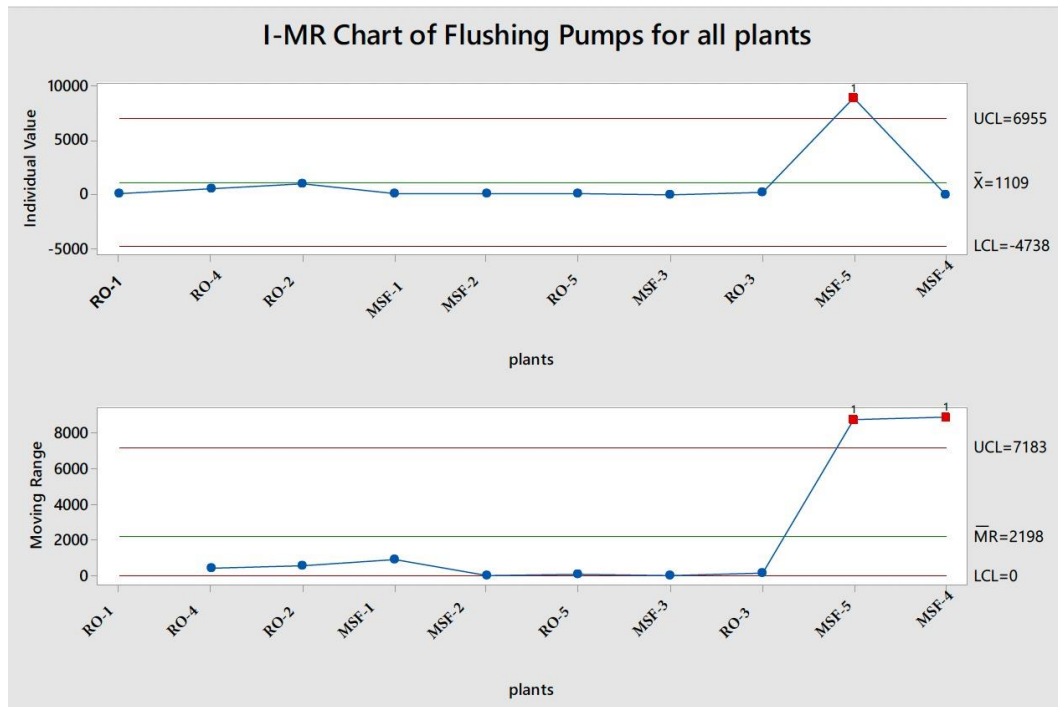
من خلال تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الضغط العالي، كما هو موضح في الشكل ٤ تبين للباحث أنه ليست كل النقاط الدالة على مضخات الضغط العالي في المحطات المشمولة بالبحث تقع داخل حدود الضبط وأنه توجد نقطة واحدة خارج حدود الضبط. ويعتبر هذا مؤشراً عن حالة الخروج عن الضبط الإحصائي، وبناء على ذلك، تعتبر العملية غير مستقرة إحصائياً، ويجب البحث عن الأسباب التي أدت لذلك وإيجاد الخطط والحلول لها.



شكل ٤: تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الضغط العالي

٤,٢,٣ مضخات الغسيل (Flushing Pumps)

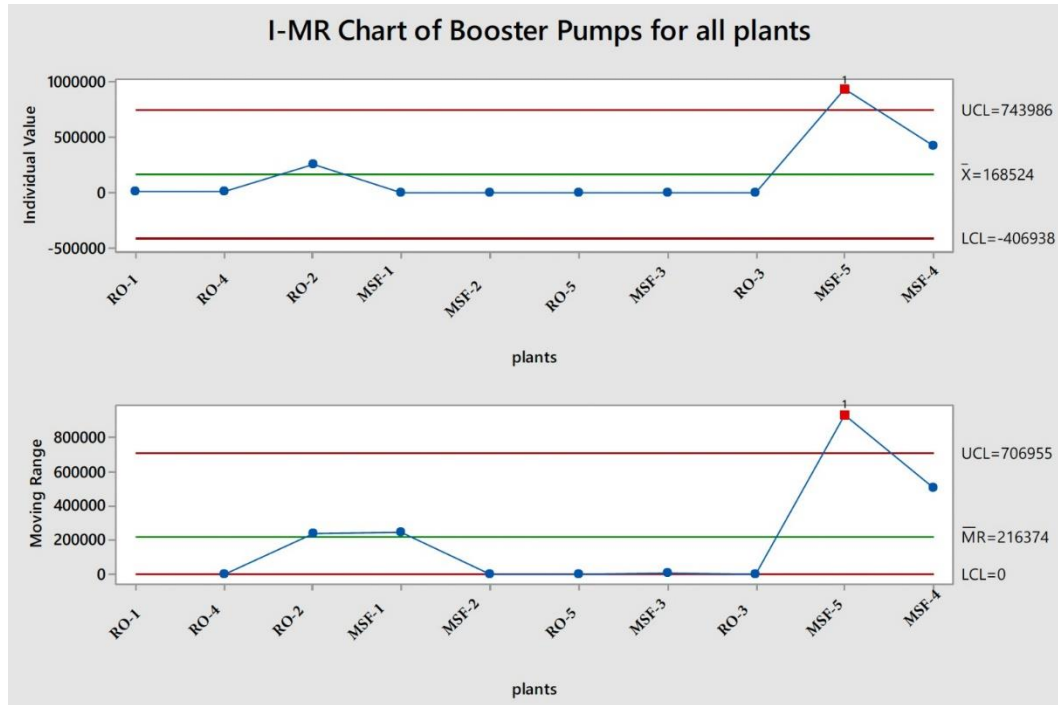
من خلال تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الغسيل، كما هو موضح في الشكل ٥ تبين للباحث أنه ليست كل النقاط الدالة على مضخات الغسيل في المحطات المشمولة بالبحث تقع داخل حدود الضبط، وأنه توجد نقطة منفردة خارج حدود الضبط. وهذا يعتبر مؤشراً عن حالة الخروج عن الضبط الإحصائي. وبناءً على ذلك، تعتبر العملية غير مستقرة إحصائياً ويجب البحث عن الأسباب التي أدت لذلك وإيجاد الخطط والحلول لها



شكل ٥: تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات الغسيل

٤,٢,٤ مضخات التعزيز (Booster Pumps)

من خلال تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات التعزيز، كما هو موضح في الشكل ٦، تبين للباحث أنه ليست كل النقاط الدالة على مضخات التعزيز في المحطات المشمولة بالبحث تقع داخل حدود الضبط، وأنه توجد نقطة منفردة خارج حدود الضبط، وهذا يعتبر مؤشراً عن حالة الخروج عن الضبط الإحصائي. وبناءً على ذلك، تعتبر العملية غير مستقرة إحصائياً ويجب البحث عن الأسباب التي أدت لذلك وإيجاد الخطط والحلول لها.



