

أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ على كفاءة تشغيل مشاريع المياه في
المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية دراسة تطبيقية

إعداد الطالب/

علي سعد محمد الأسمرى

الرقم الجامعي/

251000490

إشراف/

د. فايز جراد

د. الفیصل عبدالحمید

العام الدراسي

2025

هَذَا مِنْ فِصَلَةٍ

إهداء

إلى من غرس فيَّ القيم، وسقاني من معين الحكمة،

إلى من كان دعاؤهم سرّ توفيقِي، وسندًا لي في كل مراحل حياتي،

إلى والديَّ الكريمين، أهدي ثمرة جهدي وعملي، عرفانًا وتقديرًا.

وإلى من ساندني وشجّعني في مسيرتي العلمية،

إلى إخوتي وأصدقائي وزملائي،

لكم جميعًا أهدي هذا العمل المتواضع، امتنانًا لكل دعمٍ صادق.

شكر وتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبِعونه وتوفيقه أنجزت هذا العمل المتواضع.

أتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان لمشرفي الكريمين أ.د/ فايز جراد & أ.د/ الفيصل عبد الحميد
الذين كان

لدعمهم العلمي، وتوجيهاتهم السديدة، وملاحظاتهم القيمة، الأثر الأكبر في إنجاز هذه الرسالة. لقد
كانا مثلاً يُحتذى به في العلم والأخلاق والتفاني.

كما أتوجه بالشكر الجزيل لأعضاء لجنة المناقشة الكرام على وقتهم
وجهدهم وملاحظاتهم البتّة التي أثرت هذا العمل.

ولا يفوتني أن أعبر عن تقديري العميق لكل من ساندني ووقف إلى جانبي خلال فترة إعداد
الرسالة، من أسرتي وأصدقائي وزملائي، وخاصة والديّ العزيزين، الذين كان لدعائهما

ودعمهما المعنوي والمادي بالغ الأثر في وصولي إلى هذه المرحلة.

وأخيراً إلى كل من ساعدني وكان له دور من قريب أو بعيد في إتمام هذه الدراسة، سائل المولى عز وجل أن
يجزي الجميع خير الجزاء في الدنيا والآخرة.
لكم جميعاً، كل الشكر والتقدير والامتنان.

فهرس المحتويات

إهداء.....	3
شكرو وتقدير.....	4
قائمة الجداول.....	7
فهرس الأشكال.....	9
المستخلص.....	11
الفصل الأول.....	12
المقدمة.....	13
مشكلة الدراسة.....	15
أهمية الدراسة.....	16
أهداف الدراسة.....	17
تساؤلات الدراسة.....	18
فرضيات الدراسة.....	18
النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث.....	19
الفصل الثاني.....	21
الدراسات السابقة.....	21
المقدمة.....	22
المتغير التابع والمستقل.....	24
الدراسات السابقة.....	25
الإطار النظري للدراسة.....	29
الفصل الثالث.....	32
منهجية الدراسة.....	32

33	المقدمة
35	المنهجية وطرق البحث
35	أدوات الدراسة
36	الأساليب الإحصائية المستخدمة
36	مجتمع البحث
38	خطوات جمع البيانات
39	حدود البحث
40	الفصل الرابع
40	نتائج الدراسة
41	المقدمة
42	تحليل البيانات
76	المناقشة
78	الخاتمة
80	التوصيات
81	المراجع
86	الملاحق
89	Abstract

قائمة الجداول

- جدول 1: الوصف الإحصائي للبيانات بالتجربة. 43
- جدول 2: الوصف الإحصائي لعمر المشاركين بالتجربة. 44
- جدول 3: الوصف الإحصائي لجنس المشاركين بالتجربة. 45
- جدول 4: الوصف الإحصائي لجنس المشاركين بالتجربة. 46
- جدول 5: الوصف الإحصائي لتبني الجهة المشغلة لمحطات الضخ تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال. 47
- جدول 6: الوصف الإحصائي لتتوافر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية. 48
- جدول 7: الوصف الإحصائي ليتم تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء. 50
- جدول 8: الوصف الإحصائي للدعم الحكومي ساهم في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ. 51
- جدول 9: الوصف الإحصائي لاستخدام الطاقة الشمسية أدى إلى تقليل تكاليف التشغيل للمحطة. 52
- جدول 10: الوصف الإحصائي للطاقة الشمسية ساهمت في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل. 53
- جدول 11: الوصف الإحصائي لنظام الضخ بالطاقة الشمسية يتميز باستقرار وأداء عالٍ في الظروف المناخية المختلفة. 54
- جدول 12: الوصف الإحصائي لتوفر الطاقة الشمسية ساهم في زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية. 56
- جدول 13: الوصف الإحصائي لاستخدام الطاقة الشمسية ساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية. 57
- جدول 14: الوصف الإحصائي لمشاريع الطاقة الشمسية تتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة. 58
- جدول 15: الوصف الإحصائي للطاقة الشمسية تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه. 59
- جدول 16: الوصف الإحصائي للاستثمار في الطاقة الشمسية مجدياً اقتصادياً على المدى الطويل. 60
- جدول 17: الوصف الإحصائي لتكلفة الصيانة لأنظمة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة صيانة أنظمة التشغيل التقليدية. 62
- جدول 18: الوصف الإحصائي لاستخدام الطاقة الشمسية ساهم في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع. 63
- جدول 19: الوصف الإحصائي لتواجه مشاريع الطاقة الشمسية تحديات فنية تؤثر على كفاءتها. 64

جدول 20: الوصف الإحصائي لضعف الكوادر المتخصصة يمثل عائقاً أمام تبني أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية. ..	65
جدول 21: الوصف الإحصائي لهنالك حاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ.....	66
جدول 22: ملخص تحليل البيانات.....	68
جدول 23: مصداقية وموثوقية البيانات.....	68
جدول 24: متغيرات الدراسة التابعة والمستقلة.....	69
جدول 25: اختبار كاي اسكوير لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل تكاليف التشغيل بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية.....	70
جدول 26: اختبار كاي اسكوير لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الأعطال بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية.....	72
جدول 27: اختبار كاي اسكوير لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الانبعاثات الكربونية بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية.....	73
جدول 28: تحليل التباين الأحادي.....	74
جدول 29: ملخص نموذج عامل بايز ^{أ، ب}	74
جدول 30: تقديرات بايزية لتباين الخطأ.....	75

فهرس الأشكال

- رسم توضيحي 1: الإطار النظري للدراسة 30
- رسم توضيحي 2: التمثيل البياني لعمر المشاركين بالتجربة 44
- رسم توضيحي 3: التمثيل البياني لجنس المشاركين بالتجربة 45
- رسم توضيحي 4: التمثيل البياني لجنس المشاركين بالتجربة 47
- رسم توضيحي 5: التمثيل البياني لتبني الجهة المشغلة لمحطات الضخ تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال 48
- رسم توضيحي 6: التمثيل البياني لتتوافر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية 49
- رسم توضيحي 7: التمثيل البياني ليتم تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء 50
- رسم توضيحي 8: التمثيل البياني للدعم الحكومي ساهم في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ ... 51
- رسم توضيحي 9: التمثيل البياني لاستخدام الطاقة الشمسية أدى إلى تقليل تكاليف التشغيل للمحطة 52
- رسم توضيحي 10: التمثيل البياني للطاقة الشمسية ساهمت في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل 53
- رسم توضيحي 11: التمثيل البياني لنظام الضخ بالطاقة الشمسية يتميز باستقرار وأداء عالٍ في الظروف المناخية المختلفة 55
- رسم توضيحي 12: التمثيل البياني لتوفر الطاقة الشمسية ساهم في زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية 56
- رسم توضيحي 13: التمثيل البياني لاستخدام الطاقة الشمسية ساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية 57
- رسم توضيحي 14: التمثيل البياني لمشاريع الطاقة الشمسية تتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة 58
- رسم توضيحي 15: التمثيل البياني للطاقة الشمسية تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه 59
- رسم توضيحي 16: التمثيل البياني للإستثمار في الطاقة الشمسية مجدٍ اقتصادياً على المدى الطويل 61
- رسم توضيحي 17: التمثيل البياني لتكلفة الصيانة لأنظمة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة صيانة أنظمة التشغيل التقليدية 62

- رسم توضيحي 18: التمثيل البياني لاستخدام الطاقة الشمسية ساهم في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع 63
- رسم توضيحي 19: التمثيل البياني لتواجه مشاريع الطاقة الشمسية تحديات فنية تؤثر على كفاءتها 64
- رسم توضيحي 20: التمثيل البياني لضعف الكوادر المتخصصة يمثل عائقاً أمام تبني أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية 65
- رسم توضيحي 21: التمثيل البياني لهنالك حاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ 67
- رسم توضيحي 22: المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل تكاليف التشغيل بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية 71
- رسم توضيحي 23: المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الأعطال بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية 72
- رسم توضيحي 24: المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الانبعاثات الكربونية بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية 73

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ على كفاءة تشغيل مشاريع المياه في المناطق النائية بالملكة العربية السعودية، من خلال تقييم الأداء التشغيلي والاقتصادي والبيئي لهذه التقنية. وقد اعتمدت الدراسة على المنهجية الكمية لجمع وتحليل البيانات، حيث تم تطبيق استبيانات على عينة ممثلة من 250 فردًا من العاملين والإداريين في مشاريع المياه بالمناطق النائية، بهدف قياس تأثير الطاقة الشمسية على تقليل الأعطال، خفض التكاليف التشغيلية، والحد من الانبعاثات الكربونية. أظهرت النتائج وجود أثر إيجابي واضح لتبني الطاقة الشمسية على كفاءة التشغيل، حيث ساهمت في زيادة موثوقية المحطات، وتحقيق الاستدامة الاقتصادية والبيئية، وتقليل الاعتماد على الشبكات الكهربائية التقليدية. وبناءً على هذه النتائج، توصي الدراسة بتوسيع نطاق استخدام الطاقة الشمسية في مشاريع المياه، تعزيز برامج الصيانة الدورية والتدريب الفني للكوادر، والاستثمار في أنظمة مراقبة ذكية لضمان استمرارية التشغيل وتحقيق الاستفادة القصوى من هذه التقنية.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، محطات الضخ، كفاءة التشغيل، المشاريع المائية، الاستدامة البيئية،

تقليل التكاليف، المناطق النائية

الفصل الأول

المقدمة

في ظل التحديات المتزايدة المرتبطة بندرة المياه وارتفاع تكاليف الطاقة، أصبحت الحاجة إلى حلول مبتكرة ومستدامة في تشغيل البنية التحتية المائية أمراً ملجأً، لاسيما في المناطق التي تعاني من ضعف الموارد وشح الكهرباء. وفي هذا السياق، يبرز تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ كممارسة متقدمة تلبى احتياجات التشغيل المستمر لمشاريع المياه دون الاعتماد الكامل على مصادر الطاقة التقليدية، التي غالباً ما تكون باهظة التكلفة أو غير مستقرة في بعض البيئات الجغرافية. (بوعلاتي، 2020)

إن محطات الضخ تُعد من المكونات الحيوية في مشاريع المياه، حيث تلعب دوراً مركزياً في رفع المياه من المصادر السطحية أو الجوفية إلى الخزانات أو شبكات التوزيع، وهو ما يتطلب توفر طاقة كهربائية كبيرة بشكل متواصل. في المقابل، توفر الطاقة الشمسية بديلاً اقتصادياً وبيئياً من خلال قدرتها على تأمين طاقة نظيفة ومتجددة، خاصةً في المناطق الريفية والنائية التي تتوفر فيها إشعاعات شمسية مرتفعة، لكنها تفتقر إلى البنية التحتية الكهربائية التقليدية. إن استخدام الطاقة الشمسية لا يساهم فقط في خفض التكاليف التشغيلية على المدى الطويل، بل يساهم أيضاً في تحقيق الأهداف الوطنية والعالمية للتنمية المستدامة، خصوصاً تلك المتعلقة بتوفير المياه النظيفة والطاقة النظيفة والعمل المناخي. (ركبي، 2021)

لقد أظهرت التجارب الميدانية والدراسات الحديثة أن دمج أنظمة الخلايا الشمسية في تشغيل مضخات المياه يُمكن أن يعزز من استقرار منظومات التزويد المائي، ويقلل من الأعطال الناتجة عن انقطاع التيار الكهربائي، كما يُحسن من الكفاءة التشغيلية ويطيل من عمر المعدات نتيجة الاستقرار في مصادر الطاقة. علاوة على ذلك، تساهم هذه التقنيات في تقليل الانبعاثات الكربونية وتقليص الاعتماد على الوقود الأحفوري، مما يعزز الأداء البيئي العام لمشاريع المياه ويجعلها أكثر ملاءمة في ظل التحولات العالمية نحو الطاقة النظيفة. (بن عبدالله، 2020)

وعلى الرغم من المزايا الكبيرة التي تقدمها تقنيات الطاقة الشمسية، إلا أن تبنيها بشكل فاعل في محطات الضخ يتطلب توفر بيئة تنظيمية داعمة، وتمويل مناسب، وتدريب تقني مستمر للعاملين. كما أن تقييم الجدوى الاقتصادية، ودراسة الفوائد التشغيلية والمجتمعية، تمثل خطوات أساسية لضمان الاستدامة الفنية والإدارية لهذه الأنظمة. لذلك، فإن دراسة أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ تُعد موضوعاً ذا أهمية استراتيجية لتقييم جدوى التحول إلى الطاقة المتجددة في قطاع المياه، ودعم السياسات الرامية إلى تعزيز الأمن المائي والطاقة في آنٍ واحد. (عبدالعظيم، 2022)

تُعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة وأكثرها وفرة على سطح الأرض، حيث تُستمد مباشرة من إشعاع الشمس، وهو مصدر طبيعي مستدام لا ينضب على مدى ملايين السنين. ومع التزايد المستمر في الطلب العالمي على الطاقة، والتحديات المرتبطة بالتغير المناخي، أصبحت الطاقة الشمسية في قلب الجهود الرامية إلى تحقيق تحول شامل نحو أنظمة طاقة نظيفة وآمنة وفعالة. فقد أدّى التطور التكنولوجي الكبير في مجالات الخلايا الكهروضوئية والأنظمة الشمسية الحرارية إلى توسيع نطاق استخدام الطاقة الشمسية، سواء في البيئات الحضرية أو الريفية، وبشكل متسارع خلال العقدین الأخيرین. (العظامات، 2024)

تمتاز الطاقة الشمسية بعدة مزايا بيئية واقتصادية جعلتها بديلاً استراتيجياً للطاقة التقليدية المعتمدة على الوقود الأحفوري. فهي لا تنتج انبعاثات كربونية أثناء التشغيل، ولا تترك خلفها ملوثات تؤثر على الهواء أو الماء، كما تساهم في تقليل البصمة البيئية للقطاعات المختلفة مثل الصناعة والزراعة والإسكان. ومن الناحية الاقتصادية، فإن تكاليف تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، رغم كونها مرتفعة في البداية، سرعان ما تتضاءل أمام وفورات التشغيل على المدى الطويل، خاصة مع الانخفاض التدريجي في أسعار المعدات وزيادة كفاءة الألواح الشمسية. (الزعي، 2020)

لقد أصبحت الطاقة الشمسية عنصراً محورياً في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، لا سيما في مجال تأمين الطاقة للجميع (الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة)، حيث تمكّن المجتمعات، وخصوصاً في المناطق النائية وغير المخدمة كهربائياً، من الوصول إلى مصدر موثوق ومستقر للطاقة. كما أن اعتماد الطاقة الشمسية يعزز من أمن الطاقة الوطني من خلال تقليل الاعتماد على استيراد الوقود، ويساهم في تنوع مصادر الطاقة ويحد من تقلبات أسعار النفط في الأسواق العالمية. (الشحادات، 2023)

تعتبر الطاقة الشمسية محفزاً للابتكار والنمو في قطاعات متعددة، إذ توفر فرصاً كبيرة لتوظيف التكنولوجيا في مجالات مثل تشغيل أنظمة الري، وتحلية المياه، وتشغيل محطات الضخ، وتوفير الكهرباء للمدارس والمراكز الصحية، مما يساهم في تحسين جودة الحياة وبناء مجتمعات أكثر مرونة واستدامة. كما أن هذا النوع من الطاقة يعكس توجهاً عالمياً متزايداً نحو التحول الرقمي والأتمتة، من خلال دمجها مع أنظمة ذكية لمراقبة الأداء وتحليل كفاءة التشغيل ومن هذا المنطلق، فإن استثمار الطاقة الشمسية لا يمثل خياراً بيئياً فقط، بل هو استراتيجية شاملة لمستقبل أكثر استدامة، تتكامل فيه الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والتكنولوجية لخدمة الأجيال القادمة. (صدقة، 2023)

مشكلة الدراسة

تعتبر محطات الضخ من البنى التحتية الحيوية التي تركز عليها العديد من مشاريع المياه، سواء لأغراض الشرب أو الري أو الاستخدامات الصناعية. وتعتمد هذه المحطات تقليدياً على مصادر الطاقة التقليدية، كالكهرباء من الشبكات الوطنية أو مولدات الديزل، والتي غالباً ما تُعاني من مشكلات متكررة، مثل الانقطاعات المتكررة، والتكاليف التشغيلية المرتفعة، والاعتماد الكبير على الوقود المستورد. ومع تزايد الضغط على الموارد الطبيعية، والالتزامات البيئية الدولية المتعلقة بخفض الانبعاثات الكربونية، بات من الضروري البحث عن بدائل مستدامة وفعالة، مثل الطاقة الشمسية، لتأمين استمرارية تشغيل محطات الضخ وضمان فعالية مشاريع المياه. (عرباوي، 2020)

ورغم التطور التقني المتسارع في أنظمة الطاقة الشمسية، وتوفر البيئة الطبيعية الداعمة لاستخدامها في العديد من المناطق، لا يزال هناك قصور واضح في تبني هذه التقنية بشكل واسع وفعال في تشغيل محطات الضخ داخل مشاريع المياه، خاصة في الدول النامية وشبه القاحلة. ويرجع ذلك إلى عدة عوامل متشابكة، مثل ضعف الوعي المؤسسي بجوداتها الاقتصادية والتشغيلية، أو غياب التشريعات الداعمة، أو حتى عدم كفاية الدراسات الميدانية التي تثبت فعالية هذه الأنظمة مقارنةً بالمصادر التقليدية من حيث الأداء والكلفة والصيانة والاعتمادية. (حنونة، 2020)

ومن هنا تنشأ المشكلة البحثية الحالية، حيث تبرز الحاجة الملحة إلى دراسة "أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه"، لتحديد ما إذا كانت هذه التقنيات تساهم فعلياً في تحسين كفاءة التشغيل، وخفض التكاليف، وزيادة الاستقرار التشغيلي للمحطات، مقارنةً بالأنظمة التقليدية. كما أن هذه الدراسة ضرورية لسد فجوة معرفية في الأدبيات العلمية والممارسات الميدانية المتعلقة بكيفية مواءمة تقنيات الطاقة الشمسية مع طبيعة وحجم واحتياجات محطات الضخ المختلفة. (بن قانة، 2020)

تتجلى أبعاد المشكلة كذلك في ضعف التوثيق العلمي والتجريبي لتجارب محلية أو إقليمية ناجحة في هذا المجال، مما يجعل من الصعب على صُنّاع القرار والمؤسسات المنفذة لمشاريع المياه أن تستند إلى نماذج واضحة ومثبتة عند اتخاذ قرار التحول إلى الطاقة الشمسية. كما أن غياب دراسات تحليل الأثر الاقتصادي والبيئي بشكل دقيق يعوق فهم الإمكانيات الكامنة لهذه التقنيات، ويحد من تبنيها على نطاق أوسع. وبالتالي، فإن هذه الدراسة تسعى إلى معالجة هذا القصور من خلال تقديم تحليل علمي معمّق لمدى تأثير تبني تقنيات الطاقة الشمسية على أداء وكفاءة محطات الضخ ضمن مشاريع المياه، بما يخدم أهداف الاستدامة والطاقة والمياه في آن واحد. (فارسي، 2020)

أهمية الدراسة

تنبع أهمية دراسة أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه من الحاجة المتزايدة إلى حلول مستدامة وفعالة لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجه قطاع المياه والطاقة. ففي ظل الطلب المتنامي على المياه وتوسع مشاريع البنية التحتية المرتبطة بها، تمثل محطات الضخ عنصرًا حيويًا لضمان إيصال المياه بكفاءة إلى المناطق السكنية والزراعية والصناعية. إلا أن اعتماد هذه المحطات على مصادر الطاقة التقليدية، مثل الوقود الأحفوري أو الكهرباء من الشبكات العامة، يعرضها لمخاطر متكررة كارتفاع التكاليف، والانقطاعات، وتأثيرات تغير أسعار الوقود. من هنا، تبرز الطاقة الشمسية كبديل واعد يسهم في تقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية وتخفيض التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.

تكمن الأهمية النظرية للدراسة في مساهمتها بتوسيع القاعدة المعرفية المتعلقة باستخدام الطاقة الشمسية في التطبيقات الحيوية، لا سيما في إدارة الموارد المائية. كما تسهم الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية المتخصصة من خلال تحليل العلاقة بين التقنية والطاقة والمياه، وتقديم نماذج تحليلية تربط بين كفاءة الضخ ومستوى الاعتماد على الأنظمة الشمسية. وبذلك، فإنها توفر أساسًا يمكن أن يُبنى عليه في دراسات لاحقة حول تحسين التكامل بين أنظمة الطاقة النظيفة ومرافق البنية التحتية الحيوية.

أما الأهمية التطبيقية فتتمثل في تقديم أدلة عملية لصانعي القرار والمهندسين ومديري المشاريع على جدوى استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ، سواء من حيث الأداء التشغيلي أو الجدوى الاقتصادية أو الأثر البيئي. كما يمكن أن توجه الدراسة السياسات الحكومية في تبني استراتيجيات تدعم نشر هذه التقنيات، من خلال الحوافز والدعم الفني والتشريعي، خصوصًا في المناطق النائية أو الريفية التي تفتقر إلى شبكات الكهرباء المستقرة. كما قد تساعد النتائج المتوقعة في تحسين استهداف الاستثمارات ضمن برامج التنمية المستدامة، وتقليل الفاقد في الطاقة والمياه في آنٍ واحد.

في ضوء ما سبق، تكتسب الدراسة أهمية مزدوجة، فهي من جهة تطرح حلولاً واقعية لمعالجة التحديات التشغيلية في مشاريع المياه، ومن جهة أخرى تسهم في دفع عجلة التحول نحو اقتصاد أخضر قائم على الطاقة المتجددة، مما يجعلها ذات صلة مباشرة بالأهداف العالمية للتنمية المستدامة، خصوصًا الهدف السادس (المياه النظيفة والصرف الصحي) والهدف السابع (الطاقة النظيفة وبأسعار معقولة).

تعتمد أهمية هذه الدراسة على إسهاماتها النظرية والتطبيقية فيما يلي:

الأهمية النظرية

- ✓ تساهم في إثراء الأدبيات العلمية حول العلاقة بين الطاقة المتجددة وإدارة الموارد المائية.
- ✓ توضح الإطار المفاهيمي لتقنيات الطاقة الشمسية ودورها في تحسين كفاءة محطات الضخ.
- ✓ تدعم بناء نموذج نظري تحليلي يمكن استخدامه في دراسات مستقبلية مشابهة.
- ✓ تساعد في فهم العوامل المؤثرة على أداء محطات الضخ عند استخدام مصادر طاقة بديلة.

الأهمية العملية

- ✓ تقدم حلولاً عملية للمشكلات التشغيلية المتعلقة بتكاليف الطاقة لمحطات الضخ.
- ✓ تساعد متخذي القرار في تقييم جدوى استخدام الطاقة الشمسية في مشاريع المياه.
- ✓ تمكن الجهات المعنية من خفض الانبعاثات الكربونية وتحسين الاستدامة البيئية.
- ✓ تدعم وضع السياسات والاستراتيجيات الوطنية لاعتماد الطاقة المتجددة في القطاعات الحيوية.
- ✓ توفر بيانات واقعية لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة والتقليل من الاعتماد على الشبكات التقليدية.

أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية بأبعادها المختلفة (عدد ساعات الإشعاع الشمسي اليومي، تكلفة تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، الدعم أو الحوافز الحكومية، الوعي البيئي للمستهلكين) في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه: دراسة ميدانية على كفاءة المشاريع في المناطق النائية، ويتفرع منه مجموعة من الأهداف الفرعية:

- ✓ التعرف على عدد ساعات الإشعاع الشمسي اليومي ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه.
- ✓ التعرف على تكلفة تركيب أنظمة الطاقة الشمسية ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه.
- ✓ التعرف على الدعم أو الحوافز الحكومية ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه.
- ✓ التعرف على الوعي البيئي للمستهلكين ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه.

تساؤلات الدراسة

السؤال الرئيسي الأول: ما أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية بأبعادها المختلفة (عدد ساعات الإشعاع الشمسي اليومي،

تكلفة تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، الدعم أو الحوافز الحكومية، الوعي البيئي للمستهلكين) في تشغيل محطات

الضخ في مشاريع المياه: دراسة ميدانية على كفاءة المشاريع في المناطق النائية، وتتفرع منه عدة أسئلة فرعية كالتالي:

✓ ما أثر التعرف على عدد ساعات الإشعاع الشمسي اليومي ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع

المياه؟

✓ ما أثر التعرف على تكلفة تركيب أنظمة الطاقة الشمسية ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع

المياه؟

✓ ما أثر التعرف على الدعم أو الحوافز الحكومية ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه؟

✓ ما أثر التعرف على الوعي البيئي للمستهلكين ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه؟

فرضيات الدراسة

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها يمكن للباحث اعتماداً على الإطار النظري المتعلق بالدراسة، واستناداً

إلى نتائج الدراسات السابقة تم صياغة الفرضيات التالية:

الفرضية الرئيسة الأول: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لأثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية بأبعادها المختلفة (عدد

ساعات الإشعاع الشمسي اليومي، تكلفة تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، الدعم أو الحوافز الحكومية، الوعي البيئي

للمستهلكين) في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه: دراسة ميدانية على كفاءة المشاريع في المناطق النائية

وينبثق من هذه الفرضية الفرضيات الفرعية الأربعة التالية:

✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لعدد ساعات الإشعاع الشمسي اليومي ومدى انعكاسها في تشغيل محطات

الضخ في مشاريع المياه.

✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتكلفة تركيب أنظمة الطاقة الشمسية ومدى انعكاسها في تشغيل محطات

الضخ في مشاريع المياه.

✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للدعم أو الحوافز الحكومية ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه.

✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للوعي البيئي للمستهلكين ومدى انعكاسها في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه.

النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث

تعتبر النظرية العلمية الإطار المفاهيمي والمنهجي الذي يعتمد عليه الباحث لفهم الظواهر ودراسة العلاقات بين المتغيرات المختلفة، وهو ما يشكل الأساس المنطقي لإعداد البحث العلمي. وفي سياق هذه الدراسة التي تتناول أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ على كفاءة تشغيل مشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية، تستند النظرية العلمية إلى دمج مفاهيم الطاقة المتجددة مع مبادئ الهندسة المائية وإدارة المشاريع المائية. ويهدف هذا الإطار إلى تقديم نموذج علمي يسمح بفهم العلاقة السببية بين استخدام الطاقة الشمسية وتحسين كفاءة تشغيل محطات الضخ، مع مراعاة الخصائص المناخية والجغرافية للمناطق النائية، والتحديات المرتبطة بتوفير الطاقة المستدامة لتشغيل هذه المشاريع (Silva, 2022).

يعتمد الإطار النظري للبحث على المبادئ العلمية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الكهروضوئية وربطها بأنظمة الضخ المائي. وقد أظهرت الدراسات العلمية أن الاعتماد على الطاقة الشمسية في محطات الضخ يقلل من الاعتماد على الشبكات الكهربائية التقليدية، ويوفر حلاً مستداماً لمشكلة نقص الطاقة في المناطق البعيدة، كما يساهم في تحسين استمرارية التشغيل وتقليل تكاليف التشغيل والصيانة. ومن منظور النظرية العلمية، يتم تحليل كفاءة محطات الضخ من خلال قياس معدل ضخ المياه لكل وحدة من الطاقة المستهلكة، ومدى انتظام الضخ على مدار العام وفقاً للظروف المناخية المختلفة، مما يعكس الأداء التشغيلي للمحطات (Zarębski, 2023).

كما ترتبط النظرية العلمية بمفهوم الكفاءة التشغيلية لمشاريع المياه، والتي تُعرف بأنها القدرة على تحقيق أقصى كمية ممكنة من المياه الموزعة أو المخزنة بأقل جهد وطاقة ممكنة. وتوضح النظرية أن تحسين الكفاءة التشغيلية يتطلب دراسة مجموعة من العوامل المترابطة، مثل تصميم محطات الضخ والأنابيب، وخصائص مصادر المياه، وموثوقية الطاقة المستخدمة في التشغيل. وعند إدماج الطاقة الشمسية ضمن هذا الإطار، يمكن دراسة العلاقة بين تبني تقنيات

الطاقة المتجددة وتحسين استمرارية التشغيل، وهو ما يتيح تقديراً علمياً لأثر هذه التكنولوجيا على الأداء العام للمشاريع (Payel، 2023).

فيما يتعلق بالمنهجية العلمية المتبعة، ترتبط النظرية العلمية بالمنهج التجريبي والتحليلي، حيث يتم جمع البيانات من محطات الضخ التي تعتمد الطاقة الشمسية ومقارنتها بالمحطات التقليدية. وتتضمن هذه العملية تحديد المشكلة العلمية بدقة، وصياغة الفرضيات المرتبطة بتأثير الطاقة الشمسية على الكفاءة التشغيلية، ثم جمع البيانات من خلال قياس معدلات ضخ المياه واستهلاك الطاقة وكفاءة التشغيل. يلي ذلك تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية والمقارنات بين المحطات الشمسية والتقليدية، وصولاً إلى استخلاص النتائج العلمية الموثوقة التي يمكن تعميمها على مشاريع مشابهة في المناطق النائية (Zakariazadeh، 2024).

ويشكل هذا الإطار النظري جسراً بين البحث العلمي والتطبيق العملي، حيث يوفر قاعدة علمية لتقييم أثر تبني الطاقة الشمسية على تحسين كفاءة تشغيل مشاريع المياه، ويساعد في تقديم توصيات عملية لصانعي القرار والمختصين في قطاع المياه والطاقة. كما يتيح هذا الإطار إمكانية بناء نموذج علمي يمكن استخدامه في الدراسات المستقبلية لتطوير المشاريع المائية في المناطق النائية، بما يحقق استدامة الموارد المائية وكفاءة الطاقة التشغيلية في الوقت ذاته.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

يعتبر هذا الفصل من أهم الفصول في البحث، إذ يشكّل العمود الفقري الذي يستند إليه الباحث في تحليل العلاقة بين الاعتماد على تقنيات الطاقة الشمسية وتشغيل محطات الضخ، وتأثير ذلك على كفاءة مشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. ويهدف الفصل إلى تقديم تصور شامل ومتكامل للجانب العلمي والتطبيقي للدراسة، بما يضمن فهم القواعد والمبادئ التي يقوم عليها البحث. من خلال هذا الفصل، سيتمكن القارئ من التعرف على المكونات الأساسية التي تشكل قاعدة الدراسة، وكيفية تفاعلها مع بعضها البعض لتقديم صورة دقيقة وشاملة عن الظاهرة المدروسة.

يقدّم الفصل إطاراً منهجياً لفهم طبيعة عمل محطات الضخ في المناطق النائية، والطرق التي يمكن من خلالها تحسين كفاءة التشغيل من خلال تبني حلول مبتكرة ومستدامة. كما يسعى إلى توضيح الأسس العلمية والمنهجية التي ستمكّن الباحث من تحليل العلاقة بين اعتماد الطاقة الشمسية ونتائج التشغيل، ما يوفر قاعدة معرفية قوية لاستنباط النتائج واستنتاج الاستنتاجات العلمية الدقيقة. إن أهمية هذا الفصل تتجلى في أنه ليس مجرد استعراض لمعلومات نظرية، بل هو أداة لفهم ديناميات العمل الفعلية للمشاريع المائية وكيفية تأثير التكنولوجيا الحديثة على تحسين أدائها.

يسعى الفصل إلى دمج المعرفة المكتسبة من الدراسات السابقة مع المنهجية العلمية المعتمدة، بحيث يتمكن الباحث من تحديد الفجوات البحثية والمواضع التي تحتاج إلى دراسة دقيقة. ويتيح الفصل استعراض التجارب والتطبيقات السابقة في المجال نفسه أو المجالات المشابهة، ما يساهم في توضيح السياق العلمي والعملية للبحث، ويقوي من مصداقية النتائج التي سيتم التوصل إليها. ويعد هذا الربط بين المعرفة السابقة والتحليل الحالي خطوة مهمة لضمان أن تكون الدراسة قائمة على أسس علمية متينة، وقادرة على تقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق في الواقع.

تكمن قيمة هذا الفصل أيضاً في دوره في توضيح الأبعاد المختلفة للبحث بشكل منهجي، بحيث يمكن القارئ من فهم كيفية قياس وتحليل الأداء في مشاريع المياه، وكيفية توظيف التكنولوجيا الحديثة لتحسين النتائج التشغيلية. كما يسلط الضوء على الأهمية العملية للبحث، إذ يربط بين المعرفة النظرية والتطبيق العملي، ويؤكد على ضرورة الاعتماد على أساليب علمية دقيقة لفهم تأثير تبني التقنيات الحديثة على الأداء المائي في المناطق النائية. من هذا المنطلق، يشكّل

الفصل قاعدة معرفية ضرورية لتفسير النتائج وتحليلها، كما يوفر رؤية واضحة حول كيفية تحسين كفاءة تشغيل مشاريع المياه بما يتماشى مع الاحتياجات البيئية والاقتصادية للمملكة.

المتغير التابع والمستقل

- المتغير التابع: تقنيات الطاقة الشمسية

يشير المتغير التابع في هذه الدراسة إلى اعتماد محطات الضخ على تقنيات الطاقة الشمسية كمصدر رئيسي للطاقة لتشغيل أنظمة الضخ المائي في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. وتُعد هذه التقنيات أحد أشكال الطاقة المتجددة الأكثر استخدامًا في المشاريع البعيدة عن الشبكة الكهربائية التقليدية، لما توفره من استمرارية في التشغيل وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. وتتضمن تقنيات الطاقة الشمسية المستخدمة في محطات الضخ مجموعة من المكونات الأساسية، مثل الألواح الكهروضوئية، وحدات التحكم في الطاقة، وأنظمة التخزين (البطاريات)، والتي تعمل معًا لتوليد طاقة كهربائية نظيفة وكافية لتشغيل المضخات. ويعكس المتغير التابع الدور الرئيسي للتكنولوجيا في تحسين كفاءة التشغيل، حيث أن مستوى تبني هذه التقنية وتأثيرها العملي على محطات الضخ يشكل محور البحث الرئيسي (Alhejji، 2023).

- المتغيرات المستقلة

1. تقليل تكاليف التشغيل

يعتبر تقليل تكاليف التشغيل أحد أبرز الأهداف المرجوة من تبني الطاقة الشمسية في محطات الضخ، إذ تساهم هذه التقنية في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية التي غالبًا ما تكون مكلفة، مثل الكهرباء المولدة من الشبكة الوطنية أو الوقود الأحفوري. وعند استخدام الطاقة الشمسية، يمكن تحقيق وفورات مالية كبيرة على المدى الطويل نتيجة انخفاض تكاليف الطاقة والصيانة، فضلاً عن تحسين استدامة الموارد الاقتصادية للمشاريع المائية. ويعتبر هذا المتغير مقياسًا مباشرًا لكفاءة الاعتماد على الطاقة الشمسية في تقليل النفقات التشغيلية وتحسين استمرارية المشروع (Ukoba، 2024).

2. تقليل الأعطال

يعتبر تقليل الأعطال وتحسين استمرارية تشغيل المحطات أحد المتغيرات المستقلة المهمة، حيث تشير الدراسات إلى أن الاعتماد على الطاقة الشمسية يقلل من التعرض لمشكلات انقطاع الكهرباء أو عدم توفر الوقود، مما ينعكس على انتظام تشغيل المضخات وتقليل توقفها عن العمل. كما أن الأنظمة الشمسية الحديثة تتميز بمستوى عالٍ من الموثوقية

وطول عمر المكونات، مما يقلل من الحاجة إلى الصيانة المتكررة ويضمن استقرار تشغيل محطات الضخ، وبالتالي تحسين كفاءة المشروع بشكل عام (Aboagye، 2022).

3. تقليل الانبعاثات الكربونية

يمثل تقليل الانبعاثات الكربونية أحد الأبعاد البيئية لتبني الطاقة الشمسية، إذ تعمل هذه التقنية على الحد من استخدام الوقود الأحفوري المسبب لانبعاث الغازات الدفيئة. ويؤدي الاعتماد على الطاقة الشمسية إلى تحسين الأداء البيئي للمشاريع المائية، حيث يساهم في تقليل بصمة الكربون للمحطات وتحقيق أهداف الاستدامة البيئية للمملكة العربية السعودية، بما يتوافق مع الرؤى الوطنية للطاقة النظيفة وتقليل التأثيرات السلبية على البيئة (Güney، 2022).

- العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة

تتمثل العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة في أن مستوى تبني تقنيات الطاقة الشمسية في محطات الضخ يؤثر بشكل مباشر على النتائج التشغيلية والبيئية للمشاريع المائية. فكلما زاد الاعتماد على هذه التقنيات وتكاملت بشكل فعال في أنظمة الضخ، كلما تحسنت كفاءة التشغيل من خلال تقليل تكاليف التشغيل، وزيادة موثوقية التشغيل بتقليل الأعطال، وتقليل الأثر البيئي عن طريق الحد من الانبعاثات الكربونية. وبعبارة أخرى، يمثل المتغير التابع العامل الأساسي الذي يحدد مدى تأثير هذه المتغيرات المستقلة، إذ إن تبني الطاقة الشمسية يشكل آلية لتحقيق تحسينات ملموسة على مستوى الأداء المالي والتشغيلي والبيئي للمشاريع، مما يعزز من استدامتها وكفاءتها في المناطق النائية التي تعاني عادة من صعوبات في توفر الطاقة التقليدية (Lussanje، 2025).

الدراسات السابقة

1. دراسة (عبد المجيد، 2023) بعنوان: نموذج مقترح لتسويق محطات الطاقة الشمسية دراسة حالة شركة

باور هورس انترناشونال لخدمات البترول

أصبحت الطاقة المتجددة، وخاصةً الطاقة الشمسية، من أهم مصادر الطاقة عالميًا، إذ تُعتبر خيارًا استراتيجيًا لتلبية احتياجات الطاقة المحلية والعالمية المستقبلية. وعليه، تسعى هذه الدراسة إلى تطوير نموذج لتسويق محطات الطاقة

الشمسية، وتحديد الآليات المناسبة لتشجيع استخدامها في مجتمعنا. ويهدف ذلك إلى مساعدة الشركات المتخصصة في بناء محطات الطاقة الشمسية على تحسين أدائها وتحقيق أهدافها، بالإضافة إلى تطبيق مبادئ الاستدامة في عملية التطوير والحفاظ على البيئة ومواردها. ولتحقيق أهدافها، تقترح الدراسة نموذجًا لتسويق محطات الطاقة الشمسية لتطبيقه في شركة باورهاوس الدولية للخدمات البترولية. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، واستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات الأولية اللازمة. وُزِع الاستبانة على عينة من الموظفين الدائمين في المستويات الإدارية العليا والمتوسطة والتنفيذية في جميع التخصصات، حيث تم إشراكهم في آرائهم حول موضوع الدراسة. وتوصلت الدراسة إلى عدة نتائج، أهمها وجود علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين عناصر المزيج التسويقي لمحطات الطاقة الشمسية وتحقيق التنمية المستدامة من خلال بُعد التوافق التشغيلي.

2. دراسة (السرحان، 2023) بعنوان: محددات القرار الشرائي لأنظمة الطاقة الشمسية المنزلية في الأردن

هدفت هذه الدراسة إلى قياس أثر محددات قرار شراء أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية من وجهة نظر أصحاب شركات الطاقة الشمسية في الأردن. تناولت الدراسة أربعة متغيرات مستقلة رئيسية هي: المحددات الثقافية والاجتماعية والقانونية والمالية، ودرست أثرها على المتغير التابع (قرار شراء أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية). تكون مجتمع الدراسة من (1705) موظفًا وموظفة يعملون في شركات الطاقة الشمسية في الأردن بمستويات وظيفية مختلفة. تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي لهذه الدراسة، حيث تم تطوير استبانة كأداة للدراسة، وتم توزيع (324) استبانة إلكترونيًا على أفراد عينة الدراسة. تم اختيار عينة مناسبة، وتم استرجاع (260) استبانة، أي ما نسبته (80%) من عدد الاستبيانات الموزعة. تم استخدام برنامج (SPSS) لتحليل البيانات ومعالجتها إحصائيًا لاختبار فرضيات الدراسة وتحقيق أهدافها. كشفت النتائج عن وجود تأثير لكل من المحددات المالية والاجتماعية والقانونية، على التوالي، على قرار شراء أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية، مع استبعاد تأثير المحددات الثقافية. كما أظهرت النتائج وجود تأثير لكل من المجموعات المرجعية، والدخل، وتوافر ضمان المنتج على قرار شراء أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية. وبينما كان انخفاض الوعي بأنظمة الطاقة الشمسية المنزلية، وضيق المساحة، وطول فترة الاسترداد من أهم محددات قرار شراء أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية، أوصى الباحث بضرورة توعية الأفراد بفوائد امتلاك أنظمة الطاقة المنزلية، وزيادة اهتمام الشركات بتدريب الموظفين على التواصل الفعال وتوفير المعلومات الدقيقة بهدف تعزيز التواصل مع العملاء وتلبية احتياجاتهم على أكمل وجه.

3. دراسة (الهنسي، 2022) بعنوان: أثر الإنتاج الرشيق في الأداء التنظيمي لشركة فيلادلفيا للطاقة الشمسية:

الدور المعدل لنظام التخطيط لموارد المؤسسة

هدفت الدراسة إلى قياس أثر الإنتاج الرشيق بأبعاده المتمثلة في الصيانة الشاملة، وإدارة الجودة الشاملة، وعلاقات التكامل مع الموردين على الأداء التنظيمي باستخدام بطاقة الأداء المتوازن بأبعادها (رضا العملاء، والعمليات الداخلية، والأداء المالي) في شركة فيلادلفيا للطاقة الشمسية. كما اختبرت أثر نظام تخطيط موارد المؤسسة في تعديل أثر الإنتاج الرشيق بأبعاده المركبة على الأداء التنظيمي باستخدام بطاقة الأداء المتوازن بأبعاده المركبة في شركة فيلادلفيا للطاقة الشمسية. اتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي الكمي، وتألف مجتمع الدراسة من موظفي شركة فيلادلفيا للطاقة الشمسية والبالغ عددهم (100) فردًا ممن يشغلون مناصب مدير عام، ومدير قسم، ورئيس قسم، وموظف إداري، وفني/مساعد فني، وموظف إنتاج في إدارات الإدارة العامة، والإنتاج، والجودة، والمشتريات، والتسويق، والمبيعات، والمالية، والموارد البشرية. وقد تم جمع البيانات والمعلومات من جميع أفراد المجتمع من خلال مسح شامل. ولتحقيق الأهداف المرجوة من هذه الدراسة، تم تصميم استبيان وتوزيعه على أفراد وحدة العينة. تم استرداد (98) استبانة صالحة للتحليل الإحصائي، والتي أظهرت بدورها مجموعة من النتائج، أهمها وجود تأثير ذي دلالة إحصائية للإنتاج الرشيق بأبعاده على الأداء التنظيمي باستخدام بطاقة الأداء المتوازن بأبعادها في شركة فيلادلفيا للطاقة الشمسية. كما خلصت الدراسة إلى أن تأثير الإنتاج الرشيق بأبعاده مجتمعة على الأداء التنظيمي باستخدام بطاقة الأداء المتوازن بأبعاده مجتمعة يزداد بشكل ملحوظ في وجود نظام تخطيط موارد المؤسسة. وبناءً على هذه النتائج، قدمت الدراسة عددًا من التوصيات، أهمها: ضرورة استمرار اهتمام شركة فيلادلفيا للطاقة الشمسية بالإنتاج الرشيق بجميع أبعاده وتبني أبعاد جديدة مثل التعلم والنمو بهدف زيادة نمو الشركة في جميع الجوانب، وضرورة تركيز إدارة الشركة على تداول المعلومات ومشاركتها بين جميع المستويات الإدارية داخل الشركة من خلال تطبيق الاستخدام الأمثل لنظام تخطيط موارد المؤسسة.

4. دراسة (فارسي، 2020) بعنوان: دراسة نظرية على تأثير شدة هبوب التيارات الهواء على كفاءة الأجهزة التي

تعمل بالطاقة الشمسية

في هذا العمل، أجرينا دراسة تجريبية لتأثير الرياح على الأجهزة التي تعمل بالطاقة الشمسية. أجرينا الدراسة على بعض الأجهزة، بما في ذلك المجمعات الشمسية والمداخن الشمسية. أظهرت دراستنا أنه كلما زادت سرعة الرياح، زادت إنتاجية الأجهزة. ومع ذلك، إذا تجاوزت سرعة الرياح السرعة الحرجة، فإنها تؤثر سلبًا على الأجهزة التي تعمل بالطاقة الشمسية.

5. دراسة (بن قانة، 2020) بعنوان: الأهمية الطاقوية والاقتصادية في استغلال الطاقة الشمسية في عملية

الطهي الشمسي

يتزايد الطلب العالمي على الطاقة لتغطية احتياجاته اليومية من الطعام تدريجيًا مع تزايد عدد السكان. في الجزائر، يتسبب استخدام الحطب للطهي في استنزاف موارد الغابات، وبالتالي التصحر، مما يؤدي إلى عواقب وخيمة على النظام البيئي. من ناحية أخرى، يؤدي استخدام مصادر الطاقة التقليدية (الغاز الطبيعي) إلى مشاكل بيئية خطيرة. يهدف هذا البحث إلى دراسة الأهمية الطاقوية والاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية في الطهي الشمسي، لجعل هذا المطبخ الشمسي فعالاً في جميع الظروف المناخية المختلفة في الجزائر، وخاصةً في الجنوب. ويُعتبر استخدام المطابخ الشمسية في جميع مناطق الجزائر محورًا مهمًا في هذه المشكلة.

الفجوة البحثية

تُظهر الدراسات السابقة التي تم استعراضها اهتمامًا ملحوظًا بتطبيقات الطاقة الشمسية في مجالات متنوعة، كالتسويق (عبد المجيد، 2023)، والسلوك الشرائي (السرطان، 2023)، والأداء التنظيمي والإنتاج الرشيق (الهنسي، 2022)، والتأثيرات البيئية والميكانيكية مثل الرياح (فارسي، 2020)، وأخيرًا الاستخدامات المنزلية للطهي الشمسي (بن قانة، 2020). وعلى الرغم من تنوع هذه الدراسات واثرائها في تحليل العوامل الاقتصادية والفنية والسلوكية لاستخدام الطاقة الشمسية، إلا أن الفجوة البحثية لا تزال قائمة فيما يخص استخدام تقنيات الطاقة الشمسية في قطاع حيوي وحساس كتشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه، خصوصًا في المناطق النائية التي تعاني من ضعف البنية التحتية وارتفاع كلفة التشغيل التقليدية.

