

نظرة مستقبلية لربط منظومات الطاقة المتجددة بالشبكة الكهربائية*

د. وداد الاسطى*، د. فؤاد سيالة*، د. ميلود حامد* و م. يوسف خليفة*

مقدمة

من الواضح بأن اختلال الوضع البيئي نتيجة استخدام الوقود الحفري خلال العقود الأخيرة، أدى إلى زيادة استخدام الطاقة المتجددة. فالطاقة المتجددة تمد المستهلك بالاحتياجات الطاقوية دون إخلال بنظام تدفق الطاقة الطبيعي ودون ردود فعل عكسية أساسية على دورة الحياة في كوكب الأرض. كما ان قدرة مصادر الطاقة المتجددة كبيرة جداً إذا ما قورنت بالاحتياج البشري لخدمات الطاقة. ولكن العامل الذي يعمل على الحد من استغلال تقنيات الطاقة المتجددة هو أنها مبعثرة ومنتشرة بطبيعتها، أي أنها غير مستمرة مقارنة بالمصادر التقليدية، وكثافتها منخفضة، مما يؤدي إلى ارتفاع كلفة الطاقة الناتجة عنها عند المستهلك النهائي. وبالتالي فالجدوى الاقتصادية لاستغلال مصادر الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء تعتمد على المنطقة وعلى الموقع بشكل محدد.

الكلية المركبة منها في العالم تفوق 15,000 مجارات (حسب إحصائيات شهر 6 لسنة 2000) [1]. من المتوقع أن تزداد مساهمة الطاقة المتجددة خلال هذا القرن وأن تصدر مصادر الطاقة الأخرى وتهمين على قطاع الطاقة بشكل عام. حيث توجد عدة دراسات حول المساهمات المتوقعة من مصادر الطاقة المتجددة المختلفة في الخليط الطاقوي العالمي مستقبلاً. فمثلاً متوقع أن تكون مساهمة مصادر الطاقة المتجددة الجديدة (الكتلة الحيوية الحديثة، الطاقة الشمسية، الرياح والطاقة الجوف حرارية) مع سنة 2020 حوالي 539 مليون طن نفط مكافئ (45%)

تقنيات الطاقة المتجددة يمكن أن تواجه الاحتياج العالمي المتزايد للطاقة. فمثلاً يمكن لمصادر الطاقة المتجددة المتقطعة (الرياح، الطاقة الشمسية الحرارية والطاقة الفوتوفولتية) توفير الطاقة الكهربائية وسد جزء من الاحتياج العالمي للطاقة الكهربائية. حالياً مساهمة هذه المصادر في الخليط الطاقوي العالمي يعتبر محدوداً، عدا المساقط المائية، ومساهمتها في توفير الطاقة الكهربائية تشمل نسبة صغيرة جداً يمكن إهمالها، عدا طاقة الرياح. ومع أن النسبة التي تمثلها طاقة الرياح لا تزال متواضعة في الاستهلاك العالمي الكلي للطاقة الكهربائية إلا أن القدرة

أماكن عدة من البلاد ، وكذلك في محطات إعادة البث الثانية والحماية المهبطية لأنابيب النفط. وتبلغ القدرة الكلية لمنظومات الخلايا الشمسية المركبة 606 ك.وات ذروة. تفرح هذه الورقة استراتيجية لاستخدام منظومات الطاقة المتجددة في الخليط المحلي للطاقة الكهربائية بقيمة كلية تبلغ 23% من الاحتياج الكلي للطاقة الكهربائية بحلول سنة 2020.