شكل ٦: تطبيق خرائط المراقبة للقيم الفردية على مضخات التعزيز

وبما أن محطة RO-1 تعتبر الأعلى في متوسط استهلاك الطاق، وجب أخذها كعينة لتطبيق الدراسة ومعرفة إمكانيات التوفير الممكنة في الطاقة

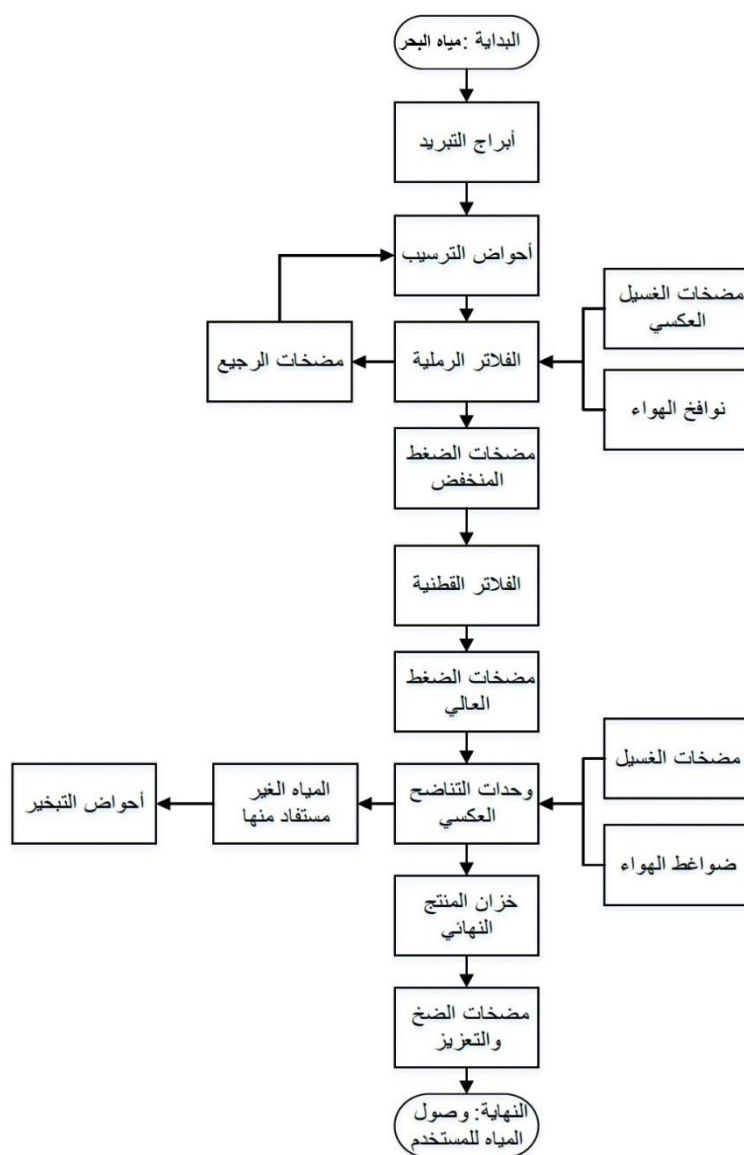
٤,٣ محطة RO-1

نبذة مختصرة عن محطة RO-1

تم إنشاء محطة RO-1 وإدخالها الخدمة في عام 2003، بطاقة إنتاجية بلغت ٦٠.٠٠٠ م³ باليوم. وتقوم المحطة بتوفير المياه لمدينة ينبع الصناعية عن طريق تحلية مياه. بعد ضخ المياه إلى المحطة، تتم عملية المعالجة والتنقية للمياه الداخلة عليها عن طريق عدة مراحل تتلخص بالتالي:

- مرحلة التبريد

- مرحلة الترسيب والتجريع الكيميائي.
- التصفية عن طريق الفلاتر الرملية.
- مرحلة التناضح العكسي،
- تشمل مضخات الضغط المنخفض والضغط العالي وكذلك وحدات التناضح العكسي. هـ.
- مرحلة المنتج النهائي.
- . مرحلة الضخ. وتتضح لنا المراحل التي تتم بها معالجة المياه من خلال خرائط التدفق المبينة في (الشكل ٧).



شكل ٧: خرائط التدفق المبينة

٤,٣,١ تقييم كفاءة الطاقة

يوضح لنا هذا القسم استهلاك الطاقة لمحطة RO-1 وفقاً للبيانات التشغيلية لحساب متوسط الاستهلاك للطاقة خلال الفترة الممتدة من يناير ٢٠٢٢ وحتى ديسمبر ٢٠٢٢ م، كما هو موضح في الجدول ٢ حيث يبدو وبشكل ظاهر للعيان أن معدل استهلاك الطاقة المحسوب لمحطة RO-1، خلال عام 2022م، مرتفعاً مقارنة بالمؤشر المعتمد البالغ ٢٠.٧٥ كيلوواط/م. وعليه، وجبت معرفة أكثر مراحل هذه المحطة استهلاكاً للطاقة من خلال المعدات أنا المستخدمة في كل مرحلة. جدول ٣ حساب معدل استهلاك الطاقة خلال الفترة يناير 2022 م -ديسمبر 2022 م لمحطة RO-1