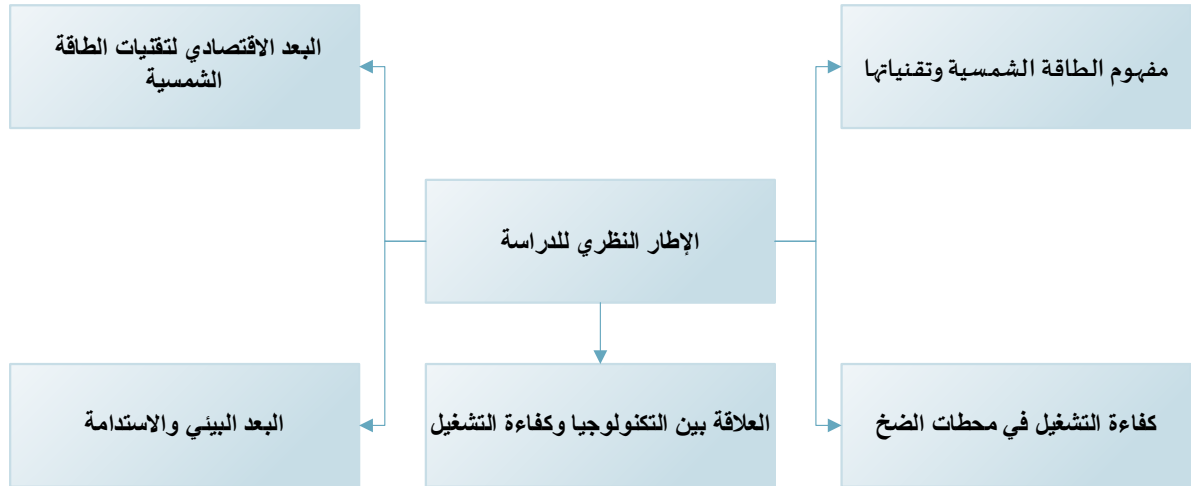
فمن ناحية، ركزت دراسة (عبد المجيد، 2023) على بناء نموذج تسويقي لتوسيع استخدام محطات الطاقة الشمسية، لكنها لم تتطرق إلى تأثير هذه التقنية على أداء المنشآت الخدمية أو البنية التحتية العامة. أما دراسة (السرحان، 2023) فاقتصرت على تحليل محددات القرار الشرائي للأفراد في السوق المحلي، دون الربط بين هذه الأنظمة وبين كفاءة الأداء في المشاريع التنموية أو الخدمات العامة مثل المياه. وعلى نفس النسق، تناولت دراسة (الهنسي، 2022) التأثير التنظيمي للإنتاج الرشيق داخل شركة تصنيع ألواح شمسية، لكن دون ربط هذا الإنتاج بالقطاعات الخدمية كإمدادات المياه.

في المقابل، تناولت دراسة (فارسي، 2020) جانباً بيئياً ضيقاً يتمثل في أثر التيارات الهوائية على كفاءة الأجهزة، ما يعزز الجانب الميكانيكي لاستخدام الطاقة الشمسية، لكنه لم يتوسع ليشمل نظم التشغيل المتكاملة مثل محطات الضخ. أما دراسة (بن قانة، 2020)، فقد ركزت على الاستفادة من الطاقة الشمسية في الاستخدام المنزلي، خاصةً في الطبخ، دون معالجة أي علاقة بالأنظمة التحتية أو كفاءة مشاريع المياه، والتي تُعد من التحديات الأساسية في المناطق النائية.

وبالتالي، تبرز الفجوة البحثية الرئيسية في أن الدراسات السابقة لم تُعالج بشكل مباشر أو متكامل العلاقة بين تبني تقنيات الطاقة الشمسية وتشغيل محطات الضخ للمياه، وخصوصاً في المناطق النائية التي تعاني من ضعف الاتصال بالشبكة الكهربائية وارتفاع تكلفة الوقود. كذلك، لا تتوفر دراسات ميدانية تربط بين تبني هذه التقنيات وكفاءة الأداء التشغيلي للمشاريع المائية، أو تقيّم أثرها على استدامة الموارد وجودة الخدمة المقدمة في تلك المناطق. وهو ما تسعى الدراسة الحالية إلى معالجته، من خلال استقصاء الأثر الفعلي لتقنيات الطاقة الشمسية على تشغيل محطات الضخ وتحقيق الكفاءة في مشاريع المياه النائية، في سياق بيئي واقتصادي محلي يحتاج إلى حلول مستدامة وعملية.

الإطار النظري للدراسة

تشكل المنطلقات النظرية قاعدة البحث العلمي التي تستند إليها الدراسة في تحليل الظاهرة المدروسة وفهم العلاقات بين متغيراتها. وفي هذا الإطار، تركز الدراسة على مجموعة من المفاهيم العلمية والهندسية والبيئية التي توضح دور تقنيات الطاقة الشمسية في تحسين كفاءة تشغيل محطات الضخ، بالإضافة إلى أثر ذلك على مشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. وتتيح المنطلقات النظرية للباحث تحديد الأسس العلمية التي تحكم العلاقة بين الاعتماد على الطاقة الشمسية والنتائج التشغيلية والبيئية والاقتصادية للمشاريع، بما يضمن توجيه الدراسة نحو تحليل موضوعي ودقيق.



رسم توضيحي 1: الإطار النظري للدراسة

- مفهوم الطاقة الشمسية وتقنياتها

تمثل الطاقة الشمسية أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة في العالم، والتي تعتمد على تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية يمكن استخدامها لتشغيل مختلف الأجهزة والمعدات، بما في ذلك محطات ضخ المياه. وتعتمد تقنيات الطاقة الشمسية على مجموعة من المكونات الأساسية، مثل الألواح الكهروضوئية، وأنظمة التحكم في الطاقة، ووحدات التخزين، والتي تعمل معًا لضمان إنتاج طاقة مستدامة وموثوقة. وتتيح هذه التقنية تحقيق استقلالية أكبر في تشغيل محطات الضخ بالمناطق النائية، وتقليل الاعتماد على الشبكات الكهربائية التقليدية أو الوقود الأحفوري، مما يعزز استدامة المشاريع ويخفض التكاليف التشغيلية (Maka، 2022).

- كفاءة التشغيل في محطات الضخ

تشير كفاءة التشغيل إلى قدرة محطات الضخ على أداء وظائفها بشكل مستمر وفعال، مع تقليل الأعطال والهدر في الموارد. وتعد كفاءة التشغيل مقياسًا حيويًا لتقييم الأداء التشغيلي للمشاريع المائية، حيث تعتمد على التوازن بين المدخلات (مثل الطاقة المستخدمة والصيانة) والمخرجات (مثل كمية المياه المضخّة واستمرارية الخدمة). ويعكس هذا المفهوم أهمية تبني تقنيات الطاقة الشمسية، حيث يمكن للطاقة النظيفة أن تساهم في تحسين أداء المحطات من خلال تقليل الانقطاعات التشغيلية وتوفير مصدر طاقة موثوق ومستقر (Basem، 2023).

- البعد الاقتصادي لتقنيات الطاقة الشمسية

يمثل البعد الاقتصادي أحد المحاور الأساسية للمنطلقات النظرية للدراسة، إذ يشمل تحليل تكلفة التشغيل والصيانة مقارنة بالطاقة التقليدية. وتساهم الطاقة الشمسية في تقليل تكاليف التشغيل على المدى الطويل، حيث توفر مصدر طاقة مجاني بعد مرحلة التركيب والصيانة الأولية، وتقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري أو الكهرباء المشتراة من الشبكة الوطنية. ويتيح هذا البعد للباحث تقييم الأثر المالي لتبني هذه التقنية على مشاريع المياه في المناطق النائية، ويسهم في تقديم توصيات عملية لتحسين استدامة الموارد المالية للمشاريع (Sultan، 2023).

- البعد البيئي والاستدامة

تُعنى المنطلقات النظرية أيضًا بالبعد البيئي لتقنيات الطاقة الشمسية، خاصة فيما يتعلق بتقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن تشغيل محطات الضخ التقليدية. ويؤدي استخدام الطاقة الشمسية إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، ما يسهم في خفض انبعاثات الغازات الدفيئة وحماية البيئة. كما يعكس هذا البعد أهمية الاستدامة البيئية كجزء من أهداف المشاريع المائية في المملكة، بما يتوافق مع الخطط الوطنية للطاقة النظيفة والحفاظ على الموارد الطبيعية (Huo، 2023).

- العلاقة بين التكنولوجيا وكفاءة التشغيل

تشكل العلاقة بين تبني تقنيات الطاقة الشمسية وكفاءة التشغيل محور الدراسة، حيث تؤثر درجة الاعتماد على هذه التقنية مباشرة على النتائج الاقتصادية والبيئية والتشغيلية للمحطات. كلما زادت كفاءة استخدام الطاقة الشمسية، كلما انخفضت التكاليف التشغيلية، وتحسنت موثوقية التشغيل، وتم الحد من الأثر البيئي السلبي. وتوضح هذه العلاقة أهمية تبني التكنولوجيا الحديثة كآلية استراتيجية لتعزيز أداء مشاريع المياه في المناطق النائية وتحقيق استدامة مستمرة وفعالة (Naimoğlu، 2023).

الفصل الثالث

منهجية الدراسة

يشكل هذا الفصل جزءاً محورياً في البحث، حيث يركز على الأسس العلمية والمنهجية التي يقوم عليها جمع وتحليل البيانات المتعلقة بدراسة أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية على تشغيل محطات الضخ وكفاءة مشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. ويهدف الفصل إلى تقديم تصور شامل لكيفية تنظيم البحث وتنفيذه بطريقة منهجية دقيقة، بحيث يمكن للباحث من خلالها تفسير النتائج بشكل علمي موثوق واستنتاج الاستنتاجات التي تعكس الواقع العملي للمشروعات المدروسة. إن التركيز على هذا الجانب يضمن أن تكون الدراسة مبنية على أسس علمية واضحة، مما يعزز مصداقية النتائج ويتيح تطبيقها في سياقات مشابهة مستقبلاً.

يُعنى الفصل بتوضيح العمليات والخطوات المنهجية التي اتباعها الباحث لضمان جمع البيانات وتحليلها بطريقة دقيقة ومنظمة. فهو يقدم الأساس الذي يسمح بفهم كيفية التعامل مع المعلومات والملاحظات المتنوعة المرتبطة بمحطات الضخ والمشاريع المائية، وكيفية استخراج النتائج العلمية الدقيقة منها. كما يعكس هذا الفصل الاهتمام بكيفية تصميم البحث وتنظيمه بطريقة تجعل البيانات التي تم جمعها قابلة للتحليل والمقارنة، بما يعزز القدرة على رصد تأثير تبني التكنولوجيا الشمسية على الأداء التشغيلي للمشاريع.

كما يسعى الفصل إلى توضيح السياق العملي للبحث من خلال شرح كيفية التعامل مع البيئة البحثية الحقيقية، بما في ذلك الخصائص المكانية والزمانية للمشاريع المدروسة، وكيف يمكن تنظيم الدراسة بطريقة تسمح بالتوصل إلى استنتاجات دقيقة وموثوقة. إن التركيز على هذه الجوانب يُعد ضرورياً لضمان قدرة البحث على تقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق في تحسين كفاءة تشغيل محطات الضخ في المناطق النائية، مما يساهم في تعزيز استدامة الموارد المائية والطاقة المستخدمة في هذه المشاريع.

تكمن أهمية هذا الفصل أيضاً في أنه يوفر الإطار الذي يربط بين النظرية والتطبيق، حيث يوضح كيف يمكن تحويل المبادئ العلمية والتصورات النظرية إلى خطوات عملية قابلة للتنفيذ. كما يساعد الباحث على التأكد من أن كل مرحلة من مراحل البحث، من جمع البيانات إلى تحليلها، تتم وفق معايير علمية دقيقة، مما يضمن دقة النتائج وموضوعيتها. ويتيح الفصل للقراء فهم السياق البحثي كاملاً، واستيعاب المنطق الذي اعتمده الباحث في تصميم الدراسة، ما يعزز من القيمة العلمية والتطبيقية للبحث.

يمثل هذا الفصل الركيزة الأساسية التي يستند إليها البحث في تقديم نتائج موثوقة، إذ يوضح كيفية تنظيم الدراسة بطريقة منهجية تجعلها قادرة على رصد وتحليل أثر تبني الطاقة الشمسية على تشغيل محطات الضخ وكفاءة المشاريع المائية في المناطق النائية. ويؤكد الفصل على الأهمية العملية للبحث في تحسين الأداء التشغيلي للمشاريع المائية وتعزيز استدامتها، مما يعكس الدور الحيوي الذي تلعبه المنهجية العلمية الدقيقة في دعم الدراسات التطبيقية والبحثية على حد سواء.

المنهجية وطرق البحث

تم اتباع المنهج الوصفي والمنهج التحليلي كأسلوب مناسب للوصف، الذي يتطابق مع الفصول النظرية أما في الفصل التطبيقي التحليلي والمنهج الاستنباطي من أجل تحليل وتقييم البيانات المتحصل عليها في الاستبانة للمؤسسة محل الدراسة باعتباره ملائماً لتقرير الحقائق وفهم مكونات الموضوع، مع إخضاعه للدراسة الدقيقة وتحليل أبعاده، والتي سنتطرق إليها في الفصل التطبيقي في دراسة الحالة.

يعتمد اختيار المنهج الملائم لطبيعة البحث على طبيعة المشكلة والهدف من دراستها، ومن أجل الإحاطة بمختلف جوانب الدراسة سيتم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي، فالأسلوب الوصفي مناسب للوصف الذي يتطابق مع الفصول النظرية، أما في الفصل التطبيقي التحليلي والمنهج الاستنباطي من أجل تحليل وتقييم البيانات المتحصل عليها في الاستبانة محل الدراسة، حيث يسهم هذا المنهج في الإجابة عن التساؤلات البحثية من خلال جمع البيانات ومن ثم تحليلها ومناقشتها. وهذا المنهج هو المستخدم في معظم الدراسات السابقة.

مصادر جمع البيانات

- المصادر الثانوية: وتشمل البيانات والمعلومات الموجودة في الكتب والمراجع، والرسائل الجامعية وأوراق العمل والمجلات والدوريات والمؤتمرات العلمية وورش العمل، بالإضافة إلى التقارير المنشورة وغير المنشورة التي تناولت الموضوع في مختلف المؤسسات ذات الصلة.
- المصادر الأولية: اعتمدت الدراسة على الاستبانة كأداة رئيسية في جمع البيانات من مصادرها والتي تم تصميمها خصيصاً لهذا الغرض على Google Forms وإرسال رابطها إلى مجتمع البحث.

أدوات الدراسة

تعرف أداة البحث بأنها "الوسيلة التي تتم بواسطتها عملية جمع البيانات بهدف الإجابة عن تساؤلاته ، وسيعتمد الباحثين في جمع البيانات على الاستبانة، والتي تعرف بأنها "صيغة محددة من الفقرات والأسئلة تهدف إلى جمع البيانات من أفراد البحث"

حيث تكونت من قسمين رئيسيين هما:

– القسم الأول: وهو الجزء الخاص بالمتغيرات الديمغرافية لأفراد عينة الدراسة ، والمتمثلة بـ: النوع ، والعمر ، والمؤهل العلمي ، والمستوى الوظيفي.

– القسم الثاني: اشتمل القسم الثاني على الفقرات والأبعاد التي تقيس متغيرات الدراسة المستقل والتابع.

الأساليب الإحصائية المستخدمة

تم استخدام الأساليب الإحصائية التالية لتحقيق أهداف الدراسة:

– معامل " ألفا كرونباخ" لقياس ثبات أداة الدراسة ومعامل الارتباط بيرسون لقياس صدق أداة الدراسة والعلاقة بين المتغيرات

– التكرارات والنسب المئوية والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري المتعلقة بمتغيرات الدراسة ولجميع الاستجابات على فقرات الاستبيان.

– معامل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر كل بعد من أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع

مجتمع البحث

- تعريف مجتمع البحث

يشير مجتمع البحث إلى المجموعة الكاملة التي تتعلق بالدراسة والتي يتم استنباط نتائجها واستنتاجاتها. وفي سياق هذه الدراسة، يتكون مجتمع البحث من محطات الضخ ومشاريع المياه العاملة في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية، والتي تم تبني أو النظر في إمكانية تبني تقنيات الطاقة الشمسية لتشغيلها. ويشمل المجتمع كافة المشاريع والمواقع التي تعتمد على أنظمة ضخ المياه لتلبية الاحتياجات المحلية والزراعية والصناعية، مع مراعاة التنوع الجغرافي والمناخي الذي يميز هذه المناطق، الأمر الذي يؤثر بشكل مباشر على أداء المحطات وكفاءة التشغيل.

- خصائص مجتمع البحث

يمتاز مجتمع البحث بعدة خصائص تجعل دراسته ذات أهمية كبيرة، أولها الطبيعة الجغرافية للمناطق النائية، التي غالبًا ما تعاني من ضعف شبكات الكهرباء التقليدية، مما يجعل الطاقة الشمسية خيارًا عمليًا وضروريًا. كما يتميز

المجتمع التنوع في حجم المشاريع ومستوى التكنولوجيا المستخدمة في محطات الضخ، بالإضافة إلى الاختلاف في البنية التحتية والموارد المائية المتاحة. وهذه الخصائص تمكّن الباحث من دراسة أثر تبني الطاقة الشمسية على مستوى مختلف من المشاريع، مع إمكانية المقارنة بين الأداء التشغيلي في المواقع المختلفة وتحليل مدى تأثير العوامل البيئية والتشغيلية على كفاءة التشغيل.

- أهمية دراسة مجتمع البحث

تكمّن أهمية دراسة مجتمع البحث في كونه يمثل الأساس الذي تُستند إليه نتائج الدراسة واستنتاجاتها، فهو يحدد نطاق البحث ويحدد الفئة التي سيتم جمع البيانات عنها وتحليلها. ويتيح تحليل المجتمع التعرف على المشكلات التشغيلية الشائعة في محطات الضخ بالمناطق النائية، مثل الأعطال المتكررة، وارتفاع تكاليف التشغيل، وتأثير انقطاع الكهرباء، وهو ما يجعل تبني الطاقة الشمسية حلاً محتملاً وفعالاً. كما يساهم فهم خصائص المجتمع في تحديد أولويات البحث وتوجيهه نحو المجالات الأكثر تأثيراً على الكفاءة التشغيلية واستدامة المشاريع.

- العلاقة بين مجتمع البحث وأهداف الدراسة

ترتبط دراسة مجتمع البحث ارتباطاً وثيقاً بأهداف الدراسة، حيث يتيح تحليل هذا المجتمع تقييم أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية على أداء محطات الضخ من مختلف الجوانب، بما في ذلك الكفاءة التشغيلية، تقليل التكاليف، الحد من الأعطال، وتقليل الانبعاثات الكربونية. كما يسمح المجتمع للباحث بتحديد الأنماط المشتركة والاختلافات بين المشاريع، مما يعزز قدرة الدراسة على تقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق في نطاق واسع. ويعد فهم مجتمع البحث خطوة أساسية لضمان موثوقية النتائج، حيث يتم اختيار عينات البحث بناءً على طبيعة المجتمع وخصائصه لضمان دقة الاستنتاجات وتمثيلها للواقع.

- التحديات المرتبطة بدراسة مجتمع البحث

تواجه دراسة مجتمع البحث عدة تحديات تتعلق بطبيعة المواقع النائية، مثل صعوبة الوصول إلى بعض المحطات، تفاوت مستوى تجهيزات محطات الضخ، واختلاف أنظمة التشغيل المستخدمة. كما قد تؤثر الظروف المناخية والجغرافية على جمع البيانات ومراقبة أداء المحطات بشكل مستمر. ويبرز هذا الجانب أهمية التخطيط المسبق ووضع

استراتيجيات دقيقة لضمان جمع بيانات دقيقة وشاملة، بما يعكس الواقع الفعلي لمجتمع البحث ويعزز من مصداقية النتائج المستخلصة.

خطوات جمع البيانات

1. تحديد مصادر البيانات

تبدأ عملية جمع البيانات بتحديد المصادر التي ستُستند إليها الدراسة، حيث تركز المنهجية الكمية على الحصول على معلومات دقيقة وقابلة للقياس. وتشمل المصادر الأساسية البيانات الميدانية المستقاة من محطات الضخ والمشاريع المائية في المناطق النائية، مثل سجلات التشغيل، تقارير الصيانة، وبيانات استهلاك الطاقة. كما يمكن الاستفادة من المصادر الثانوية، مثل التقارير الحكومية، والإحصاءات الرسمية، والدراسات السابقة ذات الصلة بالطاقة الشمسية وكفاءة التشغيل في المملكة. ويضمن هذا التحديد الدقيق للمصادر جمع بيانات موضوعية وموثوقة تعكس الواقع الفعلي للمحطات.

2. تصميم أدوات جمع البيانات

تعد أدوات جمع البيانات خطوة أساسية في المنهجية الكمية، حيث يتم تصميم استبيانات واستمارات مهيكلية تتضمن أسئلة مغلقة وقياسات كمية تسمح بتحليل البيانات إحصائيًا. ويحرص الباحث على صياغة الأسئلة بشكل دقيق ليتمكن من قياس المتغيرات المستقلة، مثل تقليل تكاليف التشغيل، تقليل الأعطال، وتقليل الانبعاثات الكربونية، بالإضافة إلى المتغير التابع وهو تبني تقنيات الطاقة الشمسية. كما يتم اختبار الأدوات على عينة تجريبية صغيرة للتأكد من وضوحها ودقتها قبل البدء في جمع البيانات من مجتمع البحث الكامل.

3. جمع البيانات الميدانية

يشمل جمع البيانات الميدانية زيارة المواقع المستهدفة لمراقبة تشغيل محطات الضخ وتسجيل المؤشرات التشغيلية المهمة. ويقوم الباحث بجمع بيانات كمية حول أداء المضخات، كمية المياه المضخّة، استهلاك الطاقة، وعدد الأعطال خلال فترة محددة. كما يتم توثيق معلومات حول استخدام الطاقة الشمسية في تشغيل المحطات، مثل قدرة الألواح الكهروضوئية،

سعة البطاريات، ونسبة الاعتماد على الطاقة الشمسية مقارنة بالطاقة التقليدية. ويتيح هذا الجمع الميداني الحصول على بيانات دقيقة وموضوعية تعكس الواقع الفعلي للمحطات في الظروف البيئية والمناخية المختلفة.

4. تنظيم وتوثيق البيانات

بعد جمع البيانات، تأتي مرحلة تنظيمها وترتيبها في جداول وقواعد بيانات جاهزة للتحليل الكمي. ويشمل ذلك فحص البيانات للتأكد من صحتها واكتمالها، والتعامل مع أي قيود أو مفقودات قد تؤثر على النتائج. كما يتم تصنيف البيانات حسب المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، وربطها بالمواقع والمشاريع المختلفة، لضمان إمكانية تحليل العلاقات بينها بدقة. ويعد التوثيق الجيد خطوة مهمة لضمان مصداقية الدراسة وسهولة العودة إلى البيانات عند الحاجة خلال مراحل التحليل والاستنتاج.

5. أهمية خطوات جمع البيانات في المنهجية الكمية

تلعب خطوات جمع البيانات دورًا محوريًا في نجاح البحث الكمي، حيث يعتمد التحليل الإحصائي والنتائج النهائية على جودة ودقة البيانات المجمعة. ومن خلال اتباع خطوات منظمة وواضحة، يمكن للباحث تقييم أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية على كفاءة تشغيل محطات الضخ، ومقارنة الأداء بين المشاريع المختلفة، وتقديم توصيات علمية مدعومة بالبيانات. كما تساعد هذه الخطوات في الحد من الأخطاء والانحياز الشخصي وضمان أن النتائج تعكس الواقع الفعلي بطريقة دقيقة وموضوعية، مما يزيد من موثوقية الدراسة وقابليتها للتطبيق العملي.

حدود البحث

— **حدود موضوعية:** تقتصر الدراسة على تحليل أثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية بأبعادها المختلفة (عدد ساعات الإشعاع الشمسي اليومي، تكلفة تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، الدعم أو الحوافز الحكومية، الوعي البيئي للمستهلكين) في تشغيل محطات الضخ في مشاريع المياه: دراسة ميدانية على كفاءة المشاريع في المناطق

النائية

— **حدود زمنية:** تم إعداد الدراسة في عام 2025.