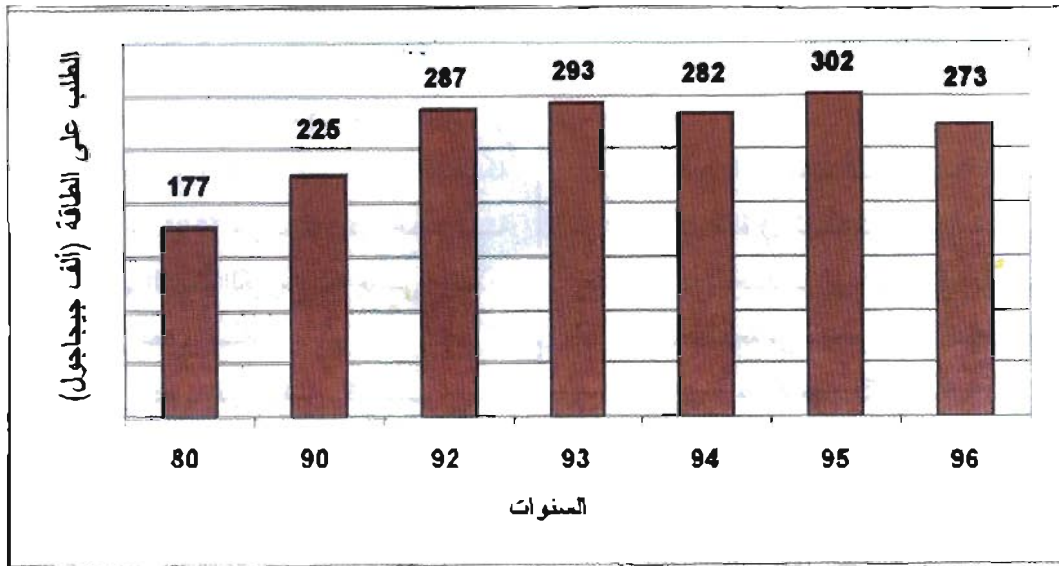
2. الطلب على الطاقة الكهربائية

خلال السبعينات وبداية الثمانينات نمى استهلاك الطاقة في الجماهيرية بشكل سريع جدا. هذا النمو كان نتيجة نمو قطاع النفط وتأثيره على النمو الاقتصادي والاجتماعي للبلاد وأيضا نتيجة نمو عدد السكان. في سنة 1996 كان الإمداد الأولي الكلي للطاقة 583 بيتاجول وصادرات النفط 2886 بيتاجول [7]. ويمثل النفط ومنتجاته المكررة 53% من الإمداد الأولي للطاقة تقريبا. ويمثل الغاز الطبيعي النسبة الباقية [7]. وقد مثل الطلب النهائي للطاقة لسنة 1996 حوالي 273 بيتاجول. حيث كانت مساهمة قطاع المواصلات 38% تقريبا من الطلب الكلي للطاقة (104 بيتاجول)، وقطاع الصناعة 52 بيتاجول، بينما قطاع الزراعة والتجارة والقطاع المتري 47 بيتاجول والاستخدام الغير طافي 70 بيتاجول. شكل (1) يوضح تطور الطلب النهائي للطاقة خلال الفترة 1980 - 1996، بينما شكل (2) يوضح الطلب النهائي للطاقة قطاعيا [7].

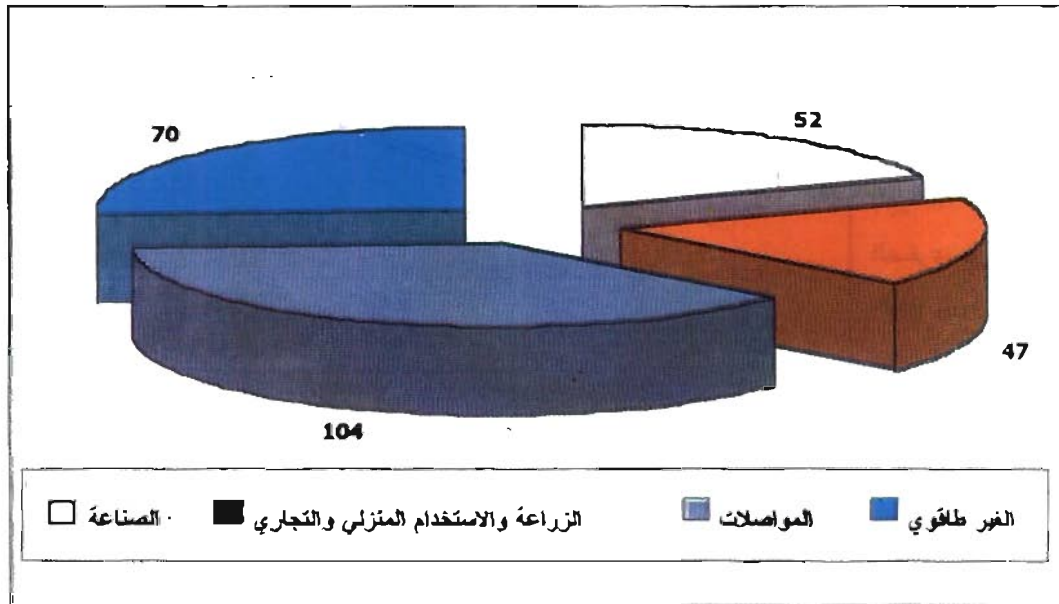
تطور قطاع الكهرباء خلال العقد الماضي بسبب التطور الاقتصادي والاجتماعي في المجتمع الجماهيري. حيث ازداد الحمل الأقصى من 1595 ميجاوات سنة 1998 إلى 2448 ميجاوات في سنة 1999، بينما زادت القدرة الكلية المركبة من 3352 ميجاوات في سنة 1996 إلى