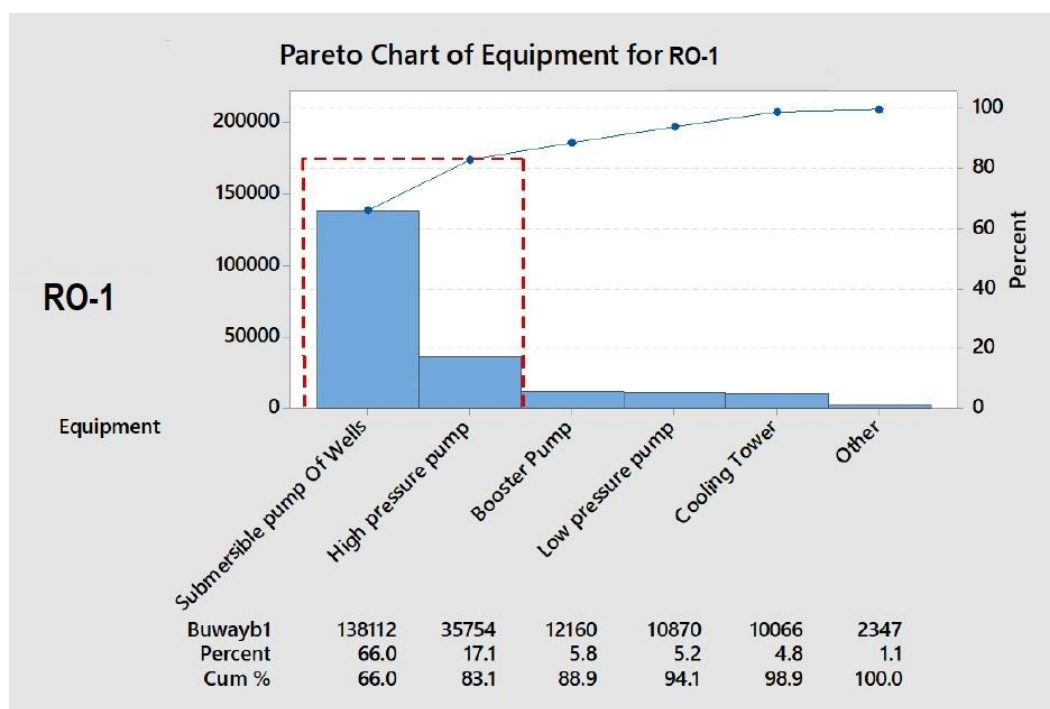
الشهر	محطة RO-1		
	م ٣	ك ط	ك ط / م ٣
يناير	١١٨٧٣٥٥	٦٠٣٠٠٠٠	٥,٠٨
فبراير	١١٧٢٩٢١	٥٨١٤٠٠٠	٤,٩٦
مارس	١١٦٦٤٧١	٥٥٩٨٦٠٠	٤,٨٠
أبريل	١١٤٥٥٥٥	٥١٠٠٠٠٠	٤,٤٥
مايو	١٢١٤٣٩٦	٦٠٣٣٠٠٠	٤,٩٧
يونيو	١٣٥٧٧٥٧	٦٦٧٦٠٠٠	٤,٩٢
يوليو	١٤٠١٣٨٥	٦٨١٩٠٠٠	٤,٨٧
أغسطس	١٢٦٧٣٢٣	٦٢٦٨٠٠٠	٤,٩٥
سبتمبر	١٣١٧٠٦٢	٦٤٨٢٧٣٥	٤,٩٢
أكتوبر	١٢١٨٦٩٩	٦١٧١٥٨١	٥,٠٦
نوفمبر	١٠١٩٣٦٠	٥٠٧٣٠٠٠	٤,٩٨
ديسمبر	١٠٧٥٧٥٦	٦٠٣٠٠٠٠	٥,٦١

جدول ١: معدل استهلاك الطاقة لعام ٢٠٢٢

محطة RO-1		اسم المعدة	م
الاستهلاك العام للمحطة ك ط / يوم	معدل الاستهلاك اليومي (ك ط/ يوم)		
٢٠٩٣٠٨,٣	١٣٨١١٢,١٣	مضخة الآبار الغاطسة	١
	١٠٠٦٥,٥٦	أبراج التبريد	٢
	١٣٤,٥٨	مضخة المياه الراجعة	٣
	٦٥٦,٩٥	مضخة الغسيل العكسي	٤
	٧٢٥,٨٨	نافخ الهواء	٥
	٧٣٩,١٦	ضاغط الهواء	٦
	١٠٨٦٩,٩٤	مضخة الضغط المنخفض	٧
	٣٥٧٥٣,٧٠	مضخة الضغط العالي	٨
	٩٠,٧٤	مضخة الغسيل	٩
	١٢١٥٩,٧١	مضخة الضخ	١٠

جدول ٣: مقارنة استهلاك اليومي للمعدات بالاستهلاك العام لمحطة بويب

وعند تطبيق الباحث المخطط باريتو، كما هو مبين في الشكل ٨، صار جلياً أن الاستهلاك العام للمحطة يعود لسببين رئيسيين وهما مضخات الآبار الغاطسة (٦٢%) وكذلك مضخات الضغط العالي (١٨%). إذن هذه المضخات تعتبر الأكثر استهلاكاً للطاقة الكهربائية. ومن خلال هذا التحليل، يتضح أيضاً أن على إدارة محطة RO-1 بشكل خاص وعلى إدارة الشركة بشكل عام -التركيز على تحسين هذين الجانبين. وعليه، فإنه يجب وضع الخطط وإجراء التحسينات المناسبة في كل معدة من المعدات المذكورة وذلك من خلال قسبي التشغيل والصيانة في المحطة أو من خلال إدارة التخطيط بالشركة وإيجاد الحلول بشأن عمليات الإصلاح والتحديث.



شكل ٨: مخطط باريتو لمعرفة أكثر المعدات استهلاكاً للطاقة في محطة RO-1

٤,٤ عرض النتائج ومناقشتها

في هذا الجزء من الدراسة بعرض الباحث النتائج التي تم الوصول إليها من خلال الإجابة على الأسئلة التي تم عرضها في بداية الدراسة ومناقشتها وذلك على النحو التالي:

السؤال الأول: ماهي الأسباب التي تؤدي الى الاستهلاك المفرط للطاقة الكهربائية وزيادة

تكاليف الصيانة والتشغيل في محطات معالجة المياه؟

وبغية الإجابة على هذا السؤال قام الباحث باستعمال أداة العصف الذهني ومخطط السبب والنتيجة لما لهاتين الوسيلتين -العصف الذهني ومخطط السبب والنتيجة- من فوائد كبيرة جداً في -حصر المعلومات الأساسية والعمل على ترتيبها وإظهار المشاكل والأسباب بشكل جلي وفهم أبعاد المشكلة بأكثر من وجهة نظر. بالفعل، تمت الاستعانة بأعضاء من الفريق العامل، والذين تم تحديدهم مسبقاً وبلغ عددهم ستة أشخاص في بداية الأمر، تم تشخيص المشكلة القائمة وتم اختيار اسم لها وهي أسباب ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل". بعد ذلك، قام الفريق بعمل عصف ذهني وحصر

جميع الأسباب التي تؤدي إلى الزيادة في استهلاك الطاقة الكهربائية في محطات معالجة المياه وذلك بكتابة جميع الأفكار على بطاقات لاصقة بحيث يتم تسجيل كل سبب وفكرة من الأفكار على بطاقة واحدة فقط. بعد الانتهاء من كتابة الأسباب تم حصر الأفكار وحذف المكرر منها. وبلغ عدد الأفكار وحصر الأسباب التي قام بكتابتها أعضاء الفريق (٣٠) سبباً وفكرة