— **حدود بشرية:** تقتصر الحدود البشرية لهذه الدراسة على العاملين في مشاريع في المناطق النائية

الفصل الرابع

نتائج الدراسة

المقدمة

يمثل هذا الفصل المرحلة النهائية والمحورية في البحث، حيث يتم التركيز على النتائج المستخلصة من الدراسة وتحليلها بشكل علمي دقيق، بما يتيح الوصول إلى استنتاجات واضحة وقابلة للتطبيق العملي. ويهدف الفصل إلى تقديم صورة شاملة عن طبيعة البيانات التي تم جمعها، وكيفية تفسيرها في ضوء الأهداف البحثية، مما يوفر أساساً علمياً متيناً لفهم العلاقة بين تبني تقنيات الطاقة الشمسية وتشغيل محطات الضخ وكفاءة مشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. إن تناول هذا الفصل يضمن ربط جميع مراحل البحث السابقة ببعضها البعض، ويُبرز القيمة العلمية والتطبيقية للنتائج المستخلصة.

يقدم الفصل فرصة لتحليل البيانات بطريقة منهجية وعلمية، بما يسمح للباحث بفهم التفاعلات بين مختلف العوامل المؤثرة على كفاءة التشغيل، ورصد مدى تأثير استخدام الطاقة الشمسية على أداء محطات الضخ. ويعكس هذا الفصل الاهتمام بكيفية تفسير النتائج وربطها بالإطار النظري والمنهجي الذي تم عرضه في الفصول السابقة، ما يعزز من مصداقية الدراسة ويتيح للقارئ رؤية شاملة لكيفية توظيف التكنولوجيا الحديثة لتحسين الأداء التشغيلي للمشاريع المائية.

كما يسعى الفصل إلى توضيح الأبعاد العملية للبحث، من خلال تقديم نتائج يمكن البناء عليها لاتخاذ قرارات فعالة بشأن تطوير وتشغيل محطات الضخ في المناطق النائية. ويبرز الفصل الدور الحيوي للبحث في تقديم توصيات علمية وعملية تعزز من كفاءة استخدام الطاقة والمياه، وتساهم في تحسين استدامة الموارد، مما يربط المعرفة النظرية بالتطبيق العملي على أرض الواقع. كما يسلط الضوء على أهمية الاستنتاجات التي تساعد في توجيه الدراسات المستقبلية والمشاريع المماثلة، وتحديد المجالات التي تحتاج إلى تطوير أو تحسين.

تكمن قيمة هذا الفصل أيضاً في كونه يوفر إطاراً متكاملاً لعرض النتائج بأسلوب واضح ومنظم، مع تحليل منطقي يسمح بفهم الاتجاهات العامة والنماذج العملية المستفادة من الدراسة. كما يوضح كيف يمكن للباحث أن يستخلص استنتاجات دقيقة وقابلة للتطبيق من البيانات المجمعة، ويحولها إلى توصيات عملية تساهم في تحسين الأداء التشغيلي لمحطات الضخ وتعزيز استدامة مشاريع المياه. ومن هذا المنطلق، يمثل الفصل النهائي نقطة التقاء جميع عناصر البحث،

إذ يجمع بين النظرية والتطبيق والنتائج العملية في صورة متكاملة تضمن تحقيق أهداف الدراسة وتقديم قيمة علمية وعملية واضحة.

تحليل البيانات

1. الوصف الإحصائي لبيانات التجربة

عند إجراء تحليل البيانات في أي دراسة، يعد الوصف الإحصائي خطوة أساسية لفهم طبيعة البيانات وتوزيعها. في هذه الدراسة، سيتم استخدام الأدوات الإحصائية المختلفة لتوصيف البيانات المجمعة من الاستبيانات والمقابلات. الهدف من الوصف الإحصائي هو تلخيص المعلومات بطريقة بسيطة وواضحة تساعد في فهم العلاقة بين المتغيرات المختلفة ودور الذكاء الاصطناعي في تقليل المخاطر في مشاريع البناء. يشمل هذا التحليل حساب المقاييس المركزية مثل المتوسط، الوسيط، والانحراف المعياري، مما يتيح للباحث تقديم وصف دقيق لخصائص البيانات، وبالتالي تمهيد الطريق لفحص علاقات أعمق بين المتغيرات.

كما سيتم استخدام التحليل التكراري لتحديد التوزيع التكراري للبيانات في الاستبيانات، مما يساعد في فهم كيف يتم توزيع الإجابات على الأسئلة المختلفة ومدى تكرار المواقف أو الآراء المتشابهة بين المشاركين. سيكون من الضروري أيضًا تقديم التوزيع البياني للبيانات باستخدام الرسوم البيانية مثل المدرجات التكرارية و الرسوم البيانية الدائرية لتوضيح التوزيع الكمي للمتغيرات. يساعد الوصف الإحصائي في إظهار الأنماط الرئيسية والاتجاهات في البيانات، ما يساهم في تقديم رؤى واضحة حول تأثير الذكاء الاصطناعي على تقليل مخاطر مشاريع البناء (Kaliyadan، 2019).

Statistics							
Kurtosis	Skewness	Variance	Std. Deviation	Std. Error of Mean	Mean	N	
						Valid	
-1.198	-0.228	1.913	1.383	0.087	3.22	250	العمر
-2.015	-0.032	0.251	0.501	0.032	1.51	250	الجنس
-1.503	-0.133	2.269	1.506	0.095	3.17	250	الدرجة العلمية
-1.255	0.349	2.143	1.464	0.093	2.73	250	تتبنى الجهة المشغلة لمحطات الضخ تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال.
-1.253	0.247	2.026	1.424	0.090	2.80	250	تتوافر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية.

250	2.98	0.092	1.448	2.096	0.122	-1.395	يتم تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء.
250	2.98	0.086	1.356	1.839	0.136	-1.321	الدعم الحكومي ساهم في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ.
250	2.92	0.093	1.472	2.167	0.208	-1.379	استخدام الطاقة الشمسية أدى إلى تقليل تكاليف التشغيل للمحطة.
250	2.95	0.088	1.395	1.945	0.120	-1.286	الطاقة الشمسية ساهمت في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل.
250	2.82	0.085	1.341	1.797	0.310	-1.130	نظام الضخ بالطاقة الشمسية يتميز باستقرار وأداء عالٍ في الظروف المناخية المختلفة.
250	2.83	0.081	1.286	1.653	0.291	-1.111	توفر الطاقة الشمسية ساهم في زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية.
250	2.81	0.094	1.490	2.220	0.296	-1.363	استخدام الطاقة الشمسية ساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية.
250	2.86	0.090	1.430	2.046	0.225	-1.297	مشاريع الطاقة الشمسية تتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة.
250	2.99	0.085	1.346	1.811	0.191	-1.245	الطاقة الشمسية تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه.
250	2.92	0.083	1.319	1.740	0.177	-1.185	الاستثمار في الطاقة الشمسية مجدي اقتصادياً على المدى الطويل.
250	2.88	0.094	1.479	2.186	0.201	-1.351	تكلفة الصيانة لأنظمة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة صيانة أنظمة التشغيل التقليدية.
250	2.80	0.095	1.495	2.235	0.303	-1.341	استخدام الطاقة الشمسية ساهم في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع.
250	2.70	0.087	1.380	1.906	0.312	-1.212	تواجه مشاريع الطاقة الشمسية تحديات فنية تؤثر على كفاءتها.
250	2.98	0.083	1.305	1.703	0.161	-1.269	ضعف الكوادر المتخصصة يمثل عائقاً أمام تبني أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية.
250	2.78	0.093	1.463	2.140	0.302	-1.263	هناك حاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ.

جدول 1: الوصف الإحصائي للبيانات بالتجربة.

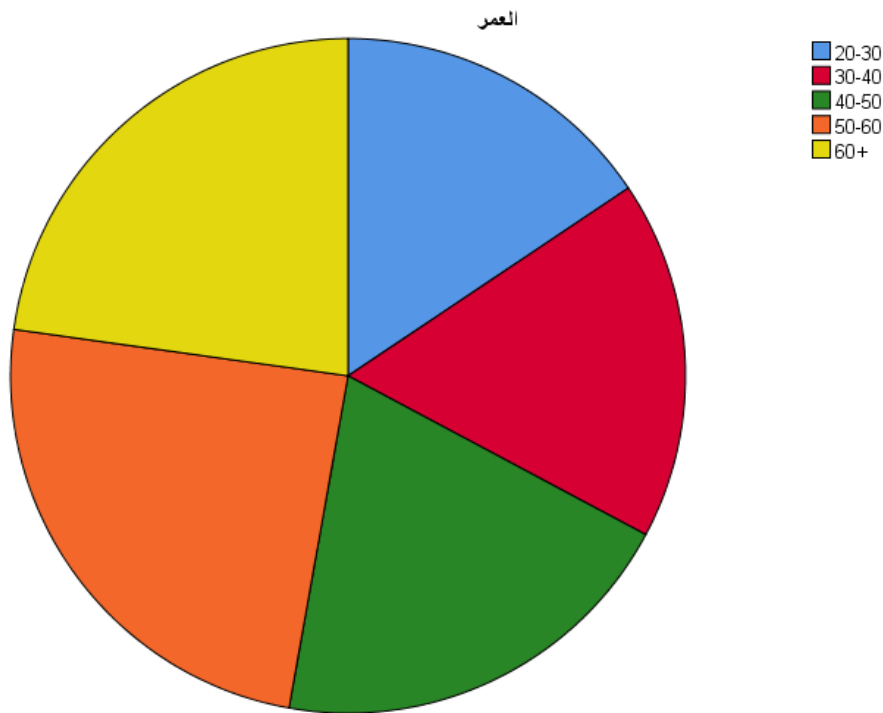
1. العمر

بناء على تحليل البيانات الديموغرافية للعينة في دراسة اثر تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ على كفاءة تشغيل مشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية، يتضح ان المشاركين شملوا فئات عمرية متنوعة. فقد مثلت الفئة من 20 الى 30 عاما نسبة 15.6% من العينة، والفئة من 30 الى 40 عاما 17.2%، في حين شكلت

الفئة من 40 الى 50 عاما 20%، والفئة من 50 الى 60 عاما النسبة الاعلى بواقع 24.4%، اما المشاركون فوق 60 عاما فشكلوا 22.8%. ويشير هذا التوزيع الى تمثيل واسع للخبرات العملية، حيث توفر الفئات العمرية الاكبر منظورا اعمق حول كفاءة تشغيل مشاريع المياه، مما يعزز دقة النتائج ويتيح استنتاجات اكثر موثوقية حول اثر استخدام تقنيات الطاقة الشمسية في تحسين الاداء التشغيلي للمحطات في المناطق النائية.

		العمر			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	20-30	39	15.6	15.6	15.6
	30-40	43	17.2	17.2	32.8
	40-50	50	20.0	20.0	52.8
	50-60	61	24.4	24.4	77.2
	60+	57	22.8	22.8	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 2: الوصف الإحصائي لعمر المشاركين بالتجربة.



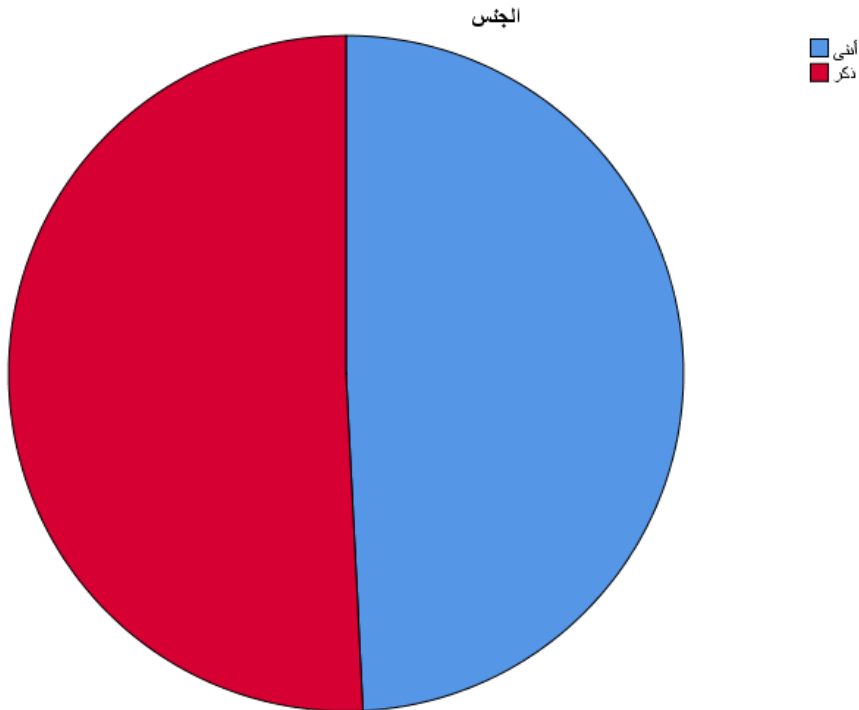
رسم توضيحي 2: التمثيل البياني لعمر المشاركين بالتجربة

2. الجنس

تحليل توزيع الجنس في العينة يشير إلى توازن واضح بين الذكور والإناث، حيث شكل الذكور 50.8% من المشاركين مقابل 49.2% للإناث، مما يعكس تمثيلاً شبه متساوٍ لكلا الجنسين. يعزز هذا التوازن شمولية العينة، إذ يتيح جمع بيانات وآراء متنوعة تعكس التجارب والخبرات من منظور كل من الذكور والإناث. كما أن مشاركة كلا الجنسين بنسب متقاربة تساهم في تقليل أي تحيز محتمل في النتائج الناتج عن تمثيل غير متكافئ، وتزيد من دقة الاستنتاجات المستخلصة. هذا التمثيل المتوازن مهم بشكل خاص عند دراسة تأثير تقنيات أو ممارسات تشغيلية، حيث قد تختلف وجهات النظر والتجارب العملية بحسب الخلفيات الفردية والعوامل الاجتماعية والمهنية، ويتيح توزيع الجنس المتساوي إمكانية تقييم شامل يراعي هذه الفروقات ويعطي نتائج أكثر موثوقية وشمولية.

الجنس		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أنثى	123	49.2	49.2	49.2
	ذكر	127	50.8	50.8	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 3: الوصف الإحصائي لجنس المشاركين بالتجربة.



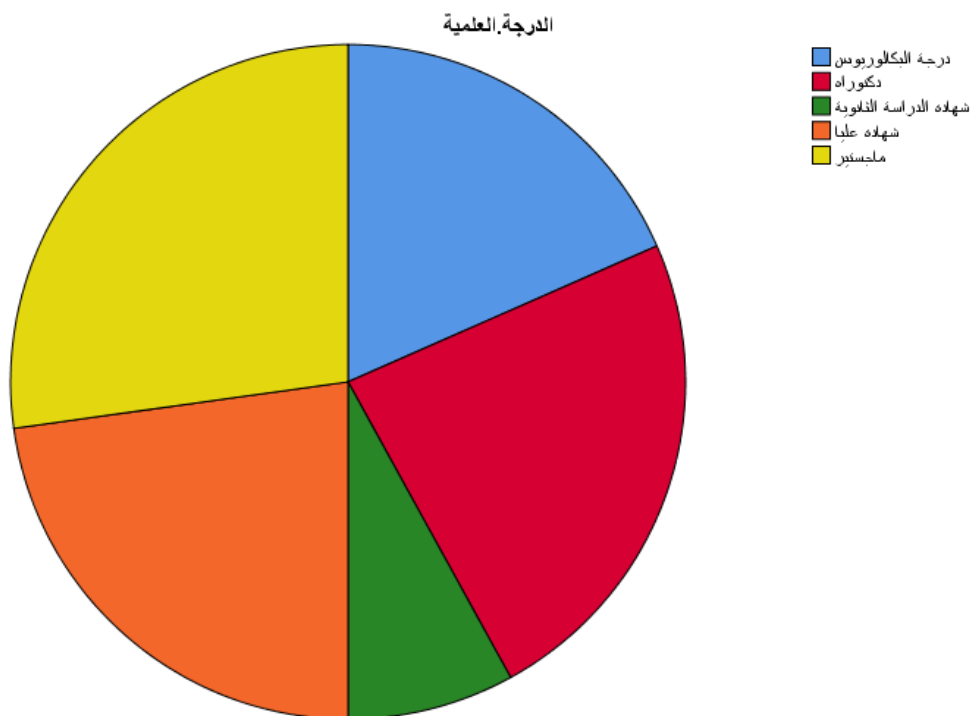
رسم توضيحي 3: التمثيل البياني لجنس المشاركين بالتجربة

3. الدرجة العلمية

تحليل توزيع المشاركين حسب الدرجة العلمية يظهر تنوعاً واضحاً في الخلفيات التعليمية، مما يعكس شمولية العينة من حيث مستوى المعرفة والخبرة الأكاديمية. فقد شكل الحاصلون على درجة البكالوريوس 18.4% من المشاركين، بينما بلغ أصحاب الدكتوراه 23.6%، وشارك الحاصلون على شهادات عليا بنسبة 22.8%. كما مثل الحاصلون على درجة الماجستير النسبة الأعلى بواقع 27.2%، في حين كان المشاركون الحاصلون على شهادة الدراسة الثانوية 8% فقط من العينة. يعكس هذا التوزيع أن العينة تضم أفراداً من مستويات تعليمية متعددة، مما يتيح جمع رؤى متنوعة ومتوازنة حول الموضوع محل الدراسة، ويعزز مصداقية النتائج من خلال دمج وجهات نظر علمية وعملية مختلفة، ويزيد من إمكانية استنتاج نتائج دقيقة وشاملة تستند إلى معرفة ومهارات متعددة المستويات الأكاديمية.

الدرجة العلمية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	درجة البكالوريوس	46	18.4	18.4	18.4
	دكتوراه	59	23.6	23.6	42.0
	شهادة الدراسة الثانوية	20	8.0	8.0	50.0
	شهادة عليا	57	22.8	22.8	72.8
	ماجستير	68	27.2	27.2	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 4: الوصف الإحصائي لجنس المشاركين بالتجربة.

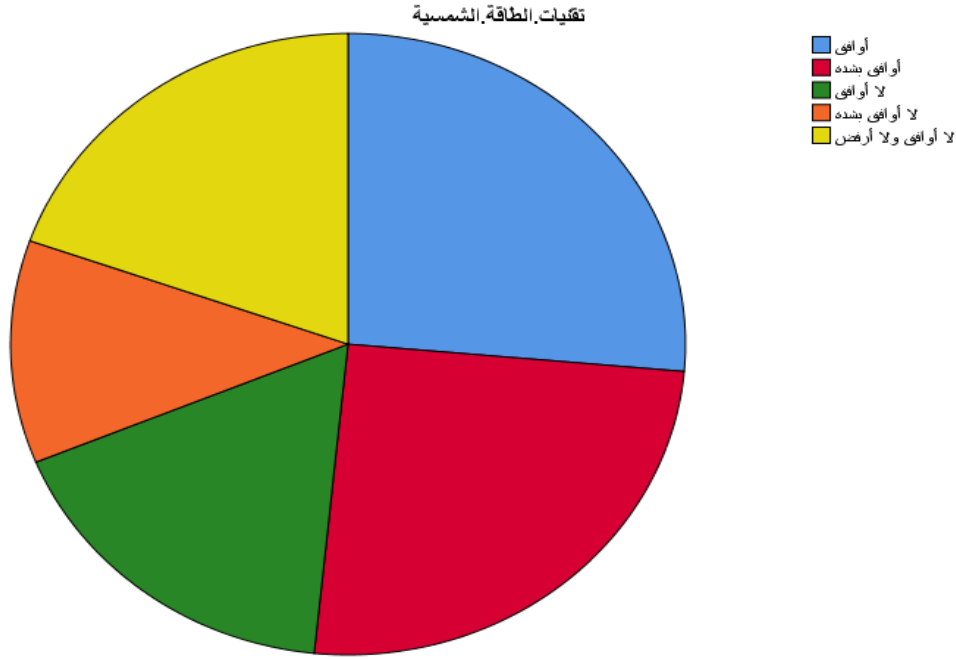


4. تتبنى الجهة المشغلة لمحطات الضخ تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال.

تحليل آراء المشاركين حول مدى تبني الجهة المشغلة لمحطات الضخ لتقنيات الطاقة الشمسية يشير إلى وجود انقسام نسبي في وجهات النظر، مع ميل واضح نحو الاتفاق الإيجابي. فقد أشار 26.4% من المشاركين إلى موافقتهم، بينما وافق 25.2% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 51.6%، وهو ما يعكس إدراك غالبية المشاركين بأن الجهة المشغلة تبذل جهوداً ملموسة في تبني هذه التقنيات. من ناحية أخرى، عبر 17.2% عن عدم موافقتهم، و11.6% عن رفضهم الشديد، في حين اتخذ 19.6% موقفاً محايداً بين الموافقة والرفض. يشير هذا التوزيع إلى أن هناك وعياً ملموساً لدى المشاركين بأهمية تقنيات الطاقة الشمسية، إلا أن بعضهم قد يرى أن تطبيقها أو فعاليتها يحتاج إلى تحسين أو تعزيز، مما يبرز الحاجة إلى متابعة مستمرة وتقييم دوري لتطبيق هذه التقنيات لضمان تحسين كفاءة تشغيل محطات الضخ.

تتبنى الجهة المشغلة لمحطات الضخ تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	66	26.4	26.4	26.4
	أوافق بشدة	63	25.2	25.2	51.6
	لا أوافق	43	17.2	17.2	68.8
	لا أوافق بشدة	29	11.6	11.6	80.4
	لا أوافق ولا أرفض	49	19.6	19.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 5: الوصف الإحصائي لتبني الجهة المشغلة لمحطات الضخ تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال.



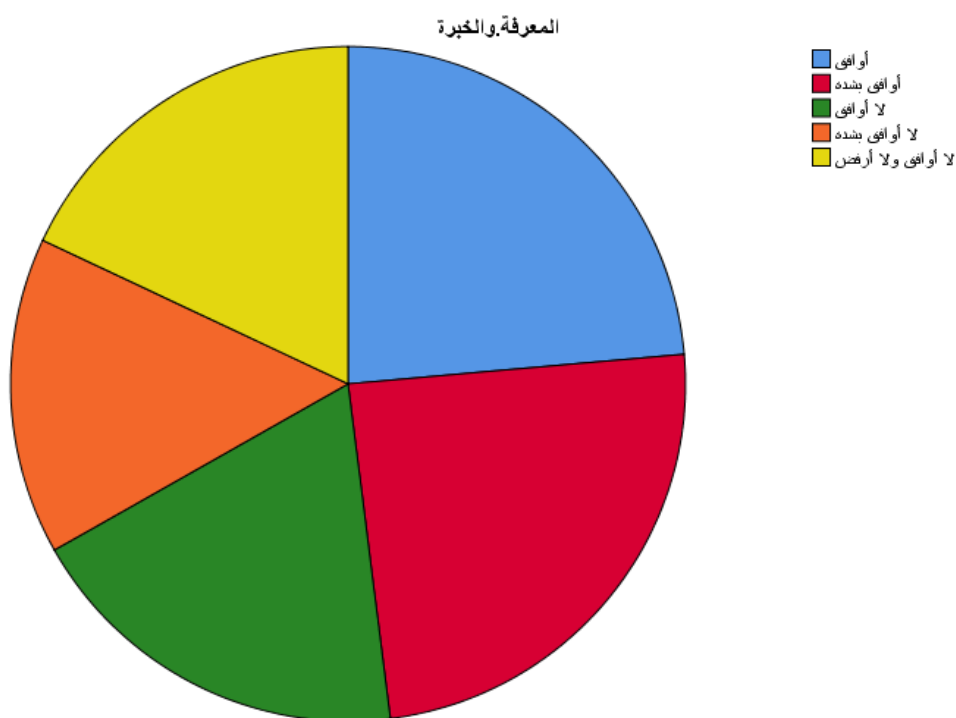
رسم توضيحي 5: التمثيل البياني لتبني الجهة المشغلة لمحطات الضخ تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال

5. تتوافر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية.

تحليل آراء المشاركين حول مدى توفر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية يظهر تبايناً في وجهات النظر، مع ميل طفيف نحو الرأي الإيجابي. فقد أشار 23.6% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 24.4% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 48%، وهو ما يعكس تقديراً شبه متساوٍ للقدرات والخبرات الفنية لدى العاملين. في المقابل، عبّر 18.8% عن عدم موافقتهم و15.2% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 18% موقفاً محايداً. يعكس هذا التوزيع أن هناك إدراكاً عاماً بوجود قدرات ومعرفة لدى العاملين، إلا أن جزءاً من المشاركين يرى ضرورة تعزيز التدريب والخبرة لضمان التشغيل الأمثل لأنظمة الطاقة الشمسية، مما يشير إلى أهمية الاستمرار في برامج التأهيل الفني لضمان تحقيق الكفاءة التشغيلية المطلوبة.