من الكتلة الحيوية الحديثة و 55% من بقية مصادر الطاقة المتجددة الأخرى) كقيمة صغرى لهذا التوقع و 1345 مليون طن نفط مكافئ (42% من الكتلة الحيوية الحديثة و 58% من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى) كقيمة قصوى لهذا التوقع [2]. هذا وقد أعدت العديد من الحكومات في العالم أهدافا واستراتيجيات لتشجيع وتحفيز مساهمة مصادر الطاقة المتجددة، بما يشمل الرياح في خليطها الطاقى، وقد وصلت طاقة الرياح مرحلة من النضوج استدعت بأن يتم التخطيط لإمكانية سداد 10% من احتياج الطاقة الكهربائية لدول الاتحاد الأوروبي باستخدام طاقة الرياح مع سنة 2020ف، بقدرة كلية مركبة تبلغ 100.000 ميجاوات [3]. أيضا دراسة إمكانية تلبية 10% من الاستهلاك العالمي للطاقة الكهربائية بطاقة الرياح مع سنة 2020 [4]. كما أن دول الاتحاد الأوروبي تخطط لتلبية 12% من إمدادها الطاقى عن طريق مصادر الطاقة المتجددة مع سنة 2010 [4، 5].

تمتع الجماهيرية بمصادر طاقة متجددة واعدة حيث يبلغ مقدار الطاقة الشمسية الناح على المساحة الكلية للجماهيرية على المدار السنوي 10×3.5 ساعة. وأشارت الدراسات المتاحة لتقييم مصدر طاقة الرياح [6] إلى أن المتوسط السنوي لسرعة الرياح يتراوح بين 5.5 م/ث و 7.9 م/ث عند ارتفاع 10م فوق سطح الأرض لحثونة سطح درجة (I) (المناطق المنبسطة والمفتوحة) على الساحل. ومع أن هذه المؤشرات تشجع على استغلال هذه المصادر لمقابلة الاحتياج المتزايد على الطاقة الكهربائية، إلا أن استخدام مصادر الطاقة المتجددة في ليبيا لا يزال مقتصرًا على استخدامات محدودة جدا. تشمل تسخين المياه للأغراض المنزلية، حيث يبلغ عدد سخانات المياه عدد 2000 سخان موجودة أو مركبة في



شكل (1) تطور الطلب النهائي للطاقة خلال 1986 - 1996 [7].



شكل (2) الطلب النهائي للطاقة لكل قطاع (بيتا جول) لسنة 1996 [7].

الغازية البقية الباقية، تقريبا (53%). حيث تمثل مساهمة محطات الديزل لسبة ضئيلة جدا (0.36%) يمكن إهمالها. ويمثل الغاز الطبيعي 21.8% من إمداد الوقود لمحطات القوى الكهربائية و 35.9% من الزيت الثقيل و 42.3%

4069 ميغاوات في سنة 1999 والطاقة الكهربائية المنتجة من 9851 جيجاوات ساعة في سنة 1996 إلى 14370 جيجاوات ساعة في سنة 1999. حيث كانت مساهمة محطات القدرة البخارية حوالي 47% ومحطات القوى

المقطعة تقل كلما زادت قيمة مساهمتها في الطاقة الكلية المنتجة.