وكانت كما جاءت في الجدول 4

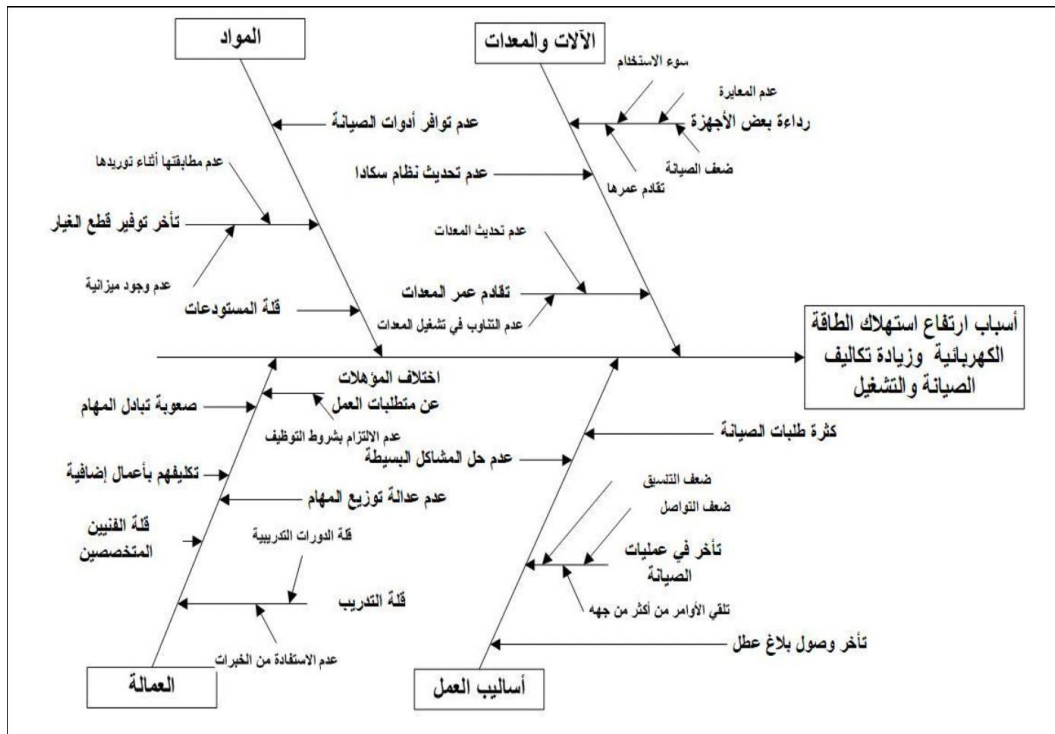
العصف الذهني

عدم تحديث المعدات	تأخر في عمليات الصيانة	كثرة طلبات الصيانة	قلة الفنيين المختصين	عدم توافر أدوات الصيانة
تقادم عمر الأجهزة	صعوبة التواصل	تقادم عمر المعدات	قلة المستودعات	ضعف التنسيق
تأخر وصول بلاغ عطل	رداءة بعض الأجهزة	عدم حل المشكلات البسيطة	عدم الالتزام بشروط التوظيف	سوء استخدام الأجهزة
عدم مطابقة المعدات أثناء التوريد	عدم عدالة توزيع المهام	عدم التناوب في تشغيل المعدات	تلقي الأوامر من أكثر من جهة	تكلف الموظفين بأعمال إضافية
عدم وجود ميزانية	عدم معايرة الأجهزة	صعوبة تبادل المهام	اختلاف المؤهلات عن متطلبات العمل	عدم تحديث نظام سكادا
قلة الدورات التدريبية	تأخر توفير قطع الغيار	عدم الاستفادة من الخبرات	ضعف صيانة الأجهزة	قلة التدريب

جدول ٤: أسباب ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية باستخدام أداة العصف الذهني

وكما يتضح من الجدول 4 فإن المشاكل التي تؤدي إلى ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل كثيرة ومتنوعة، بحيث تكون إما متعلقة بطبيعة العمل نفسه، كتأخر عمليات الصيانة وضعف التنسيق وتأخر وصول بلاغ عطل، أو متعلقة بالموظفين أنفسهم، كصعوبة تبادل المهام وتكليفهم بأعمال إضافية، أو بسبب الآلات والمعدات كتقادم عمرها الافتراضي وعدم تحديثها أو عدم التناوب على تشغيلها، أو بالمواد المستخدمة كتأخر وصول وتوريد قطع الغيار وعدم توافر أدوات الصيانة اللازمة لصيانة المعدات.

وبعد حصر الأسباب والمشاكل، استخدم الباحث مخطط السبب والنتيجة لكي يتم تصنيف الأسباب التي قام باستخراجها الفريق في حلقة العصف الذهني إلى أربع مجموعات رئيسية، ألا وهي: الآلات والمعدات المواد، أساليب العمل وأخيراً العمالة. ويظهر الشكل 9 مخطط السبب والنتيجة لتصنيف الأسباب والمشاكل التي تسبب ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل في محطات معالجة المياه



شكل 9: أسباب ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل باستخدام أداة السبب والنتيجة

يوضح الشكل (٩) أن هناك أربعة أسباب رئيسية لارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل وهي كما ذكر الباحث سابقاً الآلات والمعدات المواد، أساليب العمل وأخيراً العمالة من جهة أخرى، تتفرع هذه الأسباب إلى عوامل فرعية أخرى كما هو واضح بالشكل 9

أيضاً يلاحظ أن بعض الأسباب قد تكون نتيجة لعوامل أخرى. فمثلاً، التأخر في عمليات الصيانة أكان بسبب ضعف التواصل والتنسيق أم بسبب تلقي الأوامر من أكثر من جهة، وكذلك. تأخر توفير قطع الغيار أكان بسبب عدم توفر ميزانية كافية أم بسبب عدم مطابقة قطع الغيار أثناء عملية توريد المعدات الموجودة بالمواقع مما أدى إلى إرجاعها للموردين وانتظار وصول قطع غيار مطابقة.

السؤال الثاني: ما مدى تأثير أدوات الجودة في تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة

المياه؟

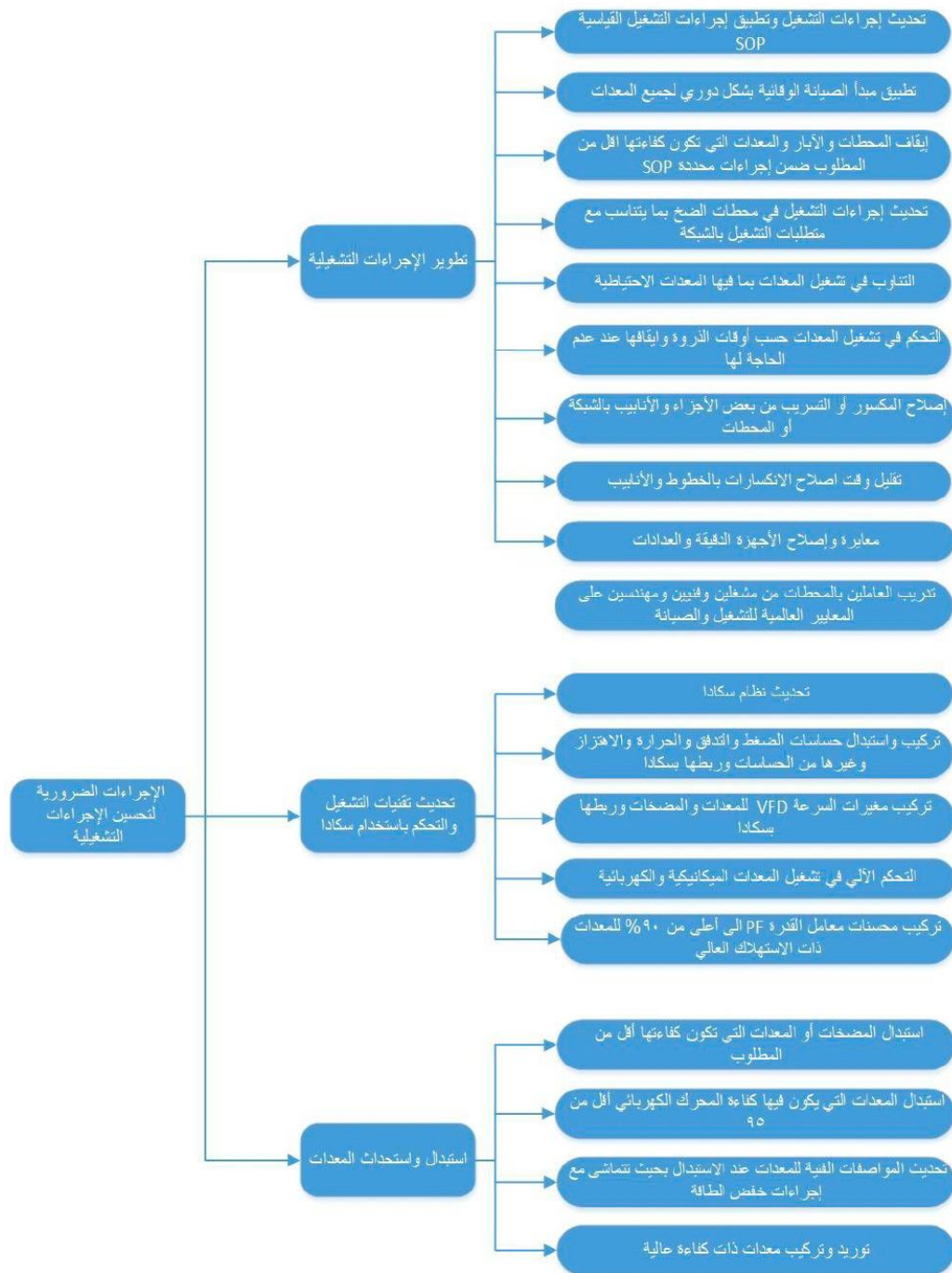
للإجابة على هذا السؤال، قام الباحث بالاستعانة بأدوات الجودة وذلك للوصول لهدف معين ألا وهو تحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه التي بدورها تساهم في خفض استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل واضح. فأدوات الجودة هي عبارة عن أدوات تقوم بترتيب الأولويات وتحديد المشاكل بدقة ومن ثم يسهل على المنشأة أو المؤسسة الوصول لحلول ملموسة قد تنفذها من الانهيار أو الخسارة لا. الله. فالعالم الياباني إيشيكاوا (Ishikawa ١٩٧٦) ذكر، في كتابه دليل ضبط سمح الجودة"، أن نسبة كبيرة جداً، قد تقارب الـ ٩٥% من المشاكل الخاصة بالجودة في جميع المنظمات باستطاعتنا حلها عن طريق التطبيق الأمثل لأدوات الجودة السبع الأساسية. وهذا ما تم تطبيقه فعلياً في هذه الدراسة

الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

٥,١ الاستنتاجات

في هذا الجزء من الدراسة، يتم عرض أهم الاستنتاجات التي توصل إليها الباحث. حيث أوضحت الدراسة وجود استهلاك عال للطاقة الكهربائية في أغلب محطات المياه المشمولة بهذه الدراسة. بالفعل، لقد بلغت نسبة الاستهلاك في بعض المحطات إلى ١٥% من قيمة الاستهلاك العام للشركة كمحطة RO-1 مثلاً. هذه النسبة تعتبر عالية جداً، حيث بلغ معدل الاستهلاك العام لها على ٢٠٠٪ مقارنة بالمؤشر المعتمد من الكيلوواط لكل متر مكعب والذي يبلغ ٢,٧٥ كيلوواط/م^٣. وأثناء التعمق أكثر في معرفة المعدات الأكثر تأثيراً على استهلاك المحطات العام، تبين للباحث أن مضخات الآبار الغاطسة ومضخات الضغط العالي لها نصيب الأسد في قيمة الاستهلاك في جميع المحطات التي شملتها الدراسة. وبناءً على ذلك، تم بناء فريق عمل لحصر وتدوين الأسباب التي يعتقد أنها من الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى الاستهلاك المفرط للطاقة الكهربائية وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل. بالفعل، لقد توصل أعضاء الفريق إلى تدوين ما يقارب ثلاثين سبباً التي قد تكون من العوامل الفاعلة في ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية العالية حيث تمثلت بتكوين فريق عمل والاستعانة بالعصف الذهني واستخدام مخطط السبب والنتيجة الذي تمت الاستعانة بهما في الفصل السابق. وبعد معرفة الأسباب تم وضع حلول مقترحة لتحسين الإجراءات التشغيلية في المحطات المشمولة بالدراسة وذلك بالاستعانة بمخطط الشجرة كما هو مشروح في (الشكل ١٠).



شكل ١٠: الحلول المقترحة لتحسين الإجراءات التشغيلية في محطات معالجة المياه باستخدام مخطط الشجرة

٥,٢ التوصيات

من خلال النتائج السابقة، توصل الباحث لعدة توصيات والتي تتمثل بالنقاط التالية:

- إنشاء إدارة تعنى " بإدارة الطاقة"، من مهامها جمع وتحليل ومتابعة استهلاك الطاقة والعمل على تخفيضها وإعداد التقارير الدورية اللازمة لأصحاب القرار لاتخاذ الإجراءات اللازمة في حينها ووضع الخطط والاستراتيجيات والسياسات لتخفيض الطاقة وتطبيق المعيار الدولي لإدارة الطاقة ايزو ٥٠٠١
- دراسة إمكانية المحطات ذات الإنتاجية المنخفضة والآثار المترتبة على ذلك مع إعداد ودراسة البدائل الممكنة لذلك مع المختصين.
- العمل على تطبيق الإجراءات الضرورية لتحسين الإجراءات التشغيلية، المشار إليها أنفا في هذه الدراسة، وخاصة فيما يتعلق بتحديث إجراءات التشغيل لجميع المواقع بما يتناسب مع متطلبات التشغيل.
- متابعة تطبيق إجراءات الصيانة الوقائية والتصحيحية ومراجعة خطط الصيانة وتطوير خططها التنفيذية.
- رفع مستوى التكامل بين أقسام الصيانة والتشغيل والأصول والعمل على ربط الأنشطة والتنسيق فيما بينهم عن طريق ربطهما بنظام الي واضح ومفهوم.
- تحديث المواصفات الفنية للمعدات بالتنسيق مع إدارة الأصول وإدارة التشغيل والصيانة بحيث تؤخذ بعين الاعتبار كفاءة استهلاك الطاقة لهذه المعدات.
- إعداد لائحة فنية حسب المقاييس العالمية مع الأخذ بالاعتبار كفاءة الطاقة الكهربائية والعمل على تطبيق المعيار الدولي لإدارة الطاقة ايزو ٥٠٠١.
- تحديث وتطوير واستبدال أنظمة التشغيل الآلى سكادا وأنظمة التحكم مع تغيير واستبدال الأجهزة الدقيقة وأجهزة القياس والمراقبة..