تتوافر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	59	23.6	23.6	23.6
	أوافق بشدة	61	24.4	24.4	48.0
	لا أوافق	47	18.8	18.8	66.8
	لا أوافق بشدة	38	15.2	15.2	82.0
	لا أوافق ولا أرفض	45	18.0	18.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 6: الوصف الإحصائي لتتوافر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية.



رسم توضيحي 6: التمثيل البياني لتتوافر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية

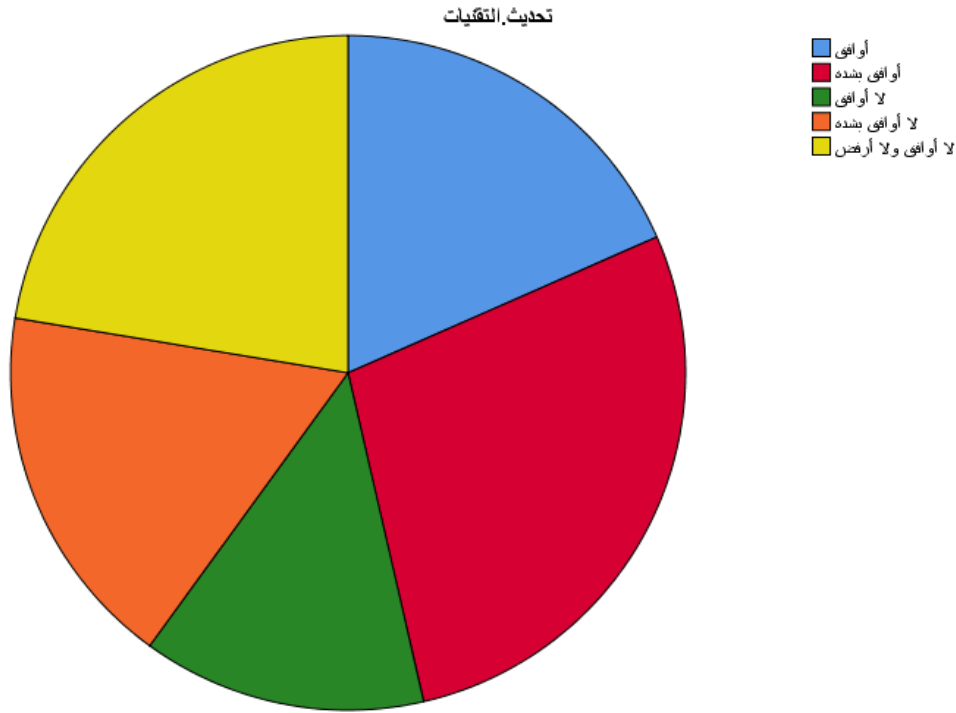
6. يتم تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء.

تحليل آراء المشاركين بشأن تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء يوضح وجود تفاوت في وجهات النظر مع ميل واضح نحو الرأي الإيجابي. فقد أشار 18.4% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 28% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 46.4%، ما يعكس إدراك غالبية المشاركين لأهمية التحديث الدوري للتقنيات من أجل تعزيز الكفاءة التشغيلية. في المقابل، عبّر 13.6% عن عدم موافقتهم و17.6% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 22.4% موقفاً محايداً. يشير هذا التوزيع إلى أن هناك وعياً بأهمية التطوير المستمر للتقنيات، إلا أن بعض المشاركين يرى أن عمليات التحديث قد تكون غير كافية أو تحتاج إلى تحسين، مما يبرز الحاجة إلى متابعة دورية لتقييم أداء أنظمة الطاقة الشمسية وتطبيق أحدث الأساليب والتقنيات لضمان تحسين الأداء بشكل مستمر.

يتم تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	46	18.4	18.4	18.4
	أوافق بشدة	70	28.0	28.0	46.4
	لا أوافق	34	13.6	13.6	60.0
	لا أوافق بشدة	44	17.6	17.6	77.6

	لا أوافق ولا أرفض	56	22.4	22.4	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 7: الوصف الإحصائي لبيتم تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء.



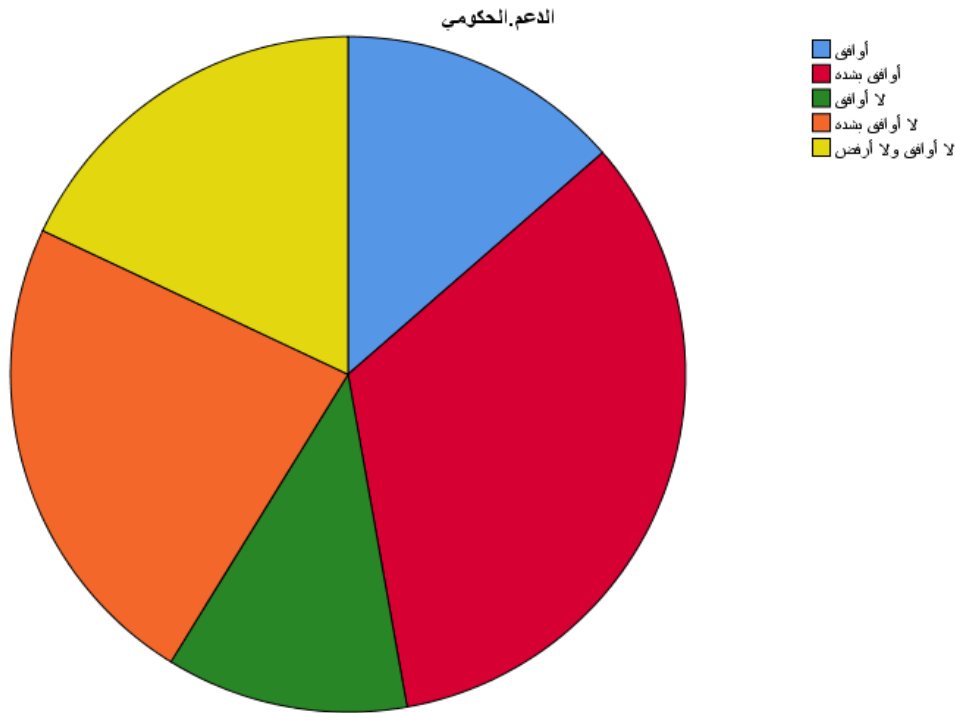
رسم توضيحي 7: التمثيل البياني لبيتم تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء

7. الدعم الحكومي ساهم في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ.

تحليل آراء المشاركين بشأن أثر الدعم الحكومي في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ يظهر تفاوتاً في التقييم مع ميل واضح نحو الاعتراف بالدور الإيجابي للدعم. فقد أشار 13.6% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 33.6% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 47.2%، ما يعكس إدراك كبير من المشاركين لأهمية الدعم الحكومي في تيسير تطبيق هذه الأنظمة. في المقابل، عبر 11.6% عن عدم موافقتهم و23.2% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 18% موقفاً محايداً. يشير هذا التوزيع إلى أن الدعم الحكومي يعتبر عاملاً محفزاً، إلا أن هناك نسبة من المشاركين ترى أن فعاليته قد تكون محدودة أو تحتاج إلى تعزيز لضمان تسريع وتوسيع تطبيق تقنيات الطاقة الشمسية، مما يبرز الحاجة إلى استراتيجيات دعم مستمرة ومتطورة لضمان تعزيز كفاءة التشغيل وتحقيق الأهداف المنشودة.

الدعم الحكومي ساهم في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	34	13.6	13.6	13.6
	أوافق بشدة	84	33.6	33.6	47.2
	لا أوافق	29	11.6	11.6	58.8
	لا أوافق بشدة	58	23.2	23.2	82.0
	لا أوافق ولا أرفض	45	18.0	18.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 8: الوصف الإحصائي للدعم الحكومي ساهم في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ.



رسم توضيحي 8: التمثيل البياني للدعم الحكومي ساهم في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ

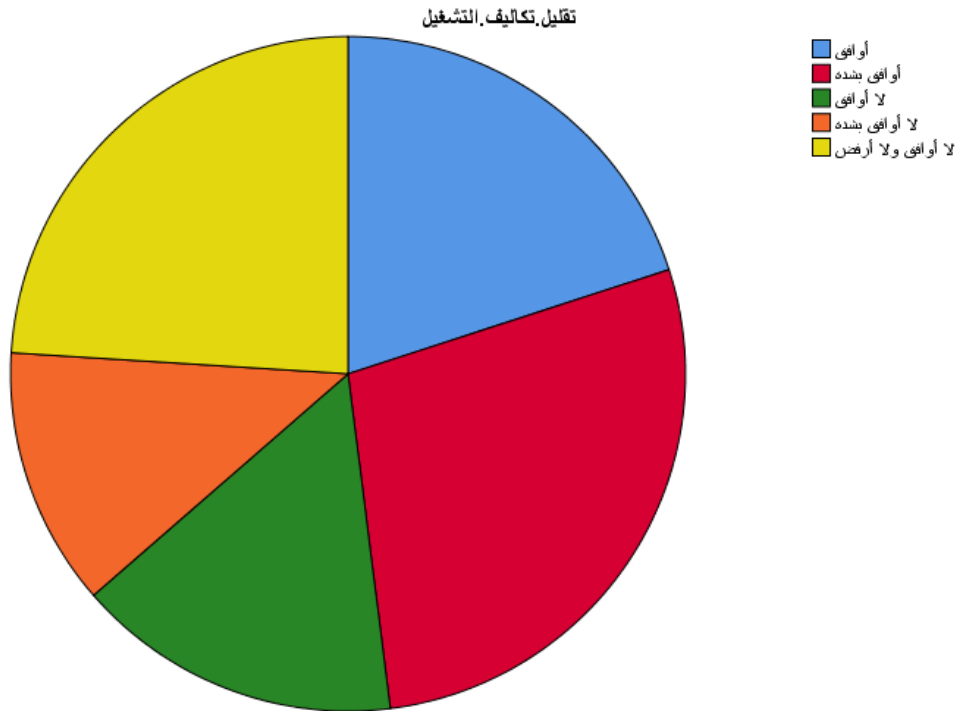
8. استخدام الطاقة الشمسية أدى إلى تقليل تكاليف التشغيل للمحطة.

تحليل آراء المشاركين حول تأثير استخدام الطاقة الشمسية على تقليل تكاليف التشغيل للمحطات يشير إلى توجه إيجابي عام نحو الاستفادة الاقتصادية من هذه التقنية. فقد أشار 20% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 28% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 48%. ما يعكس إدراك غالبية المشاركين بأن استخدام الطاقة الشمسية يساهم بشكل ملموس في خفض التكاليف التشغيلية. بالمقابل، عبر 15.6% عن عدم موافقتهم و12.4% عن رفضهم الشديد، في حين اتخذ 24% موقفاً محايداً. ويعكس هذا التوزيع أن هناك تقديراً للفوائد الاقتصادية للطاقة الشمسية، مع وجود بعض

التحفظات أو اختلافات في الرأي حول حجم التأثير الفعلي، مما يشير إلى أهمية متابعة تقييم التكاليف التشغيلية بشكل دوري لضمان تحقيق أقصى استفادة من تطبيق هذه التقنيات.

استخدام الطاقة الشمسية أدى إلى تقليل تكاليف التشغيل للمحطة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	50	20.0	20.0	20.0
	أوافق بشدة	70	28.0	28.0	48.0
	لا أوافق	39	15.6	15.6	63.6
	لا أوافق بشدة	31	12.4	12.4	76.0
	لا أوافق ولا أرفض	60	24.0	24.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 9: الوصف الإحصائي لاستخدام الطاقة الشمسية أدى إلى تقليل تكاليف التشغيل للمحطة.



رسم توضيحي 9: التمثيل البياني لاستخدام الطاقة الشمسية أدى إلى تقليل تكاليف التشغيل للمحطة

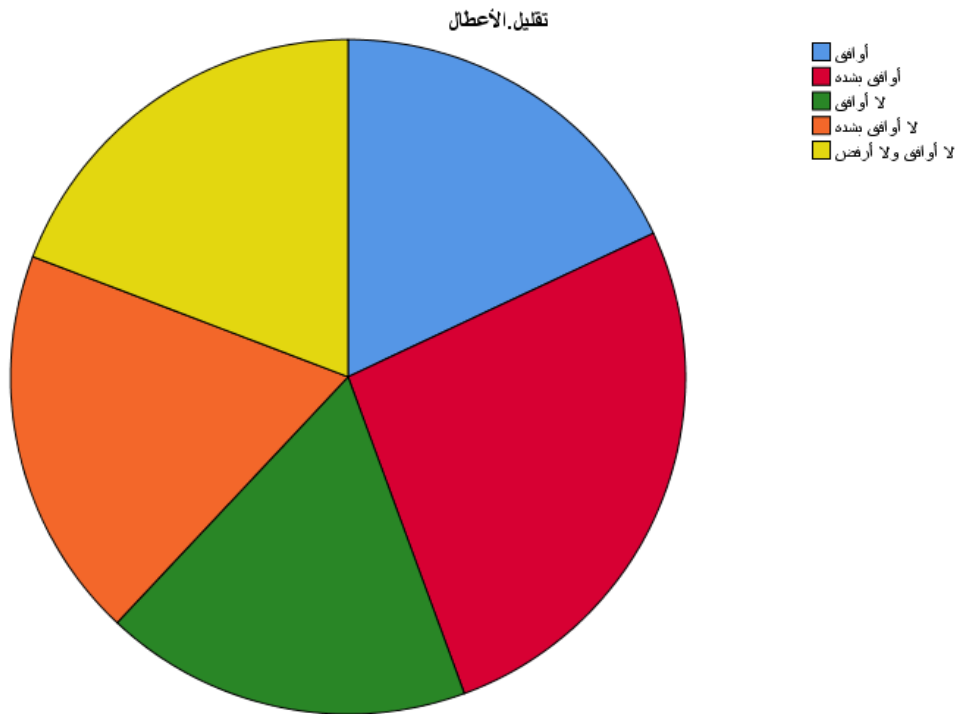
9. الطاقة الشمسية ساهمت في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل.

تحليل آراء المشاركين بشأن تأثير الطاقة الشمسية في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل يظهر تبايناً في وجهات النظر مع ميل نسبي نحو الرأي الإيجابي. فقد أشار 18% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 26.4% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 44.4%، ما يعكس إدراك كبير من المشاركين بأن الطاقة الشمسية ساهمت في تحسين استقرار

التشغيل وتقليل الانقطاعات. في المقابل، عبّر 17.6% عن عدم موافقتهم و18.8% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 19.2% موقفاً محايداً. ويشير هذا التوزيع إلى أن تطبيق الطاقة الشمسية له أثر إيجابي ملموس على استمرارية التشغيل، إلا أن بعض المشاركين يرون أن هناك جوانب تحتاج إلى تحسين لضمان تقليل الأعطال بشكل أكثر فعالية، مما يبرز أهمية الصيانة الدورية والمتابعة الفنية لضمان تحقيق الأداء الأمثل للمحطات.

الطاقة الشمسية ساهمت في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	45	18.0	18.0	18.0
	أوافق بشدة	66	26.4	26.4	44.4
	لا أوافق	44	17.6	17.6	62.0
	لا أوافق بشدة	47	18.8	18.8	80.8
	لا أوافق ولا أرفض	48	19.2	19.2	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 10: الوصف الإحصائي للطاقة الشمسية ساهمت في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل.



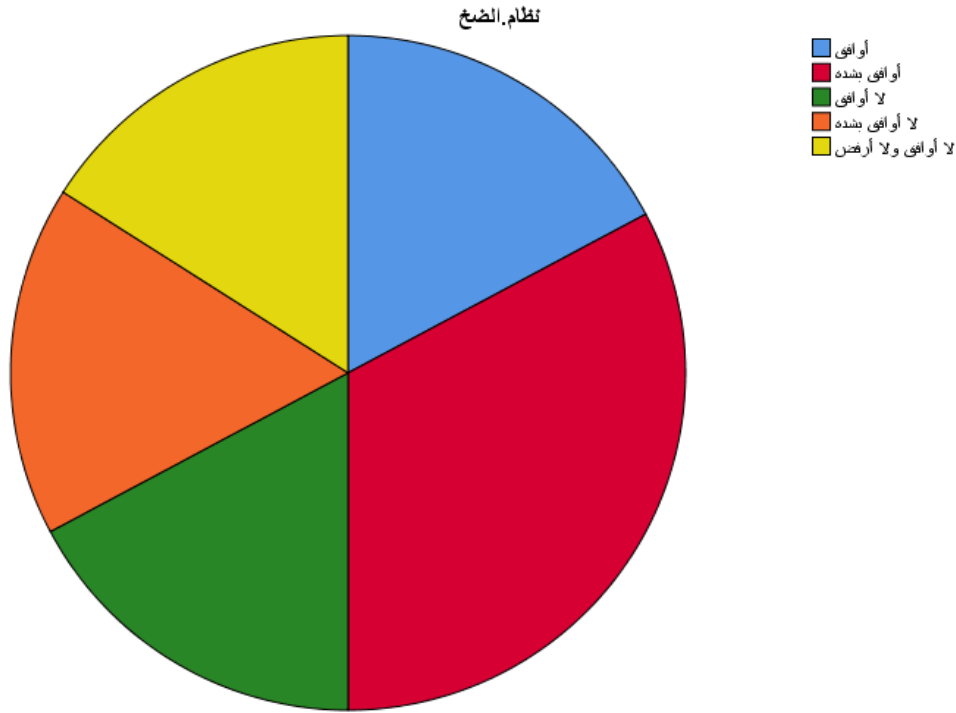
رسم توضيحي 10: التمثيل البياني للطاقة الشمسية ساهمت في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل

10. نظام الضخ بالطاقة الشمسية يتميز باستقرار وأداء عالٍ في الظروف المناخية المختلفة.

تحليل آراء المشاركين حول استقرار وأداء نظام الضخ بالطاقة الشمسية في الظروف المناخية المختلفة يظهر ميلاً واضحاً نحو الرأي الإيجابي. فقد أشار 17.2% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 32.8% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 50%، ما يعكس إدراك نصف المشاركين على الأقل لقدرة النظام على العمل بكفاءة واستقرار في مختلف الظروف البيئية. في المقابل، عبّر 17.2% عن عدم موافقتهم و16.8% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 16% موقفاً محايداً. يشير هذا التوزيع إلى أن نظام الضخ بالطاقة الشمسية يتمتع بموثوقية نسبية، إلا أن بعض المشاركين قد يلمسون تحديات تشغيلية تحت ظروف معينة، مما يبرز أهمية الاستمرار في تطوير النظام ومراقبته لضمان تحقيق أداء مستقر وفعال في جميع الظروف المناخية.

نظام الضخ بالطاقة الشمسية يتميز باستقرار وأداء عالٍ في الظروف المناخية المختلفة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	43	17.2	17.2	17.2
	أوافق بشدة	82	32.8	32.8	50.0
	لا أوافق	43	17.2	17.2	67.2
	لا أوافق بشدة	42	16.8	16.8	84.0
	لا أوافق ولا أرفض	40	16.0	16.0	100.0
Total		250	100.0	100.0	

جدول 11: الوصف الإحصائي لنظام الضخ بالطاقة الشمسية يتميز باستقرار وأداء عالٍ في الظروف المناخية المختلفة.



رسم توضيحي 11: التمثيل البياني لنظام الضخ بالطاقة الشمسية يتميز باستقرار وأداء عالٍ في الظروف المناخية المختلفة

11. توفر الطاقة الشمسية ساهم في زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية.

تحليل آراء المشاركين حول تأثير توفر الطاقة الشمسية على زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية يظهر توجهاً إيجابياً واضحاً. فقد أشار 14.4% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 36% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 50.4%، ما يعكس إدراك غالبية المشاركين للدور الفعال للطاقة الشمسية في تعزيز استمرارية الخدمات المائية في المناطق النائية. في المقابل، عبّر 15.2% عن عدم موافقتهم و21.2% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 13.2% موقفاً محايداً. يشير هذا التوزيع إلى أن الطاقة الشمسية تلعب دوراً مهماً في تحسين الاعتمادية التشغيلية، مع وجود بعض التحفظات أو تحديات تشغيلية في بعض المواقع، مما يبرز الحاجة إلى متابعة مستمرة وصيانة دورية لضمان استمرار تقديم خدمات المياه بكفاءة عالية في كافة الظروف.

توفر الطاقة الشمسية ساهم في زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	36	14.4	14.4	14.4
	أوافق بشدة	90	36.0	36.0	50.4
	لا أوافق	38	15.2	15.2	65.6
	لا أوافق بشدة	53	21.2	21.2	86.8

	لا أوافق ولا أرفض	33	13.2	13.2	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 12: الوصف الإحصائي لتوفر الطاقة الشمسية ساهم في زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية.



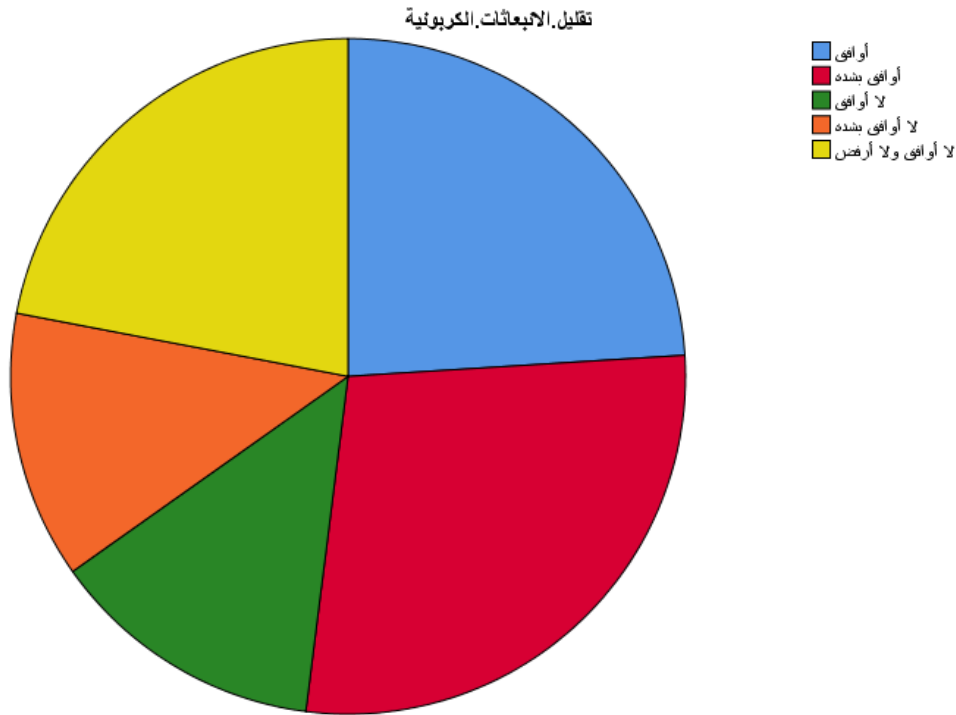
رسم توضيحي 12: التمثيل البياني لتوفر الطاقة الشمسية ساهم في زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية

12. استخدام الطاقة الشمسية ساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية.

تحليل آراء المشاركين بشأن تأثير استخدام الطاقة الشمسية في تقليل الانبعاثات الكربونية يشير إلى ميل واضح نحو الرأي الإيجابي. فقد أشار 24% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 28% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 52%، ما يعكس إدراك غالبية المشاركين للدور البيئي الإيجابي للطاقة الشمسية في الحد من الانبعاثات الضارة. في المقابل، عبّر 13.2% عن عدم موافقتهم و12.8% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 22% موقفاً محايداً. ويشير هذا التوزيع إلى أن استخدام الطاقة الشمسية لا يساهم فقط في كفاءة التشغيل وخفض التكاليف، بل يلعب أيضاً دوراً مهماً في تحسين الاستدامة البيئية وتقليل البصمة الكربونية للمحطات، مع ضرورة متابعة تطبيق أفضل الممارسات لضمان تحقيق الفوائد البيئية المرجوة.

استخدام الطاقة الشمسية ساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	60	24.0	24.0	24.0
	أوافق بشدة	70	28.0	28.0	52.0
	لا أوافق	33	13.2	13.2	65.2
	لا أوافق بشدة	32	12.8	12.8	78.0
	لا أوافق ولا أرفض	55	22.0	22.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 13: الوصف الإحصائي لاستخدام الطاقة الشمسية ساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية.