لقد أعدت عدة دراسات لحدودية مساهمة الطاقة المنتجة من الطاقة المتجددة في الشبكات الكهربائية لمناطق عدة في العالم. وأثبت التحليلات التي أجريت في هذه الدراسات بأن الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المقطعة يمكن أن تزود 20-35% من الإمداد الكلي للطاقة الكهربائية في معظم مناطق العالم دون حدوث أي مشاكل [4، 10].

حاليا لا توجد دراسات محلية على الشبكة الكهربائية المحلية ومدى قدرتها على استيعاب الكهرباء المنتجة من

مصادر الطاقة المتجددة

ومدى تأثير طبيعة هذه

المصادر على الشبكة،

خاصة طبيعة إمداد طاقة

الرياح المتغيرة. في هذه

الورقة تم تبني القيمة

الصغرى من حدود مساهمة

الطاقة المتجددة المذكورة

أعلاه للاستراتيجية المقترحة

. ولكن يجب إن تجري

دراسات محلية على الشبكة

الكهربائية قبل الشروع في

تنفيذ أي خطة أو استراتيجية لاستغلال الطاقة المتجددة

بشكل موسع.

4. آخر التطورات في مجال الطاقات

المتجددة المتقطعة

شهد سوق تقنيات الكهرباء الشمسية ، مؤخرا، توسعا

سريعا نتيجة تحفيز استخدامها في مناطق مختلفة. والسعة

زيت خفيف [8]. وازداد استهلاك الفرد للطاقة الكهربائية

من 1493 ك.وات.ساعة/ للفرد في سنة 1990 الى

1798 ك.و.س/ للفرد في سنة 1999. كما تصل الشبكة

الكهربائية الى أكثر من 95% من السكان في الجماهيرية

تقريبا. وتتركز معظم الشبكة الكهربائية على اتداد

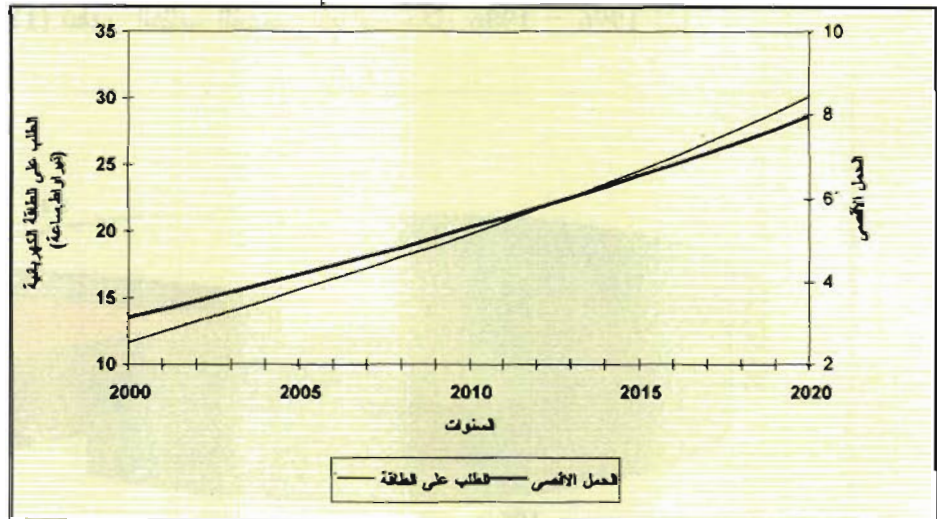
الساحل حيث يقطن معظم السكان.

ومن المتوقع أن ينمو الطلب على الطاقة الكهربائية نموا

سريعا. حيث أنه يتوقع أن يتضاعف هذا الطلب مع سنة

2014. كما يُتوقع أن يزيد عن المراتين والنصف مع سنة

2020 [9]، كما هو موضح في شكل(3).



شكل (3) الطلب المتوقع للطاقة الكهربائية وللحمل الأقصى [9].