- تحديث المواصفات الفنية لنظام سكادا بحيث يؤخذ بعين الاعتبار قراءة استهلاك الطاقة الكهربائية لكل معدة وتشمل التدفق الضغط الفولط الأمبير وأخيراً استهلاك الطاقة.
- تنظيم إدارة وتشغيل أنظمة سكادا ومعالجة الخلل في وضع متطلبات ومواصفات ومدخلات التشغيل وذلك بالتنسيق مع الإدارات المعنية.
- تقييم الأصول " جميع المعدات الخاصة بالشركة، بإعداد وتطبيق الإجراءات الخاصة باستبدال المعدات الأقل كفاءة وحصر الأصول الأقل كفاءة وإنتاجية ووضع خطط التطوير والتحديث
- وضع اليات وبرامج معتمدة لتحفيز العاملين بالمواقع في حال تحقيق توفير في استهلاك الطاقة الكهربائية.
- تفعيل دور منسقي الطاقة بالمحطات ووضع إجراءات ومهام عمل وخطط تدريبية مناسبة للفنيين والعمال.
- تعديل الوضع التشغيلي للمعدات، بحيث يتم تشغيلها على المدى المتوسط التصميمي والذي يعطي أعلى كفاءة ممكنة للمعدة.

الفصل السادس

المراجع

٦,١ المراجع العربية

- إسماعيل القزاز، رامي الحديثي، وعادل كوريل. (٢٠٠٩). six sigma وأساليب حديثة أخرى في إدارة الجودة الشاملة الأردن: دار المسيرة.
- باند بيت هولب (٢٠٠٥). سيكس سيجما رؤية متقدمة في إدارة الجودة. (أسامة مسلم المترجمون الرياض: دار المريخ.
- جيمس ديران وجيمس إيفانز (٢٠٠٩). الجودة الشاملة الإدارة والتنظيم والاستراتيجية (سرور علي سرور المترجمون الرياض دار المريخ
- حواس بجوي. (مارس)، (٢٠١٧). المؤشر المعتمد لمعدل استهلاك المتر المكعب للكيلوواط.
- خالد الجضي (٢٠٠٥). إدارة الجودة الشاملة. الرياض دار الأصحاب للنشر والتوزيع. ريشارد ويليامز. (٢٠٠٣). أساسيات إدارة الجودة الشاملة (مكتبة جريز، المترجمون) الرياض مكتبة جريز
- ساره عبد الله المنقاش (نوفمبر ٢٠١٤) في حل المشكلات الإدارية في مؤسسات التعليم العالي، المجلة السعودية للتعليم العالي، الصفحات ٩٥-٥١
- علي حسين (٢٠٠١). الإبداع في حل المشكلات. دمشق: دار الرضا.
- محمد احمد عيشوني. (٢٠١٠). الدليل العلمي للتحسين المستمر للعمليات باستخدام الأدوات الأساسية السبع للجودة. الرياض: دار الأصحاب.
- محمد أحمد عيشوني. (٢٠١٢). الدليل العلمي للتحسين المستمر للعمليات باستخدام الأدوات السبع للإدارة والتخطيط. الرياض دار الأصحاب للنشر والتوزيع.
- محمد أحمد عيشوني. (٢٠١٤) ضبط الجودة: التقنيات الأساسية وتطبيقاتها في المجالات الانتاجية والخدمية. الرياض: دار الأصحاب.
- مصطفى دعمس (٢٠٠٩). الإستراتيجية التعليمية الأردن: دار غيداء.

٦,٢ المراجع الإنجليزية:

- Brassard, M. (1996). The Memory jogger plus+: Faeaturing the seven management and planning tools. GOAL/QPC.
- Castelle, L., & Molinos, M. (2016). Efficiency assessment of wastewater treatment plants: A data envelopment analysis approach integrating technical, economic, and environmental issues. Environmental Management, pp. 160-166.
- Daw, J., Hallett, K., DeWolfe, J., & Venner, i. (2012). Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities. Golden, Colorado: National Renewable Energy Laboratory.
- Duffy, G., Laman, S., Mehta, P., Ramu, G., Scriabina, N., & Wagoner. K. (2012). Beyond the basics: Seven new quality tools help innovative, communicate and plan. Basic Quality. pp. 17-29.
- Feudo, S., Corsini, 1. Bonacina, F., Tortora, E., & Cima, E. (2017). Energy rating of water pumping station using multivariate analysis. 72nd Conference of the Italian a Thermal Machines Engineering Association, (pp. 385-391). lecce, Italy.
- Hagemeyer. C., Gershenson, J. K. & Johnson, D. M. (2006). Classification and application of problem-solving quality tools. the TOM journal. pp. 455-427.
- Ishikawa, K. (1976). Ishikawa's guids to qulity control. tokyo: isian produtivity organization.
- Juran. J. M., & Godfrey, A. B. (2000). Juran's quality handbook (Vol. 5th Edition). Singapore: Mc Graw Hill.

- Leavengood. S. A. (2011). Identifying Best Quality Management Practices for Achieving Quality and Innovation Performance in the Forest Products Industry Portland State.
- Liang, K. (2010, September). Aspects of Quality Tools on Total Quality Management Modern Applied Science, pp. 66-74.
- Lledo Casteller et al. (2015, October 5). Efficiency assessment of wastewater treatment plants: A data envelopment analysis approach integrating technical, economic, and environmental issues. Journal of Environmental Management, pp. 160-166.
- Sandras, W. A. (2002). The new management and planning total quality control tools (TOC2). DOC.020705.
- Shahin, A., Arabzad, M., & Ghorbani, M. (2010, November). Proposing an Integrated Framework of Seven Basic and New. Research Journal of International Studies. pp. 183-195