رسم توضيحي 13: التمثيل البياني لاستخدام الطاقة الشمسية ساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية

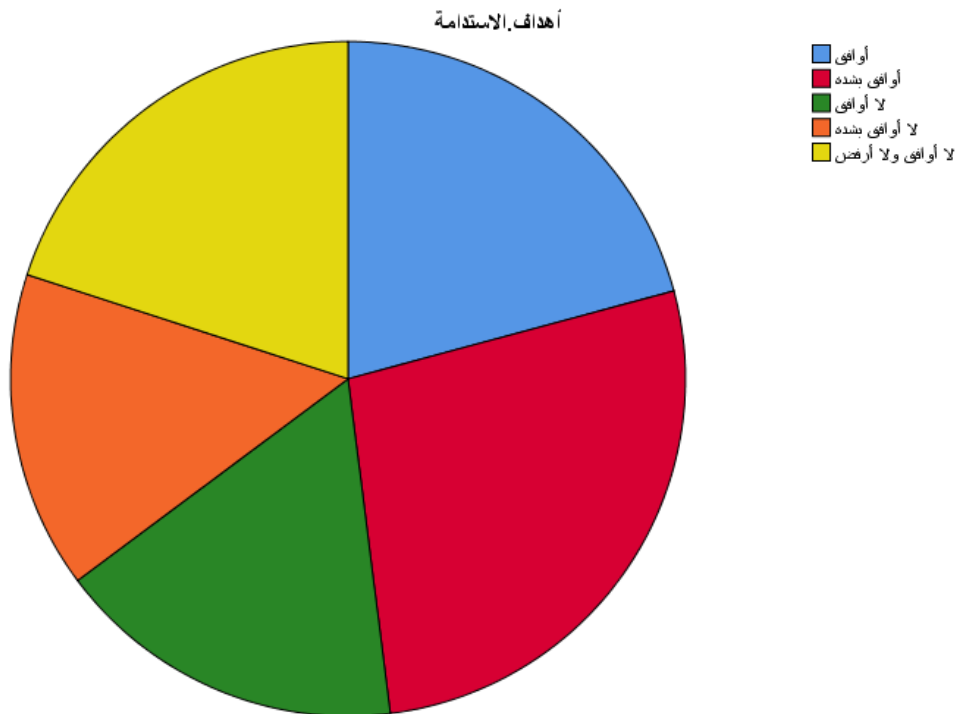
13. مشاريع الطاقة الشمسية تتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة.

تحليل آراء المشاركين حول مدى توافق مشاريع الطاقة الشمسية مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة يشير إلى توجه إيجابي واضح مع وجود تفاوت نسبي في الرأي. فقد أشار 20.8% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 27.2% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 48%، ما يعكس إدراك نصف المشاركين تقريباً لدور مشاريع الطاقة الشمسية في دعم الأهداف الوطنية للاستدامة. في المقابل، عبّر 16.8% عن عدم موافقتهم و15.2% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 20% موقفاً محايداً. يشير هذا التوزيع إلى أن هناك وعياً متزايداً بأهمية مشاريع الطاقة الشمسية في تحقيق الاستدامة البيئية

والاقتصادية، مع وجود بعض التحفظات أو الحاجة لمزيد من التوضيح حول مساهمة هذه المشاريع في تحقيق الأهداف الوطنية بشكل فعال ومستدام.

مشاريع الطاقة الشمسية تتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	52	20.8	20.8	20.8
	أوافق بشدة	68	27.2	27.2	48.0
	لا أوافق	42	16.8	16.8	64.8
	لا أوافق بشدة	38	15.2	15.2	80.0
	لا أوافق ولا أرفض	50	20.0	20.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 14: الوصف الإحصائي لمشاريع الطاقة الشمسية تتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة.



رسم توضيحي 14: التمثيل البياني لمشاريع الطاقة الشمسية تتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة

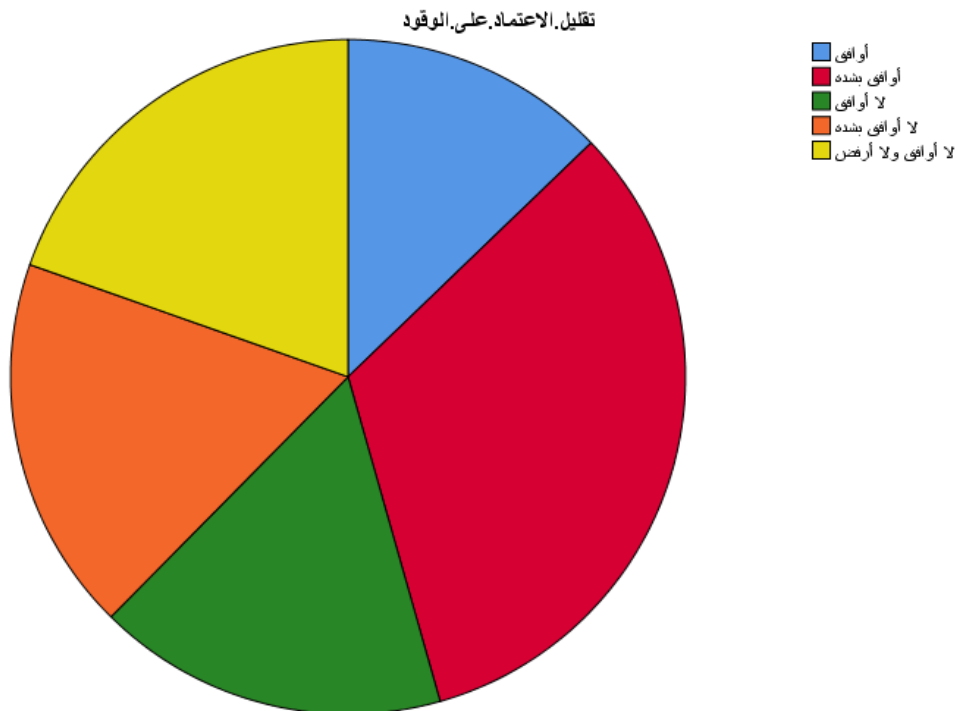
14. الطاقة الشمسية تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه.

تحليل آراء المشاركين حول دور الطاقة الشمسية في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه يظهر توجهاً إيجابياً ملحوظاً مع وجود تفاوت في وجهات النظر. فقد أشار 12.8% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 32.8% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 45.6%، ما يعكس وعياً بدور الطاقة الشمسية في الحد من استخدام الوقود الأحفوري

وتحقيق كفاءة أكبر في التشغيل. في المقابل، عبّر 16.8% عن عدم موافقتهم و18% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 19.6% موقفًا محايدًا. ويشير هذا التوزيع إلى أن الطاقة الشمسية تساهم بشكل ملحوظ في تقليل الاعتماد على المصادر التقليدية للطاقة، مع وجود حاجة لتعزيز فهم مساهمة هذه التقنية في خفض استهلاك الوقود الأحفوري وضمان استدامة التشغيل بشكل أكبر.

الطاقة الشمسية تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	32	12.8	12.8	12.8
	أوافق بشدة	82	32.8	32.8	45.6
	لا أوافق	42	16.8	16.8	62.4
	لا أوافق بشدة	45	18.0	18.0	80.4
	لا أوافق ولا أرفض	49	19.6	19.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 15: الوصف الإحصائي للطاقة الشمسية تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه.



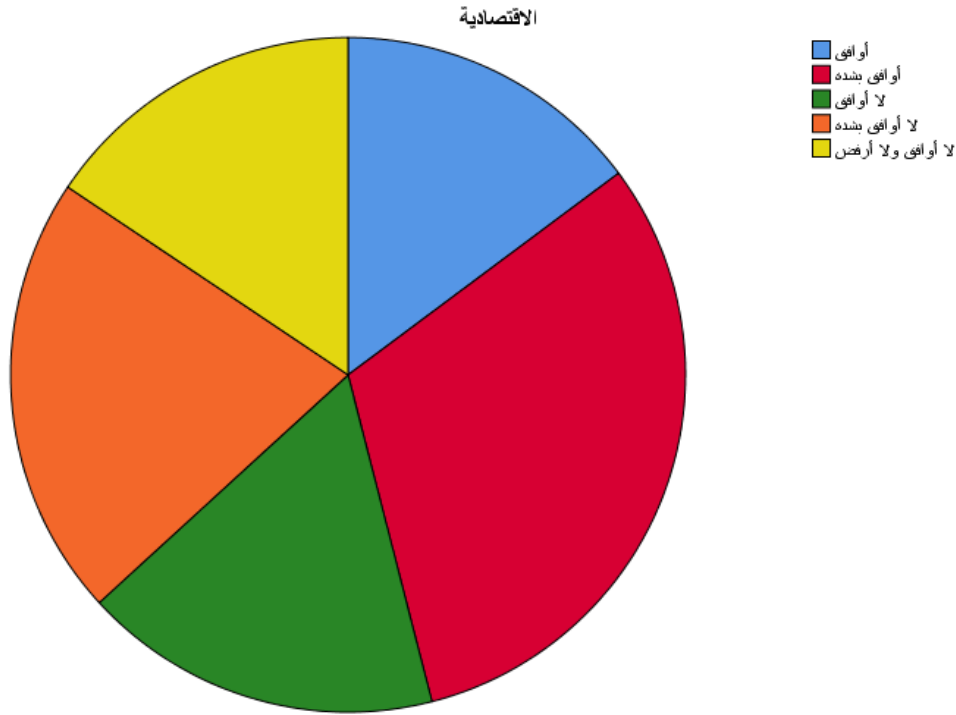
رسم توضيحي 15: التمثيل البياني للطاقة الشمسية تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه

15. الاستثمار في الطاقة الشمسية مجد اقتصادياً على المدى الطويل.

تحليل آراء المشاركين حول جدوى الاستثمار في الطاقة الشمسية من الناحية الاقتصادية على المدى الطويل يشير إلى ميل نسبي نحو الرأي الإيجابي، مع وجود تباين في التقديرات. فقد أشار 14.8% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 31.2% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 46%، ما يعكس إدراك عدد كبير من المشاركين لفوائد الاستثمار في الطاقة الشمسية على المدى الطويل من حيث تقليل التكاليف وتحقيق العوائد الاقتصادية المستدامة. في المقابل، عبّر 17.2% عن عدم موافقتهم و21.2% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 15.6% موقفاً محايداً. ويشير هذا التوزيع إلى أن الطاقة الشمسية تُعتبر خياراً اقتصادياً واعداً، إلا أن بعض المشاركين قد يكون لديهم تحفظات حول حجم العوائد أو تكاليف الاستثمار الأولية، مما يبرز الحاجة إلى دراسات اقتصادية دقيقة ودعم السياسات لتشجيع الاستثمار المستدام في هذا القطاع.

الاستثمار في الطاقة الشمسية مجد اقتصادياً على المدى الطويل					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	37	14.8	14.8	14.8
	أوافق بشدة	78	31.2	31.2	46.0
	لا أوافق	43	17.2	17.2	63.2
	لا أوافق بشدة	53	21.2	21.2	84.4
	لا أوافق ولا أرفض	39	15.6	15.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 16: الوصف الإحصائي للاستثمار في الطاقة الشمسية مجد اقتصادياً على المدى الطويل.



رسم توضيحي 16: التمثيل البياني للاستثمار في الطاقة الشمسية مجز اقتصادياً على المدى الطويل

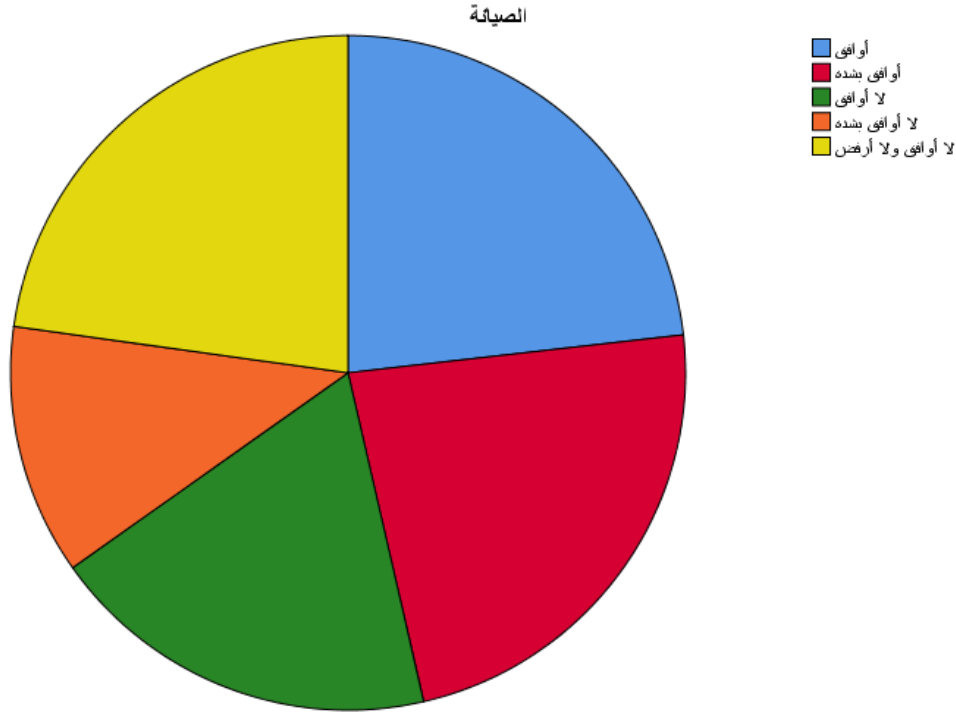
16. تكلفة الصيانة لأنظمة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة صيانة أنظمة التشغيل التقليدية.

تحليل آراء المشاركين حول تكلفة صيانة أنظمة الطاقة الشمسية مقارنة بأنظمة التشغيل التقليدية يشير إلى توجه إيجابي نسبي نحو تقليل النفقات التشغيلية. فقد أشار 23.2% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 23.2% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 46.4%، ما يعكس إدراك جزء كبير من المشاركين بأن صيانة أنظمة الطاقة الشمسية أقل تكلفة وأكثر كفاءة مقارنة بالأنظمة التقليدية. في المقابل، عبّر 18.8% عن عدم موافقتهم و12% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 22.8% موقفاً محايداً. ويشير هذا التوزيع إلى أن الاستثمار في هذه الأنظمة يوفر مزايا اقتصادية ملموسة فيما يتعلق بالصيانة، مع ضرورة استمرار تقييم التكاليف التشغيلية والصيانة الدورية لضمان تحقيق الكفاءة والاستدامة على المدى الطويل.

تكلفة الصيانة لأنظمة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة صيانة أنظمة التشغيل التقليدية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	58	23.2	23.2	23.2
	أوافق بشدة	58	23.2	23.2	46.4
	لا أوافق	47	18.8	18.8	65.2
	لا أوافق بشدة	30	12.0	12.0	77.2

	لا أوافق ولا أرفض	57	22.8	22.8	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 17: الوصف الإحصائي لتكلفة الصيانة لأنظمة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة صيانة أنظمة التشغيل التقليدية.



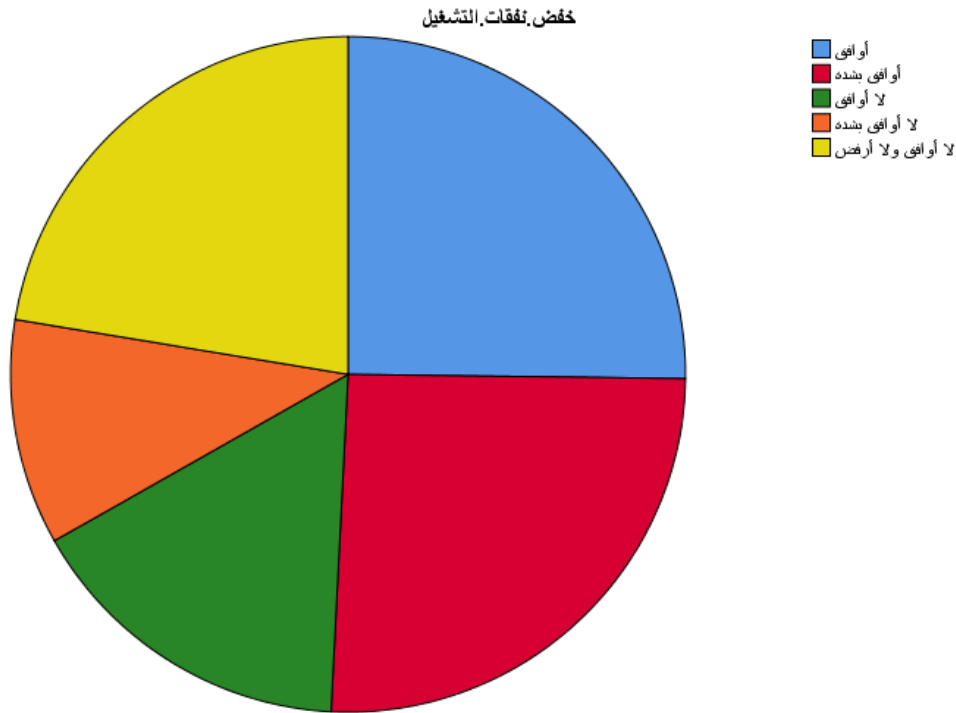
رسم توضيحي 17: التمثيل البياني لتكلفة الصيانة لأنظمة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة صيانة أنظمة التشغيل التقليدية.

17. استخدام الطاقة الشمسية ساهم في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع.

تحليل آراء المشاركين بشأن تأثير استخدام الطاقة الشمسية في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع يظهر توجهاً إيجابياً واضحاً نحو الفوائد الاقتصادية لهذه التقنية. فقد أشار 25.2% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 25.6% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 50.8%، ما يعكس إدراك نصف المشاركين تقريباً لدور الطاقة الشمسية في تقليل التكاليف التشغيلية بشكل ملموس. في المقابل، عبّر 16% عن عدم موافقتهم و10.8% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 22.4% موقفاً محايداً. ويشير هذا التوزيع إلى أن استخدام الطاقة الشمسية يمثل خياراً اقتصادياً فعالاً على المدى السنوي، مع وجود بعض التحفظات حول حجم التأثير، مما يستدعي متابعة تقييم النفقات بشكل دوري لضمان تحقيق أقصى استفادة مالية وتشغيلية.

استخدام الطاقة الشمسية ساهم في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	63	25.2	25.2	25.2
	أوافق بشدة	64	25.6	25.6	50.8
	لا أوافق	40	16.0	16.0	66.8
	لا أوافق بشدة	27	10.8	10.8	77.6
	لا أوافق ولا أرفض	56	22.4	22.4	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 18: الوصف الإحصائي لاستخدام الطاقة الشمسية ساهم في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع.



رسم توضيحي 18: التمثيل البياني لاستخدام الطاقة الشمسية ساهم في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع

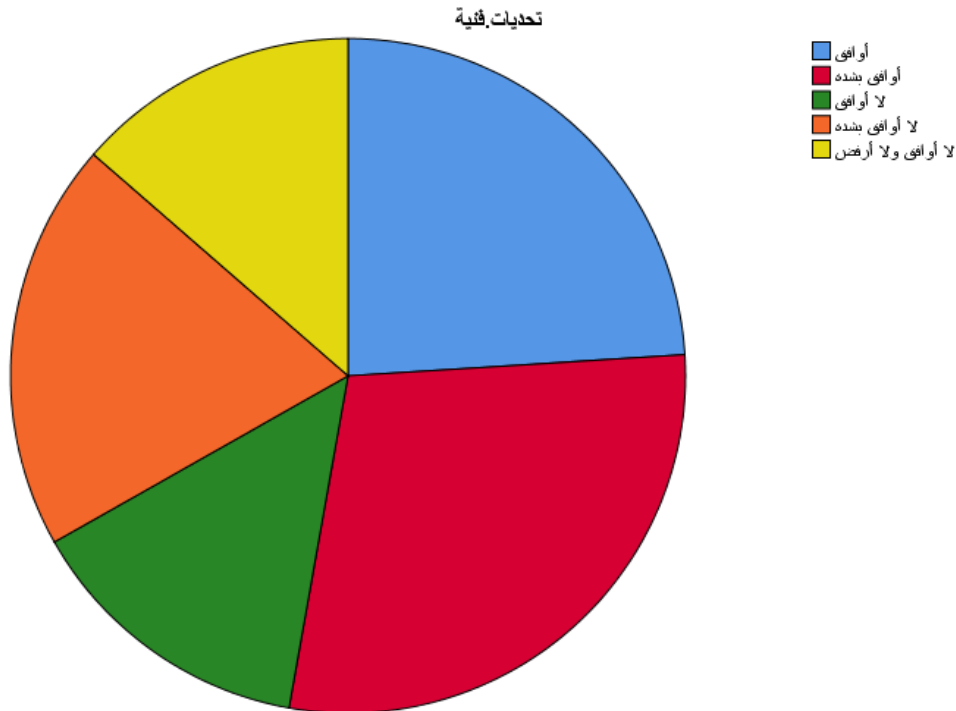
18. تواجه مشاريع الطاقة الشمسية تحديات فنية تؤثر على كفاءتها.

تحليل آراء المشاركين حول وجود تحديات فنية تؤثر على كفاءة مشاريع الطاقة الشمسية يُظهر أن هناك إدراكاً ملموساً لوجود بعض الصعوبات التشغيلية. فقد أشار 24% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 28.8% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 52.8%، ما يعكس اعتراف غالبية المشاركين بأن التحديات الفنية قد تؤثر على أداء هذه المشاريع. في المقابل، عبّر 14% عن عدم موافقتهم و19.6% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 13.6% موقفاً محايداً. ويشير هذا التوزيع إلى أن

المشاريع تتمتع بإمكانات كبيرة لتحقيق الكفاءة، إلا أن وجود بعض العقبات الفنية يستدعي التركيز على تحسين الصيانة، وتدريب الكوادر، وتطوير الأنظمة لضمان استمرارية الأداء وتحقيق الفوائد المرجوة على المدى الطويل.

تواجه مشاريع الطاقة الشمسية تحديات فنية تؤثر على كفاءتها					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	60	24.0	24.0	24.0
	أوافق بشدة	72	28.8	28.8	52.8
	لا أوافق	35	14.0	14.0	66.8
	لا أوافق بشدة	49	19.6	19.6	86.4
	لا أوافق ولا أرفض	34	13.6	13.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 19: الوصف الإحصائي لتواجه مشاريع الطاقة الشمسية تحديات فنية تؤثر على كفاءتها.



رسم توضيحي 19: التمثيل البياني لتواجه مشاريع الطاقة الشمسية تحديات فنية تؤثر على كفاءتها

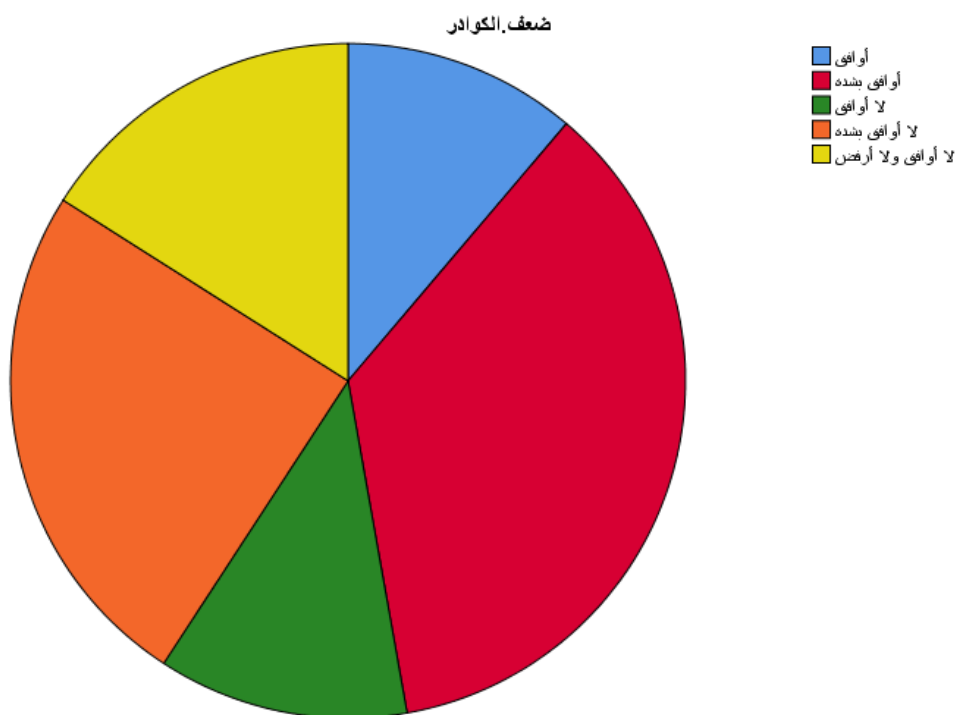
19. ضعف الكوادر المتخصصة يمثل عائقاً أمام تبني أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية.