3. محدودية زيادة مساهمة الطاقة الكهربائية

المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة

كمية الطاقة المنتجة من الرياح، الطاقة الشمسية

الحرارية، والطاقة الفوتوضوئية التي يمكن دمجها في الشبكة

الكهربائية تعتمد بشكل كبير على غط الطلب على الطاقة

الكهربائية وعلى الأحوال المناخية. كما أن القيمة الفعلية

للسعة (مونوقية السعة C.C) لمصادر الطاقة الكهربائية

لمصادر الطاقة المتجددة أن تسهم في تلبية جزء من هذا الطلب. وقد تم اقتراح 3 حوارات لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة عن (رياح ، طاقة شمسية حرارية، خلايا شمسية) لتوليد الطاقة الكهربائية بشكل موسع في شكل محطات قدرة توصل بشبكة الكهرباء المحلية. إن الهدف الرئيسي من هذه الحوارات هي توضيح مدى إمكانية وجدوى مساهمة الطاقات المتجددة في سد جزء من احتياجات الطلب المحلي على الطاقة الكهربائية بحيث يعتمد مقدار مساهمة كل مصدر من المصادر التي تم اقتراحها على مستوى نضوج هذه التقنيات في العالم إضافة إلى تكلفة هذه المنظومات أو اقتصادياتها.

في الحوار الأول والثاني أخذ بعين الاعتبار مصدر الرياح فقط للمساهمة في إنتاج الطاقة الكهربائية، حيث أن تقنية طاقة الرياح وصلت إلى درجة عالية من النضوج. وتوجد العديد من الخطط والاستراتيجيات حول العالم لاستغلالها بشكل موسع. لذلك اقترح مساهمة هذا المصدر بنسبة 10% من الطلب الكلي للطاقة الكهربائية مع سنة 2020. في هذين الحوارين افترضت نسب نمو مختلفة. أحد هذين الحوارين هو حوار سريع النمو (Sc1) والثاني بطيء (Sc2) كما في الشكلين (4) و (5). في هذين الحوارين ستكون القدرة المركبة الكلية 1400 ميغاوات مع سنة 2020 والطاقة المنتجة حوالي 3070 ميغاوات لنفس السنة.

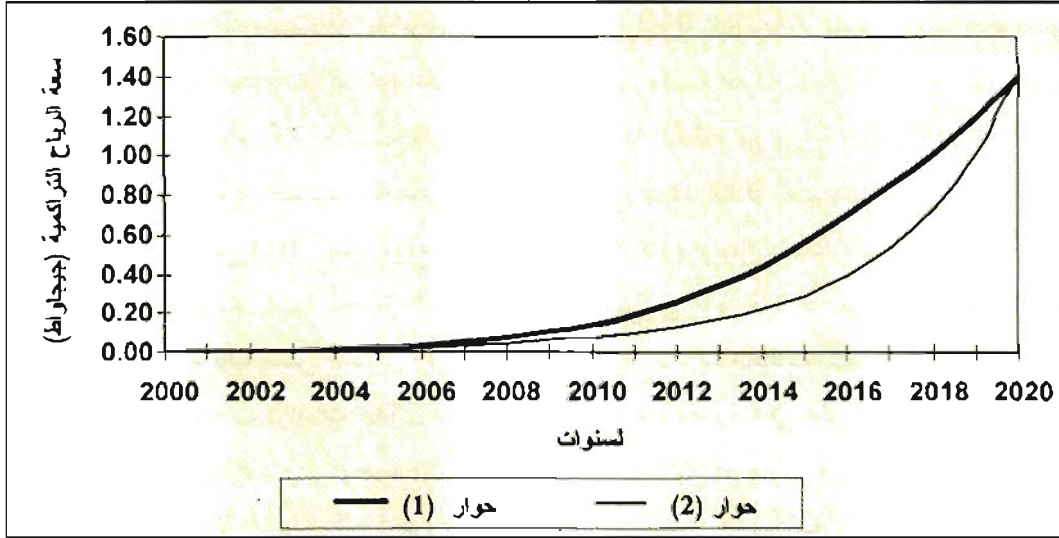
في الحوار الثالث (Sc3) اقترح الحوار السريع لطاقة الرياح، إضافة إلى مساهمة منظومات خلايا شمسية بنسبة 2.5% و مساهمة منظومات طاقة شمسية حرارية بنسبة 10%. السبب في اختيار هذه النسب هو أن منظومات الخلايا الشمسية حالياً، غالباً ما تستخدم في التطبيقات اللامركزية أو المعزولة عن الشبكة، ومحطات القدرة المركزية تعتبر محدودة جداً أيضاً من دراسة السوق