محطة RO-1			الشهر
ك ط / م٣	ك ط	م٣	
٥,٠٨	٦٠٣٠٠٠٠	١١٨٧٣٥٥	يناير
٤,٩٦	٥٨١٤٠٠٠	١١٧٢٩٢١	فبراير
٤,٨٠	٥٥٩٨٦٠٠	١١٦٦٤٧١	مارس
٤,٤٥	٥١٠٠٠٠٠	١١٤٥٥٥٥	أبريل
٤,٩٧	٦٠٣٣٠٠٠	١٢١٤٣٩٦	مايو
٤,٩٢	٦٦٧٦٠٠٠	١٣٥٧٧٥٧	يونيو
٤,٨٧	٦٨١٩٠٠٠	١٤٠١٣٨٥	يوليو
٤,٩٥	٦٢٦٨٠٠٠	١٢٦٧٣٢٣	أغسطس
٤,٩٢	٦٤٨٢٧٣٥	١٣١٧٠٦٢	سبتمبر
٥,٠٦	٦١٧١٥٨١	١٢١٨٦٩٩	أكتوبر
٤,٩٨	٥٠٧٣٠٠٠	١٠١٩٣٦٠	نوفمبر
٥,٦١	٦٠٣٠٠٠٠	١٠٧٥٧٥٦	ديسمبر
٤,٩٦			متوسط الاستهلاك

جدول 2: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-1

محطة RO-2			الشهر
ك ط / م ٣	ك ط	م ٣	
٣,٩٠	٥١٥٦٠٠٠	١٣٢٢٩٩٠	يناير
٣,٧٩	٣٤٠٤٠٠٠	٨٩٨٨٠٧	فبراير
٣,٨١	٤٩٠٨٣٢٣	١٢٨٧٢٢١	مارس
٣,٥٩	٤٧٥١٦٥٧	١٣٢٤٧١٥	أبريل
٣,٩٧	٥٠٧٢٠٠٠	١٢٧٨١٧١	مايو
٣,٩٨	٥١١٩٠٠٠	١٢٨٥٦١٩	يونيو
٣,٨٦	٥١٣٠٠٠٠	١٣٢٨٣٠١	يوليو
٤,٥٠	٤٨٨٦٠٠٠	١٠٨٥١٧٥	أغسطس
٣,٤٣	٤٢٥٧٠٠٠	١٢٤٢٨٧٧	سبتمبر
٣,٤٨	٤٥٦٤٣٥٥	١٣١١٧٩٠	أكتوبر
٣,٩٣	٤٤٥٠٠٠٠	١١٣٢٢٠٤	نوفمبر
٣,٩٢	٥١٥٦٠٠٠	١٣١٣٧٥٦	ديسمبر
٣,٨٥			متوسط الاستهلاك

جدول ٦: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-2

محطة RO-3			الشهر
ك ط / م	ك ط	م	
٢,٣٥	١١٦٤٥٠٠٠	٤٩٤٦٢٤٨	يناير
٢,٠٣	٩٢٦٠٠٠٠	٤٥٥٩٠٤٧	فبراير
١,٩٧	١١٦٥٩٠٠٠	٥٩١١١٦٥	مارس
٢,٤٥	١٤٧٤٠٠٠٠	٦٠١٧٩٣٣	أبريل
٢,٤٨	١٥٨٤٠٠٠٠	٦٣٩٥٩٢٨	مايو
٢,٤٥	١٤٧٥٢٠٠٠	٦٠٢٠٢٩٢	يونيو
٢,٩٨	١٧٥٠٧٠٠٠	٥٨٦٩٢٣٩	يوليو
٢,٦٤	١٧١٢٠٠٠٠	٦٤٨٦١٢٩	أغسطس
٢,٤٨	١٤٥٣٤٠٠٠	٥٨٥٥١٩٢	سبتمبر
٢,٣٨	١٥٤٨٩٠٠٠	٦٥٠٥٦٧٣	أكتوبر
٢,٥١	١٤٧٨٦٠٠٠	٥٨٨٨٢٧١	نوفمبر
٢,٤٨	١١٦٤٥٠٠٠	٤٦٩١٦٨٩	ديسمبر
٢,٤٣			متوسط الاستهلاك

جدول ٣ : معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-3

محطة RO-4			الشهر
ك ط / م ٣	ك ط	م ٣	
٤,٠٦	٤٥٣٦.٠٠٠	١١١٧٥١٥	يناير
٣,٥٩	٤٣١٣.٠٠٠	١٢٠٠٠٨١	فبراير
٣,٦٣	٤٦٤٤.٠٠٠	١٢٧٩١٣٩	مارس
٣,٧٥	٤٤٤٧.٠٠٠	١١٨٦١٨٩	أبريل
٤,٢٠	٥٣٢٩.٠٠٠	١٢٦٩٤٢١	مايو
٤,٢٣	٥٢٧١.٠٠٠	١٢٤٤٨٣٢	يونيو
٤,٥٣	٥٧٨٠.٠٠٠	١٢٧٥٤٣٩	يوليو
٤,٦٥	٥٨٧٠.١٠٠	١٢٦٢٨٢١	أغسطس
٤,٠٦	٥٥١٦.٠٠٠	١٣٦٠٠٣٦	سبتمبر
٣,٨٩	٥٣١٧.٠٠٠	١٣٦٦١٢٤	أكتوبر
٣,٧٣	٤٦٩٠.٠٠٠	١٢٥٦٢١٩	نوفمبر
٣,٦٨	٤٥٣٦.٠٠٠	١٢٣٤٠٦٠	ديسمبر
٤,٠٠			متوسط الاستهلاك

جدول ٤: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-4

محطة MSF- 4			الشهر
ك ط / م ٣	ك ط	م ٣	
١,٨٤	١٩٨٩٢٢٠٠	١٠٧٩٦٠٠٧	يناير
١,٨٦	١٩٨٨٣٤١٦	١٠٦٧٥٥١١	فبراير
١,٨٦	٢٢٢٤٥٩١٣	١١٩٦٨٨٠٣	مارس
١,٨٥	٢١٢٨٧٢٩٥	١١٥٠٩٤٥٦	أبريل
١,٨٣	٢١٦٣٥٣٦٣	١١٨٢١٨٨٢	مايو
١,٨٧	٢١٥٣٧٦٨٧	١١٥١٧٠٤١	يونيو
١,٧٩	٢١٢٠٦٧٨٧	١١٨٧٤٩١٦	يوليو
١,٨٨	٢١٩٧٥١٦١	١١٦٧٢٨٥٢	أغسطس
١,٨٩	٢١٠١٧٢٦٨	١١١٢٨٢٠٥	سبتمبر
١,٩٠	٢١٦٦١٣٨٠	١١٤٠٣١٨٦	أكتوبر
١,٨٥	٢٠٥٥٦٣٤٦	١١١١٧٢٩٩	نوفمبر
١,٧٨	١٩٨٩٢٢٠٠	١١١٩٠٥٠٣	ديسمبر
١,٨٥			متوسط الاستهلاك