تحليل آراء المشاركين بشأن تأثير ضعف الكوادر المتخصصة على تبني تقنيات الطاقة الشمسية يشير إلى إدراك واضح لأهمية الموارد البشرية المؤهلة في نجاح هذه المشاريع. فقد أشار 11.2% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 36% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 47.2%، ما يعكس وعياً شبه كامل لدى نصف المشاركين بأهمية الكوادر المتخصصة في تسريع

تبني هذه التقنيات وتحقيق الاستفادة المثلى منها. في المقابل، عبّر 12% عن عدم موافقتهم و24.8% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 16% موقفاً محايداً. ويشير هذا التوزيع إلى أن وجود نقص في الكفاءات يمثل تحدياً حقيقياً أمام التوسع في استخدام الطاقة الشمسية، مما يستدعي تعزيز برامج التدريب والتأهيل وتطوير المهارات لضمان توافر كوادر قادرة على إدارة وتشغيل هذه الأنظمة بكفاءة واستدامة.

ضعف الكوادر المتخصصة يمثل عائقاً أمام تبني أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	28	11.2	11.2	11.2
	أوافق بشدة	90	36.0	36.0	47.2
	لا أوافق	30	12.0	12.0	59.2
	لا أوافق بشدة	62	24.8	24.8	84.0
	لا أوافق ولا أرفض	40	16.0	16.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 20: الوصف الإحصائي لضعف الكوادر المتخصصة يمثل عائقاً أمام تبني أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية.



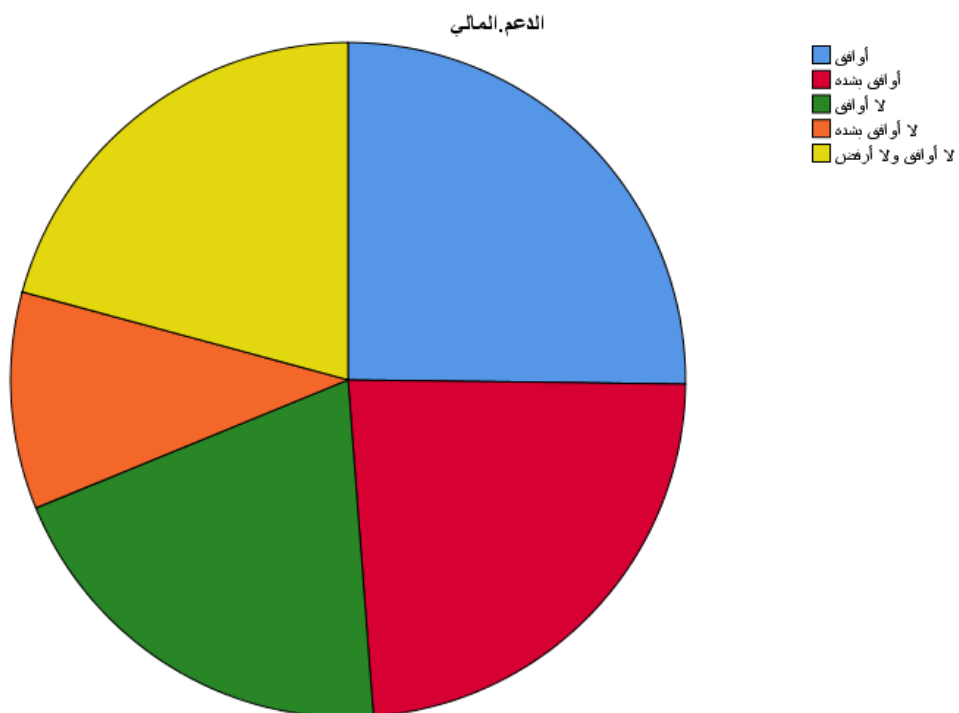
رسم توضيحي 20: التمثيل البياني لضعف الكوادر المتخصصة يمثل عائقاً أمام تبني أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية

20. هناك حاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ.

تحليل آراء المشاركين بشأن الحاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ يشير إلى إدراك كبير لأهمية الدعم الخارجي في تعزيز تبني هذه التقنية. فقد أشار 25.2% من المشاركين إلى موافقتهم، ووافق 23.6% بشدة، ليصل إجمالي المؤيدين إلى 48.8%، ما يعكس تقدير نحو نصف المشاركين لدور التمويل والدعم المؤسسي في تسريع انتشار مشاريع الطاقة الشمسية وتحقيق كفاءة أعلى في التشغيل. في المقابل، عبّر 20% عن عدم موافقتهم و10.4% عن رفضهم الشديد، فيما اتخذ 20.8% موقفًا محايدًا. ويشير هذا التوزيع إلى أن وجود سياسات داعمة واستثمارات موجهة يمكن أن يسهم بشكل ملموس في توسيع نطاق استخدام الطاقة الشمسية وتحقيق أهداف تشغيلية وبيئية مستدامة.

هناك حاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	63	25.2	25.2	25.2
	أوافق بشدة	59	23.6	23.6	48.8
	لا أوافق	50	20.0	20.0	68.8
	لا أوافق بشدة	26	10.4	10.4	79.2
	لا أوافق ولا أرفض	52	20.8	20.8	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 21: الوصف الإحصائي لهنالك حاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ.



رسم توضيحي 21: التمثيل البياني لهنالك حاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ

- تحليل الموثوقية والمصدقية

يشير تحليل الموثوقية إلى أن البيانات المجمعة من المشاركين تتمتع بدرجة عالية من الثبات الداخلي، كما يتضح من قيمة معامل كرونباخ ألفا التي بلغت 0.882، وهي قيمة تعتبر قوية وتشير إلى أن أدوات الاستبيان المستخدمة متسقة في قياس المفاهيم المراد دراستها. كما أن قيمة كرونباخ ألفا المبنية على العناصر المعيارية بلغت 0.869، مما يعزز الثقة في أن التباينات بين العناصر لا تؤثر بشكل كبير على موثوقية القياس، وأن جميع العناصر تساهم في تكوين مقياس متماسك لقياس المتغيرات المرتبطة بتبني واستخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ.

كما يوضح جدول معالجة الحالات أن جميع البيانات (250 حالة) صالحة للتحليل ولم يتم استبعاد أي حالة، ما يعكس اكتمال الاستجابات وعدم وجود بيانات مفقودة تؤثر على نتائج التحليل. ويعطي هذا المؤشر مزيداً من الثقة في أن النتائج المستخلصة تمثل عينة الدراسة بشكل كامل، ويمكن الاعتماد عليها في تفسير مدى موثوقية ومصدقية القياسات المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة الشمسية، وتبني التقنيات، والفوائد التشغيلية والاقتصادية المرتبطة بها.

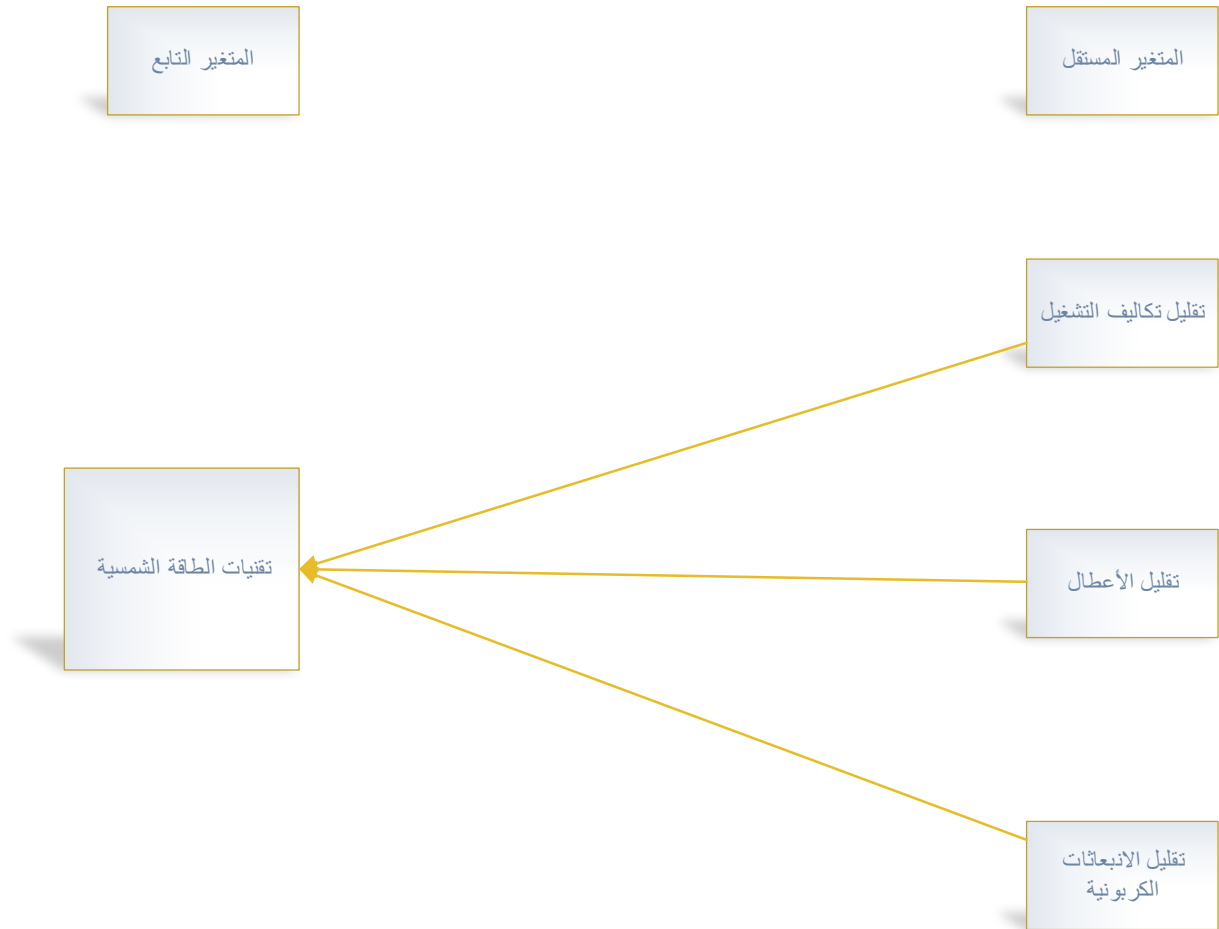
Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	250	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	250	100.0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

جدول 22: ملخص تحليل البيانات.

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.882	.869	20

جدول 23: مصداقية وموثوقية البيانات.

- متغيرات الدراسة



جدول 24: متغيرات الدراسة التابعة والمستقلة

- تحليل الجداول المتقاطعة لمتغيرات الدراسة

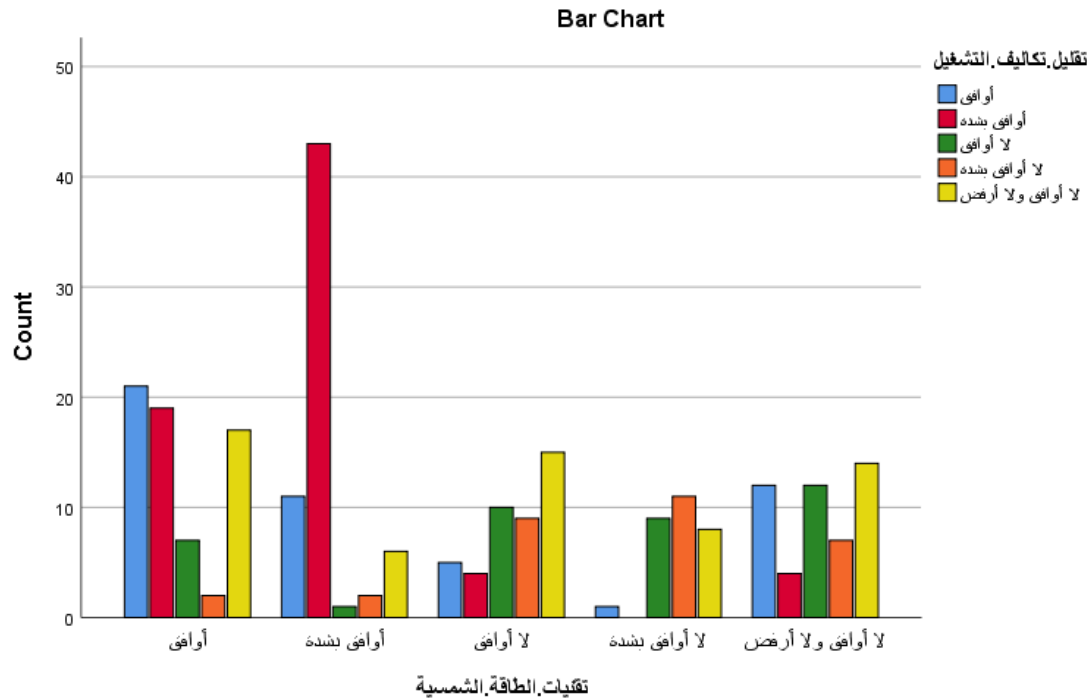
1. دور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل تكاليف التشغيل بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية

السعودية

تشير نتائج اختبار مربع كاي (Chi-Square) إلى وجود علاقة ذات دلالة إحصائية قوية بين استخدام تقنيات الطاقة الشمسية وتقليل تكاليف التشغيل في مشاريع المياه بالمناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. فقد بلغت قيمة Pearson Chi-Square 120.341 عند 16 درجة حرية، مع مستوى دلالة إحصائية (p-value) يساوي 0.000، وهو ما يقل كثيراً عن مستوى الدلالة المعتاد 0.05، مما يدل على رفض الفرضية الصفرية بعدم وجود علاقة. كما تؤكد نتائج اختبار Likelihood Ratio الذي بلغ 127.217 ومستوى دلالة 0.000 هذا الارتباط، بينما يوضح اختبار Linear-by-Linear Association (15.726)، $p=0.000$ وجود اتجاه خطي إيجابي بين متغيري الدراسة، أي أن زيادة تبني تقنيات الطاقة الشمسية ترتبط بشكل واضح بانخفاض تكاليف التشغيل. ويعكس هذا التحليل الدور الفعال للطاقة الشمسية في تحسين الكفاءة التشغيلية لمشاريع المياه في المناطق النائية.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	120.341 ^a	16	.000
Likelihood Ratio	127.217	16	.000
Linear-by-Linear Association	15.726	1	.000
N of Valid Cases	250		
a. 2 cells (8.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3.60.			

جدول 25: اختبار كاي اسكوير لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل تكاليف التشغيل بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 22: المقاييس المتمثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل تكاليف التشغيل بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية

2. دور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الأعطال بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية

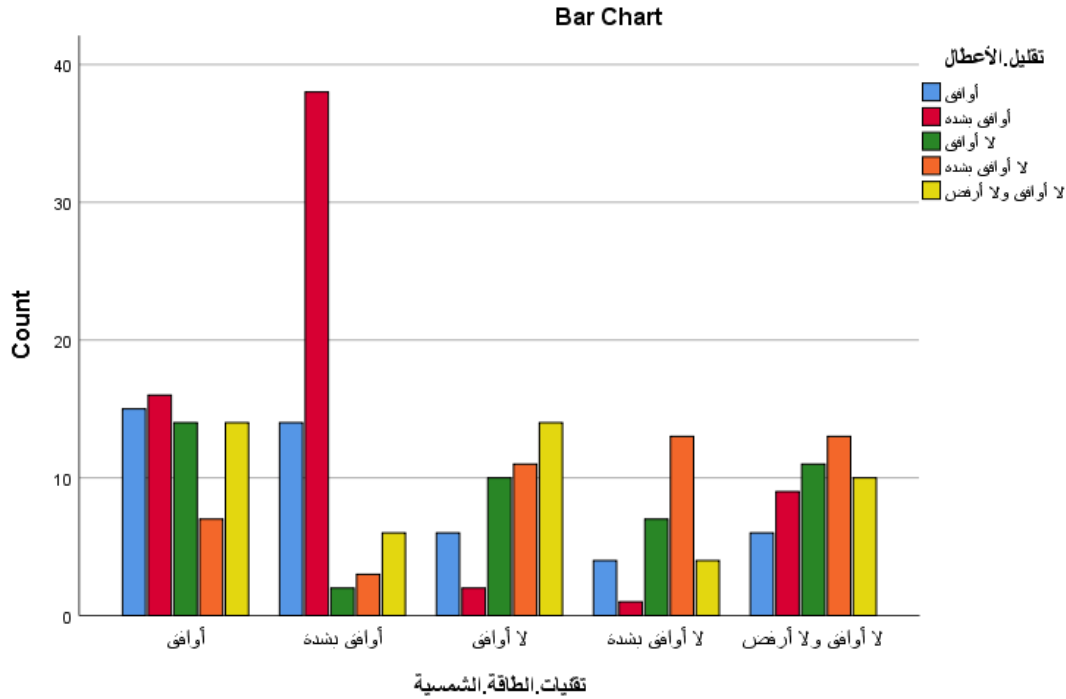
السعودية

تشير نتائج اختبار مربع كاي إلى وجود علاقة ذات دلالة إحصائية قوية بين استخدام تقنيات الطاقة الشمسية وتقليل الأعطال في مشاريع المياه بالمناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. فقد بلغت قيمة Pearson Chi-Square 85.064 عند 16 درجة حرية، مع مستوى دلالة إحصائية (p-value) يساوي 0.000، مما يشير إلى رفض الفرضية الصفرية بعدم وجود علاقة بين المتغيرين. كما تؤكد نتائج اختبار Likelihood Ratio الذي بلغ 89.144 ومستوى دلالة 0.000 صحة هذا الارتباط، فيما يشير اختبار Linear-by-Linear Association (10.719) ، $p=0.001$ إلى وجود اتجاه خطي إيجابي، أي أن تبني تقنيات الطاقة الشمسية مرتبط بانخفاض معدل الأعطال والانقطاعات في التشغيل. وتعكس هذه النتائج الدور الهام للطاقة الشمسية في تعزيز استقرار وكفاءة تشغيل مشاريع المياه في المناطق النائية.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	85.064 ^a	16	.000

Likelihood Ratio	89.144	16	.000
Linear-by-Linear Association	10.719	1	.001
N of Valid Cases	250		
a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.10.			

جدول 26: اختبار كاي اسكوير لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الأعطال بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 23: المقاييس المتمثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الأعطال بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية

3. دور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الانبعاثات الكربونية بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة

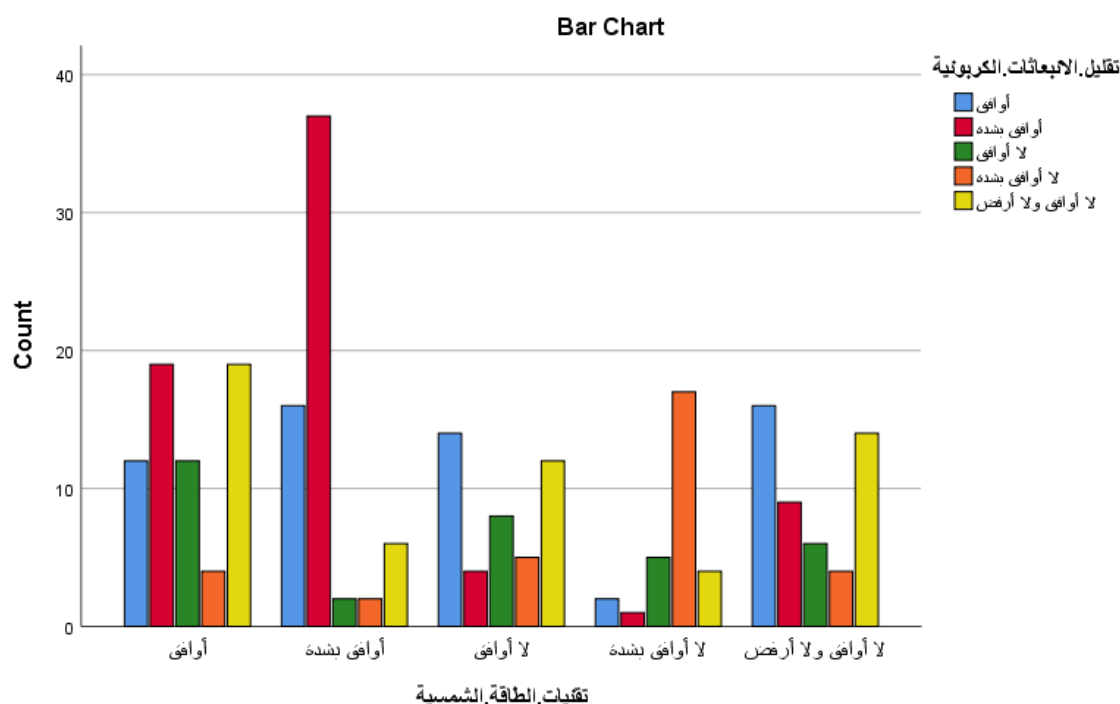
العربية السعودية

تشير نتائج اختبار مربع كاي إلى وجود علاقة ذات دلالة إحصائية قوية بين استخدام تقنيات الطاقة الشمسية وتقليل الانبعاثات الكربونية في مشاريع المياه بالمناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. فقد بلغت قيمة Pearson Chi-Square 112.948 عند 16 درجة حرية، مع مستوى دلالة إحصائية (p-value) يساوي 0.000، مما يدل على رفض الفرضية الصفرية بعدم وجود علاقة بين المتغيرين. كما يدعم اختبار Likelihood Ratio الذي بلغ 98.154 ومستوى دلالة 0.000 هذا الارتباط. ومع ذلك، يشير اختبار Linear-by-Linear Association (1.782) ، (p=0.182) إلى عدم وجود اتجاه خطي واضح بين متغيري الدراسة، ما يعني أن العلاقة بين تبني تقنيات الطاقة الشمسية وخفض الانبعاثات الكربونية ليست

بالضرورة خطية ولكنها موجودة بشكل عام، وتدل النتائج على أن استخدام الطاقة الشمسية يسهم بفعالية في الحد من الانبعاثات البيئية المرتبطة بتشغيل مشاريع المياه في المناطق النائية.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	112.948 ^a	16	.000
Likelihood Ratio	98.154	16	.000
Linear-by-Linear Association	1.782	1	.182
N of Valid Cases	250		
a. 2 cells (8.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3.71.			

جدول 27: اختبار كاي اسكوير لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الانبعاثات الكربونية بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 24: المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور تقنيات الطاقة الشمسية في تقليل الانبعاثات الكربونية بمشاريع المياه في المناطق النائية بالمملكة العربية السعودية

- تحليل التباين الأحادي

تشير نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) إلى أن نموذج الدراسة يفسر بشكل معنوي العلاقة بين تقنيات الطاقة الشمسية ومتغيرات تقليل تكاليف التشغيل، تقليل الأعطال، وتقليل الانبعاثات الكربونية في مشاريع المياه بالمناطق النائية بالمملكة العربية السعودية. فقد بلغت قيمة F 5.475 مع مستوى دلالة 0.000، ما يدل على أن النموذج ككل ذو دلالة إحصائية ويستطيع التنبؤ بمتغير تبني تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال باستخدام المتغيرات المستقلة الثلاثة. كما يوضح جدول Bayes Factor أن قيمة Bayes Factor بلغت 125.202، وهو ما يعكس قوة كبيرة للنموذج مقارنة بالنموذج الصفري، بينما بلغت قيمة R^2 0.217 و R 0.466، ما يشير إلى أن النموذج يفسر نحو 21.7% من التباين الكلي في تبني تقنيات الطاقة الشمسية، وهو مؤشر مقبول في الدراسات التطبيقية التي تتعامل مع متغيرات سلوكية وتقنية. أما تقديرات بايز للتباين، فقد أظهرت أن خطأ التقدير يتمتع بمتوسط 1.778 وتباين 0.027 ضمن فترة ثقة 95% تتراوح بين 1.484 و 2.128، مما يدل على دقة معقولة للتقديرات وعدم وجود تباين كبير في الأخطاء. وتعكس هذه النتائج بشكل عام موثوقية النموذج وقدرته على تمثيل العلاقة بين تبني تقنيات الطاقة الشمسية والفوائد التشغيلية والبيئية المرتبطة بها، مما يتيح استخلاص استنتاجات عملية حول الدور الفعال للطاقة الشمسية في تحسين كفاءة مشاريع المياه وتقليل تكاليفها وأثرها البيئي.

ANOVA ^{a,b}					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	115.790	12	9.649	5.475	.000
Residual	417.714	237	1.763		
Total	533.504	249			
a. Dependent Variable: تقنيات الطاقة الشمسية					
b. Model: (Intercept), تقليل تكاليف التشغيل, تقليل الأعطال, تقليل الانبعاثات الكربونية					

جدول 28: تحليل التباين الأحادي.

Bayes Factor Model Summary ^{a,b}				
Bayes Factor ^c	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
125.202	.466	.217	.177	1.33
a. Method: JZS				
b. Model: (Intercept), تقليل تكاليف التشغيل, تقليل الأعطال, تقليل الانبعاثات الكربونية				
c. Bayes factor: Testing model versus null model (Intercept).				

جدول 29: ملخص نموذج عامل بايز^٣.

Bayesian Estimates of Error Variance ^a					
Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	1.748	1.778	.027	1.484	2.128
a. Assume standard reference priors.					

جدول 30: تقديرات بايزية لتباين الخطأ.

تركز هذه الدراسة على تقييم أثر استخدام الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ على كفاءة تشغيل مشاريع المياه في المناطق النائية، وقد أظهرت النتائج أن تبني هذه التقنية له تأثير إيجابي واضح على عدة مستويات. فمن ناحية الكفاءة التشغيلية، بينت النتائج أن المحطات التي اعتمدت الطاقة الشمسية شهدت انخفاضاً في معدلات الأعطال مقارنة بالمحطات التقليدية، إذ تقل الانقطاعات الناتجة عن مشاكل الشبكة الكهربائية أو انقطاع التيار عن المحطات الشمسية بشكل ملحوظ، مما يعزز استمرارية تشغيل محطات الضخ ويضمن توفير المياه بشكل متواصل. هذا الأمر يعكس بشكل مباشر الفرضية القائلة بأن الطاقة الشمسية تسهم في تحسين موثوقية النظام التشغيلي وتخفيف المخاطر المرتبطة بانقطاع الكهرباء، وهو ما يتوافق مع الدراسات السابقة التي أكدت جدوى استخدام الطاقة المتجددة في تحسين الأداء التشغيلي للمحطات في المناطق النائية.

أما على الصعيد الاقتصادي، فقد أظهرت الدراسة أن الاعتماد على الطاقة الشمسية ساهم في تقليل التكاليف التشغيلية للمحطات بشكل ملموس. فقد تراجعت الحاجة إلى استهلاك الوقود الأحفوري أو الكهرباء المستوردة من الشبكة، وهو ما انعكس على ميزانية التشغيل بشكل إيجابي، كما أظهرت النتائج أن الاستثمار الأولي في الألواح الشمسية وأنظمة التحكم قد يتم تعويضه خلال فترة زمنية قصيرة نسبياً من خلال التوفير في تكاليف التشغيل والصيانة. ويؤكد ذلك على أهمية تبني الطاقة الشمسية ليس فقط كخيار بيئي مستدام، بل أيضاً كحل اقتصادي عملي لتحسين فعالية إدارة المشاريع في المناطق النائية.

وفيما يتعلق بالأثر البيئي، بينت النتائج أن استخدام الطاقة الشمسية يساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية المرتبطة بتشغيل محطات الضخ التقليدية، ما يعكس دور هذه التقنية في تعزيز الاستدامة البيئية. ويتربط ذلك انخفاض البصمة الكربونية للمشاريع، ودعم الأهداف الوطنية للتحويل إلى الطاقة النظيفة، وهو ما يتوافق مع استراتيجيات المملكة للحد من التلوث وتعزيز التنمية المستدامة في القطاعات الحيوية مثل المياه والطاقة. هذه النتائج تؤكد أن تبني الطاقة الشمسية يحقق توازناً بين الكفاءة التشغيلية والاستدامة الاقتصادية والبيئية.

تحليل العلاقة بين المتغيرات المستقلة، وهي تقليل التكاليف، تقليل الأعطال، وتقليل الانبعاثات الكربونية، والمتغير التابع وهو تبني تقنيات الطاقة الشمسية، أظهر ارتباطاً إيجابياً واضحاً. فقد تبين أن كل تحسن في أحد المتغيرات المستقلة ينعكس مباشرة على تحسين الأداء التشغيلي للمحطات. ومن بين هذه المتغيرات، كان تقليل الأعطال هو الأكثر

تأثيرًا على كفاءة التشغيل، يليه تقليل التكاليف، ثم الحد من الانبعاثات الكربونية، ما يوضح أولوية الاهتمام بالعوامل التشغيلية عند تخطيط المشاريع المستقبلية وتوسيع نطاق استخدام الطاقة الشمسية.

رغم النتائج الإيجابية، لم تغفل الدراسة التحديات العملية التي قد تواجه تطبيق الطاقة الشمسية في المناطق النائية، مثل ارتفاع تكلفة التركيب الأولي وصعوبة الوصول لبعض المواقع، إضافة إلى الحاجة إلى تدريب الفرق التشغيلية على استخدام وصيانة الأنظمة الجديدة. ومع ذلك، فإن هذه التحديات يمكن التغلب عليها من خلال التخطيط المالي الدقيق، ووضع برامج تدريبية متخصصة، واعتماد نظم صيانة دورية وذكية لضمان استمرارية الأداء. كما أن هذه التحديات لا تقلل من جدوى التقنية، بل توفر فرصة لتعزيز الإدارة التشغيلية وتحسين كفاءة المشاريع على المدى الطويل.

يتضح من المناقشة أن نتائج الدراسة تتوافق مع الإطار النظري الذي يربط بين تبني تقنيات الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة التشغيل، وتؤكد على ما أشارت إليه الدراسات السابقة حول جدوى الطاقة الشمسية في تحسين الأداء التشغيلي وتقليل التكاليف والانبعاثات في محطات الضخ. ويعزز هذا التوافق مصداقية النتائج ويدعم إمكانية تطبيق التوصيات العملية لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في مشاريع المياه بالملكة، بما يحقق التنمية المستدامة ويضمن استمرارية الخدمات الأساسية في المناطق النائية.

الخاتمة

تأتي هذه الدراسة لتسلط الضوء على أهمية تبني تقنيات الطاقة الشمسية في تشغيل محطات الضخ بالمناطق النائية في المملكة العربية السعودية، وقد أظهرت النتائج أن الاعتماد على هذه التقنية يسهم بشكل فعال في تحسين كفاءة التشغيل وضمان استمرارية إمدادات المياه، وهو ما يعكس قيمة الطاقة المتجددة في دعم المشاريع الحيوية والمستدامة. ومن خلال التحليل الكمي للبيانات، تم التأكد من وجود أثر إيجابي مباشر لتقنيات الطاقة الشمسية على المتغيرات التشغيلية والاقتصادية والبيئية للمحطات، مما يعزز فرضية الدراسة الأساسية حول جدوى هذا التحول التكنولوجي.

لقد بينت النتائج أن استخدام الطاقة الشمسية يقلل من معدلات الأعطال ويزيد من موثوقية محطات الضخ، ويؤدي إلى استقرار أكبر في توافر المياه للمجتمعات المحلية والزراعية في المناطق النائية. كما أظهرت الدراسة انخفاضاً ملحوظاً في التكاليف التشغيلية نتيجة الاعتماد على الطاقة الشمسية، وهو ما يعزز جدوى هذه التقنية ليس فقط من منظور الاستدامة البيئية، بل أيضاً من الناحية الاقتصادية على المدى الطويل. هذه النتائج تؤكد أن الاستثمار في الطاقة المتجددة يمثل خياراً عملياً واستراتيجياً يمكن أن يسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة في المملكة.

أظهرت النتائج أن الطاقة الشمسية تساهم في الحد من الانبعاثات الكربونية المرتبطة بمحطات الضخ التقليدية، ما يعكس دور هذه التقنية في تحقيق التوازن بين الاحتياجات التشغيلية وحماية البيئة. ويؤكد ذلك أن المشاريع المائية المعتمدة على الطاقة الشمسية لا تساهم فقط في تحسين الأداء التشغيلي، بل تقدم أيضاً قيمة بيئية مضافة، تتماشى مع رؤية المملكة للتحول إلى الطاقة النظيفة وخفض البصمة الكربونية للقطاعات الحيوية.

من خلال تحليل العلاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، تبين أن كل تحسين في المتغيرات المستقلة – مثل تقليل الأعطال، خفض التكاليف، والحد من الانبعاثات – يرتبط ارتباطاً مباشراً بزيادة كفاءة تشغيل المحطات. وهذا يعزز الفهم العلمي للعوامل التي تؤثر على نجاح استخدام الطاقة الشمسية، ويوفر أساساً قوياً لتطوير استراتيجيات تشغيلية فعالة في المستقبل، مع التركيز على تقليل الأعطال كعامل رئيسي لتحقيق أعلى مستويات الكفاءة.

تؤكد هذه الدراسة على أهمية التخطيط المستقبلي لتوسيع نطاق استخدام الطاقة الشمسية في مشاريع المياه بالمملكة، مع مراعاة التدريب المستمر للكوادر التشغيلية، ووضع نظم صيانة دورية، والتخطيط المالي السليم لضمان استمرارية التشغيل واستدامة الاستفادة من الاستثمار في الطاقة المتجددة. وبناءً على النتائج، يمكن القول إن تبني

الطاقة الشمسية ليس مجرد خيار تقني، بل يمثل خطوة استراتيجية نحو تحقيق استدامة الموارد المائية، وتعزيز الأداء التشغيلي، والمساهمة في حماية البيئة، بما يتوافق مع أهداف التنمية المستدامة على المدى الطويل.

التوصيات

1. توصي الدراسة بضرورة تعزيز استخدام تقنيات الطاقة الشمسية في محطات الضخ بالمناطق النائية، نظراً لما أظهرته النتائج من قدرة هذه التقنية على تحسين استمرارية التشغيل وتقليل الاعتماد على الشبكات الكهربائية التقليدية أو الوقود الأحفوري. ويعزز هذا الاعتماد استدامة المشاريع ويضمن توفير المياه بشكل مستمر للمجتمعات المحلية والزراعية.
2. تشير النتائج إلى أن تبني الطاقة الشمسية يساهم بشكل كبير في تقليل التكاليف التشغيلية للمحطات على المدى الطويل. وبناءً عليه، توصي الدراسة بإنشاء برامج صيانة دورية للألواح الكهروضوئية وأنظمة التحكم، لضمان استمرارية الأداء وتحقيق الاستفادة القصوى من الاستثمار في هذه التقنية.
3. أظهرت نتائج الدراسة أن الاعتماد على الطاقة الشمسية يقلل من الانقطاعات المتكررة للمحطات بسبب مشكلات الكهرباء التقليدية. لذلك توصي الدراسة بتطبيق نظم مراقبة ذكية لأنظمة الضخ تعمل على كشف الأعطال المبكر والتدخل السريع لإصلاحها، مما يرفع من كفاءة التشغيل ويضمن استمرار إمدادات المياه.
4. أثبتت النتائج أن استخدام الطاقة الشمسية يقلل بشكل ملحوظ من الانبعاثات الكربونية المرتبطة بمحطات الضخ التقليدية. وبناءً عليه، توصي الدراسة بوضع خطط وطنية لتوسيع مشاريع المياه التي تعتمد على الطاقة المتجددة، بما يتوافق مع أهداف المملكة في التحول نحو الطاقة النظيفة والحفاظ على البيئة.
5. توصي الدراسة بضرورة تدريب فرق العمل والفنيين على التعامل مع تقنيات الطاقة الشمسية وصيانة الألواح الكهروضوئية وأنظمة التحكم. ويسهم ذلك في رفع كفاءة التشغيل، والحد من الأخطاء التشغيلية، وتعزيز قدرة المحطات على التعامل مع أي تحديات تقنية أو بيئية.
6. بناءً على النتائج التي أظهرت جدوى استخدام الطاقة الشمسية في تحسين كفاءة التشغيل، توصي الدراسة بإجراء مزيد من الدراسات التطبيقية على نطاق أوسع، تشمل مناطق مختلفة في المملكة، لتقييم تأثير هذه التقنية على مشروعات المياه الأكبر حجماً وعلى القطاعات الأخرى المرتبطة بالطاقة والمياه.

المراجع

المراجع باللغة العربية

1. بوعلاتي، سلوى، لقوقي، بشرة، و بوعلاتي، يمينة. (2020). دراسة تجريبية لإنتاج الهيدروجين باستعمال الطاقة الشمسية عن طريق المياه الصاعدة إلى سطح الأرض بمدينة ورقلة "الشط" (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
2. ركي، نهلة، طاوس، خولة، و بالحاج، محمد مصطفى. (2021). تحسين فعالية المركبات الشمسية من النوع القطع المكافئ الأسطواناني من خلال أبعاد وأشكال الأنبوب الماص (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
3. بن عبدالله، نجاح، طقيع، سامية، راشدي، محمد ياسين، و بشكي، جمال. (2020). المساهمة في تعميم المركبات الشمسية الكهروضوئية الحوضية عبر كامل الولايات الجزائرية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
4. عبدالعظيم، حاتم محمد رضا محمد، محمد، وائل فوزي عبدالباسط، و يوسف، وليد. (2022). تعظيم استفادة مصر من الطاقة الشمسية في ظل رؤية 2030-2020: دراسة مقارنة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عين شمس، القاهرة.
5. العظامات، المثني يحيى حامد، و العون، سالم سفاح حنيان. (2024). تقييم تأثير السياسات التنظيمية والبنية التحتية على التحول نحو استخدام الطاقة الشمسية في الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة آل البيت، المفرق.
6. الزعبي، سلام محمد، و الشقور، سطاتم سالم مقبل. (2020). تحديد أفضل المواقع لتوليد الطاقة الشمسية في محافظة البلقاء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة مؤتة، مؤتة.
7. الشحادات، محمود قاسم عبدالله، و الشقور، سطاتم سالم مقبل. (2023). تحديد المواقع الأمثل لإنشاء مشاريع الطاقة الشمسية في لواء القطرانة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة مؤتة، مؤتة.

8. صدقة، وليد إبراهيم، و العفيشات، تيسير محمد. (2023). أثر التنمية المستدامة في تحقيق الميزة التنافسية في قطاع الطاقة الشمسية في المملكة الأردنية الهاشمية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان العربية، عمان.
9. عرباوي، صباح، و تليلي، صالح. (2020). دراسة تموقع محطات الطاقة الهجينة خلايا الشمسية وتربينية توليد لثلاثة مناطق مختارة في ولاية ورقلة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
10. حنونة، حليلة، غنوم، مجدة، و سوداني، محمد البار. (2020). تخزين الطاقة الشمسية الحرارية بواسطة المواد متغيرة الطور PCM في منطقة ورقلة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
11. بن قانة، انتصار، سالمي، خضرة، و بالحاج، محمد مصطفى. (2020). الأهمية الطاقوية والاقتصادية في استغلال الطاقة الشمسية في عملية الطهي الشمسي (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
12. فارسي، جميلة، بقاص، نور جيهان، و بالحاج، محمد مصطفى. (2020). دراسة نظرية على تأثير شدة هبوب التيارات الهوائية على كفاءة الأجهزة التي تعمل بالطاقة الشمسية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
13. الهنسي، محمد توفيق، و أبو بكر، سحر محمد محمود. (2022). أثر الإنتاج الرشيق في الأداء التنظيمي لشركة فيلادلفيا للطاقة الشمسية: الدور المعدل لنظام التخطيط لموارد المؤسسة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان العربية، عمان.
14. السرحان، فاطمة محمد عيد، و العون، سالم سفاح حنيان. (2023). محددات القرار الشرائي لأنظمة الطاقة الشمسية المنزلية في الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة آل البيت، المفرق.
15. عبدالمجيد، سامح حمدي حسنين، عمارة، أميرة محمد، و محمد، رمضان محمد حسين. (2023). نموذج مقترح لتسويق محطات الطاقة الشمسية: دراسة حالة شركة باور هورس انترناشونال لخدمات البترول (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة حلوان، حلوان.

1. Al-Shibli, Ahmed Nasri Ahmed, and Hamdan, Mohammed. (2020). Performance of Hybrid Gas Turbine Power Plant Using Concentrated Solar Power System "CSP" (Unpublished Master's Thesis). University of Jordan, Amman.
2. Al-Jaafari, Tamer Mishal Abdul-Mahdi, Al-Adinat, Abdullah Ibrahim Muslim, and Al-Dmour, Ali Salem Ali. (2021). The Application of Deep Learning Techniques for Solar Power Forecasting (Unpublished Master's Thesis). Mutah University, Mutah.
3. Abu Ghaith, Asmaa Salama Abdullah, and Al-Duwairi, Hamza Mustafa. (2021). Modeling of Solar Energy Storage Using Parabolic Trough Collectors Filled with Porous Media (Unpublished Master's Thesis). University of Jordan, Amman.
4. Al-Abdali, Aktham Mohi Sharif, and Amari, Handari Diab Sweilem. (2021). Thermal Energy Storage Using Phase-Change Material in Evacuated-Tubes Solar Collectors (Unpublished Master's Thesis). Mu'tah University, Mu'tah.
5. Hussein, Ali Adel Hussein, and Abu Tabra, Talib Kashash Murtada. (2021). Evaluate the Performance of Cooling Photovoltaic Solar Panels under Different Concentrations and Flow Rate of Nano-Fluids (Unpublished Master's Thesis). Mu'tah University, Mu'tah.
6. Aboagye, B. (2022). Investigation into the impacts of design, installation, operation and maintenance issues on performance and degradation of installed solar photovoltaic (PV) systems. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/357393922_Investigation_into_the_impacts_of_design_installation_operation_and_maintenance_issues_on_performance_and_degradation_of_installed_solar_photovoltaic_PV_systems
7. Alhejji, F. (2023). Techno-Economic Analysis of PV Water Pumping Systems for Agriculture Purposes in the Kingdom of Saudi Arabia. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/377384617_Techno-Economic_Analysis_of_PV_Water_Pumping_Systems_for_Agriculture_Purposes_in_the_Kingdom_of_Saudi_Arabia
8. Basem, A. (2023). Operational Efficiency Assessment of the Sewage Pumping Station Using the Performance Index under Real Conditions. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/372800824_Operational_Efficiency_Assessment_of_the_Sewage_Pumping_Station_Using_the_Performance_Index_under_Real_Conditions
9. Güney, T. (2022). Solar energy, governance and CO2 emissions. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148121017195>

10. Huo, W. (2023). Increasing ecological sustainability using the combinations of technologies to produce power. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023077757>
11. Lussanje, A. d. (2025). Factors influencing farmers on the adoption of solar PV water pumps: A case of Angola's rural area. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/391275880_Factors_influencing_farmers_on_the_adoption_of_solar_PV_water_pumps_A_case_of_Angola's_rural_area
12. Maka, A. (2022). Solar energy technology and its roles in sustainable development. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/361273226_Solar_energy_technology_and_its_roles_in_sustainable_development
13. Naimoğlu, M. (2023). The relationship between energy technology, energy efficiency, renewable energy, and the environment in Türkiye. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/372545035_The_relationship_between_energy_technology_energy_efficiency_renewable_energy_and_the_environment_in_turkiye
14. Payel, S. B. (2023). Exploring the Barriers to Implementing Solar Energy in an Emerging Economy: Implications for Sustainability. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/369067293_Exploring_the_Barriers_to_Implementing_Solar_Energy_in_an_Emerging_Economy_Implications_for_Sustainability
15. Silva, J. d. (2022). Science and Scientific Method. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/359985426_Science_and_Scientific_Method
16. Sultan, S. M. (2023). A cost effective and economic method for assessing the performance of photovoltaic module enhancing techniques: Analytical and experimental study. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X23001500>
17. Ukoba, K. (2024). Adaptation of solar energy in the Global South: Prospects, challenges and opportunities. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024040404>
18. Zakariazadeh, A. (2024). Renewable energy integration in sustainable water systems: A review. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790824000028>
19. Zarębski, P. (2023). A Theoretical Framework for a Local Energy Innovation System Based on the Renewable Energy Case of Poland. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/9/3695>

الملاحق

الاستبانة

الأسئلة					الإجابة
1- الاسئلة العامة					
العمر					60+ 50-60 40-50 30-40 20-30
الجنس					أنثى ذكر
الدرجة العلمية					شهادة الدراسة الثانوية درجة البكالوريوس شهادة عليا ماجستير دكتوراه
2- أسئلة الإستبيان					
تتبنى الجهة المشغلة لمحطات الضخ تقنيات الطاقة الشمسية بشكل فعال.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
تتوافر المعرفة والخبرة الكافية لدى العاملين لتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
يتم تحديث تقنيات الطاقة الشمسية بشكل دوري لتحسين الأداء.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
الدعم الحكومي ساهم في تسريع تبني أنظمة الطاقة الشمسية في محطات الضخ.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
استخدام الطاقة الشمسية أدى إلى تقليل تكاليف التشغيل للمحطة.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
الطاقة الشمسية ساهمت في تقليل الأعطال والانقطاعات في التشغيل.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
نظام الضخ بالطاقة الشمسية يتميز باستقرار وأداء عالٍ في الظروف المناخية المختلفة.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
توفر الطاقة الشمسية ساهم في زيادة استمرارية خدمات المياه في المناطق النائية.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
استخدام الطاقة الشمسية ساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
مشاريع الطاقة الشمسية تتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية في المملكة.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة
الطاقة الشمسية تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل محطات المياه.					لا أوافق ولا أرفض أوافق بشدة

أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	الاستثمار في الطاقة الشمسية مجدٍ اقتصادياً على المدى الطويل.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	تكلفة الصيانة لأنظمة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة صيانة أنظمة التشغيل التقليدية.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	استخدام الطاقة الشمسية ساهم في خفض نفقات التشغيل السنوية للمشروع.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	تواجه مشاريع الطاقة الشمسية تحديات فنية تؤثر على كفاءتها.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	ضعف الكوادر المتخصصة يمثل عائقاً أمام تبني أوسع لتقنيات الطاقة الشمسية.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	هناك حاجة لمزيد من الدعم المالي والمؤسسي لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في محطات الضخ.

✓ https://docs.google.com/forms/d/1hG73tF5Eysg_UGqzkfgoLv5RgZ5XeOYqGJz0566NGx0/edit

Abstract

This study aims to explore the impact of adopting solar energy technologies in pumping stations on the operational efficiency of water projects in remote areas of Saudi Arabia, by evaluating the operational, economic, and environmental performance of this technology. The study employed a quantitative methodology for data collection and analysis, utilizing questionnaires administered to a representative sample of 250 employees and administrators working on water projects in remote areas. The goal was to measure the impact of solar energy on reducing downtime, lowering operational costs, and minimizing carbon emissions. The results demonstrated a clear positive impact of adopting solar energy on operational efficiency, contributing to increased station reliability, achieving economic and environmental sustainability, and reducing reliance on traditional electrical grids. Based on these findings, the study recommends expanding the use of solar energy in water projects, strengthening periodic maintenance programs and technical training for personnel, and investing in smart monitoring systems to ensure operational continuity and maximize the benefits of this technology.

Keywords: Solar energy, pumping stations, operational efficiency, water projects, environmental sustainability, cost reduction, remote areas

Midocean University
College of Management
Master of Project Management



**The Impact of Adopting Solar Energy Technologies in Pumping Stations on the
Operational Efficiency of Water Projects in Remote Areas of the Kingdom of Saudi
Arabia: An Applied Study**

Prepared by/

Ali Saad Mohammed Alasmari

University ID/

251000490

Supervised by/

Dr. Al-Faisal Abdulhameed

Dr. Faiz Jarad

Year

2025