جدول ٥ : معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-4

محطة MSF-3			الشهر
ك ط / م ٣	ك ط	م ٣	
٣,٢٥	٢٢٩١٢١٦	٧٠٥٤٦٨	يناير
٢,٤٢	١٠٨٣٩٥٥	٤٤٨١١٧	فبراير
٢,٩١	٢٦٧٦٨٧٨	٩٢٠٨٦٤	مارس
٣,١٣	٢٩٣٨١٤٦	٩٣٩٩٨٥	أبريل
٣,١٩	٣١٥١٢٦٤	٩٨٨٦٦٨	مايو
٣,٣٥	٣٠٨٨٠٤٤	٩٢٢٤٤٣	يونيو
٣,٢٤	٢٩٨٤٨٦١	٩٢٠٦٢٩	يوليو
٣,٣٤	٢٩٣٠١٤٩	٨٧٨٠٩٤	أغسطس
٣,٢٤	٣٠٥٨٧٠٥	٩٤٢٦٧١	سبتمبر
٣,١٩	٣٠٢٧٠٧٥	٩٤٩٥٥٣	أكتوبر
٣,١٤	٢٥٩٥٧٠٩	٨٢٧١٧٤	نوفمبر
٢,٩٧	٣١٢٥٤١٩	١٠٥١٢٦٠	ديسمبر
٣,١١			متوسط الاستهلاك

جدول ١٠: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-3

محطة MSF-2			الشهر
ك ط / م ٣	ك ط	م ٣	
٤,٥٠	٨٤٨٠٩٤	١٨٨٤٠٦	يناير
٣,٨٩	٧٨٠٢٠٤,٧	٢٠٠٥٦٢	فبراير
٣,٣٣	٩٦١٩٥٥,٨	٢٨٩٠٥٩	مارس
٣,٨١	٩٣٣١٦٣,٣	٢٤٥١٩٦	أبريل
٣,٥٧	١٤٥١٩٨٠	٤٠٦٣٣٢	مايو
٣,٤٣	١٦٦٢٠٢١	٤٨٤١٩٥	يونيو
٣,٥٩	١٧٨١٣٤٦	٤٩٥٥٧٩	يوليو
٣,٦٢	١٦٢١٨٩٢	٤٤٧٩٩٦	أغسطس
٣,٢٩	١٧٣٠٤٦٩	٥٢٥٦١٣	سبتمبر
٣,٣٦	١٧٥٨٩٩٠	٥٢٢٧٩٣	أكتوبر
٣,٢٦	١٣٥٩٥٧٩	٤١٧٢٤١	نوفمبر
٢,٩٩	١٠٧٦٠٧٨	٣٦٠٢٧٦	ديسمبر
٣,٥٥			متوسط الاستهلاك

جدول ١١: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-2

محطة RO-5			الشهر
ك ط / م	ك ط	م	
٣,٥٣	٥٠٨٤٨٠٠	١٤٣٩٤٩٥	يناير
٣,٨٤	٤٠٣٢٨٠٠	١٠٤٩٥٥٢	فبراير
٣,٩٠	٥١٣٩٣٠٠	١٣١٨٦٣٠	مارس
٣,٧٤	٤٩٤١٤٠٠	١٣١٩٦٠٣	أبريل
٣,٢٥	٤١٩١٧٠٠	١٢٩١٠٤١	مايو
٣,٢٨	٤٥٨٨٣٠٠	١٣٩٨٥٠٧	يونيو
٢,٥٩	٣٨٨٩٣٠٠	١٥٠٢٢٢٩	يوليو
٣,٠١	٤٣٧٥١٠٠	١٤٥٣٢٠٢	أغسطس
٣,٣٩	٥١٦٤١٠٠	١٥٢٣٦١٠	سبتمبر
٣,٠٢	٤٧١٧٨٠٠	١٥٦٣٨٩٩	أكتوبر
٣,١١	٤٤٤٤٤١٧	١٤٢٩٦٢١	نوفمبر
٣,١٥	٥٠٨٤٨٠٠	١٦١٥٩٢١	ديسمبر
٣,٣٢			متوسط الاستهلاك

جدول ١٤: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة RO-5

محطة MSF-5			الشهر
ك ط / م ٣	ك ط	م ٣	
٢,١٥	٣٧٨٥٠٠٠	١٧٥٦٨٠٦	يناير
٢,١٠	٣٢٣٥٠٠٠	١٥٤١٠٤٢	فبراير
٢,١٦	٣٨٠١٠٠٠	١٧٦٠٣٨٠	مارس
٢,٠٧	٣٤٧٠٠٠٠	١٦٧٥٨٠٢	أبريل
٢,٠٦	٣٤٨٦٠٠٠	١٦٨٨٦٨٩	مايو
٢,٠١	٣٣٢٨٠٠٠	١٦٥٩١٨٩	يونيو
٢,١٩	٣٥٦٨٠٠٠	١٦٢٩٤٠٢	يوليو
٢,١٩	٣٥٦٨٠٠٠	١٦٢٩٤٠٢	أغسطس
٢,٠١	٣١٦٤٠٠٠	١٥٧٧٠٢١	سبتمبر
٢,٠١	٣١٢٣٠٠٠	١٥٥٥٧٢٨	أكتوبر
٢,١١	٣٠٤٠٠٠٠	١٤٤٠٤٣١	نوفمبر
٢,٣٦	٣٦٨٠٠٠٠	١٥٥٩٣٩٣	ديسمبر
٢,١٢			متوسط الاستهلاك

جدول ١٢: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-5

محطة MSF-1			الشهر
ك ط / م ٣	ك ط	م ٣	
٣,٤٨	٥٧٩٧٦٣٢	١٦٦٥٠٦٢	يناير
٣,٧٨	٤٨٧٤٦٢٦	١٢٨٨٥٣٧	فبراير
٣,١٥	٤٦٨٢٢٣٢	١٤٨٦٥٧٨	مارس
٣,٤٤	٤٥٠٨٣٨٩	١٣١٠٢٢٤	أبريل
٣,٨٣	٥١٩٠٢٨٣	١٣٥٥٧٦٤	مايو
٣,٦٩	٥٣٧٨٦٢٨	١٤٥٧٤٩٢	يونيو
٣,٥٣	٥٤٧١٩٦٤	١٥٥١٣١١	يوليو
٤,٢١	٥٨٤٧٢٦٦	١٣٨٧٧١٣	أغسطس
٤,١٧	٤٧١٢٣٨٢	١١٣٠٢٤٨	سبتمبر
٤,٣٩	٥١٨٩٠٦٧	١١٨٢٠٦٨	أكتوبر
٤,٢١	٤٤٥٥٤١٧	١٠٥٨٠٢٤	نوفمبر
٤,٢٥	٥٣٧٦٤٤٤	١٢٦٤٩١١	ديسمبر
٣,٨٤			متوسط الاستهلاك

جدول ١٣: معدل استهلاك الطاقة الشهري لكل متر مكعب لمحطة MSF-1