الكلية المركبة محطات القدرة الشمسية الحرارية الموصلة بالشبكة الكهربائية يبلغ 356 ميغاوات (كهرباء)، أغلبها في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية، ويبلغ متوسط تكلفة الطاقة الكهربائية المنتجة من التقنيات المختلفة في هذا المجال حوالي 9.3 سنت/ك.و.س [11]. ومن المتوقع أن تقل هذه التكلفة مستقبلاً و أن تزداد كفاءة التحويل السنوية من طاقة شمسية إلى طاقة كهربائية من حوالي 13% إلى 17% أو أكثر [11]. وأوضحت دراسات جدوى فيئة واقتصادية حديثة لمنظومة دورة شمسية مزدوجة (ISCES) لنظام توليد قدرة مزدوج (طاقة شمسية/ وقود احفوري) في مصر، والتي لها مناخ مشابه للجماهيرية، بأن المتوسط السنوي لكفاءة نظام (HTF) هو حوالي 17.4% ولنظومة البرج الشمسي 18.9% [12].

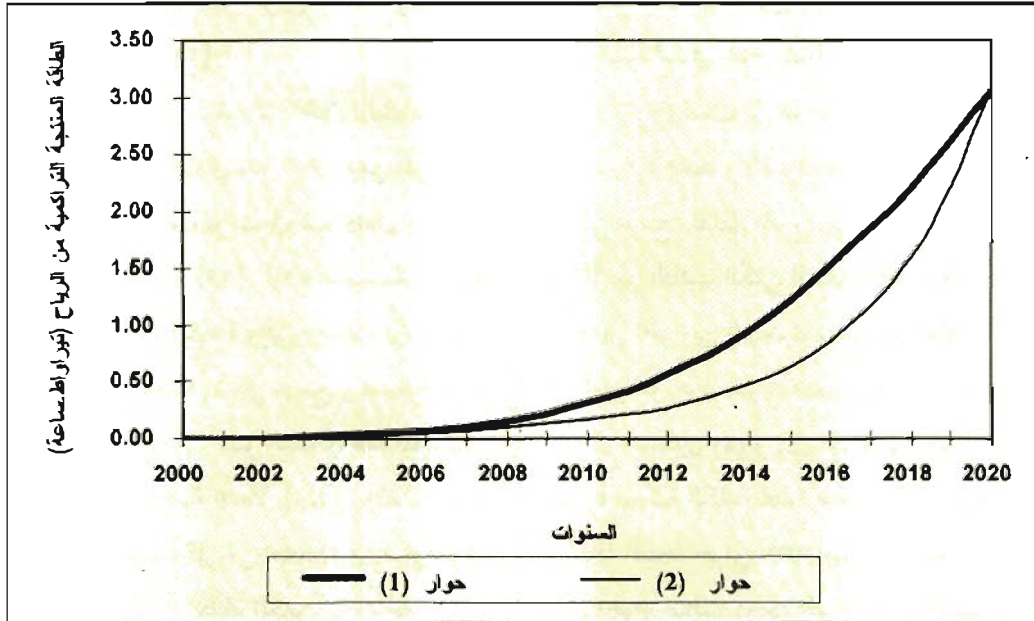
أما السوق العالمية لتسويق منظومات الخلايا الشمسية فقد زادت عن 200 ميغاوات في سنة 1999 ومن المتوقع أن تزداد هذه القيمة إلى 550 ميغاوات في سنة 2005 و 1800 ميغاوات في سنة 2010 [13]. أما بالنسبة لطاقة الرياح فتعتبر من التقنيات المتقدمة والتي وصلت إلى درجة من النضوج تسمح باستغلالها بشكل موسع وقد عرفت منذ عدة قرون وقد بلغ معدل النمو السنوي لهذا المصدر خلال السنوات القليلة الماضية 40% [3,4]. وقد بلغت القدرة الكلية المركبة عالمياً أكثر من 15.000 ميغاوات في شهر (6) سنة 2000 [1]. والطاقة الكهربائية الناتجة من الرياح تعتبر من أرخص أنواع مصادر الطاقة المتجددة عدا المساقط المائية.

5. الحوارات المقترحة

كما هو موضحاً أعلاه، بشكل (3) ، من المتوقع أن ينمو الطلب المحلي على الطاقة الكهربائية نمواً سريعاً ويمكن



شكل (4) القدرة المركبة للحوارين Sc_1 و Sc_2



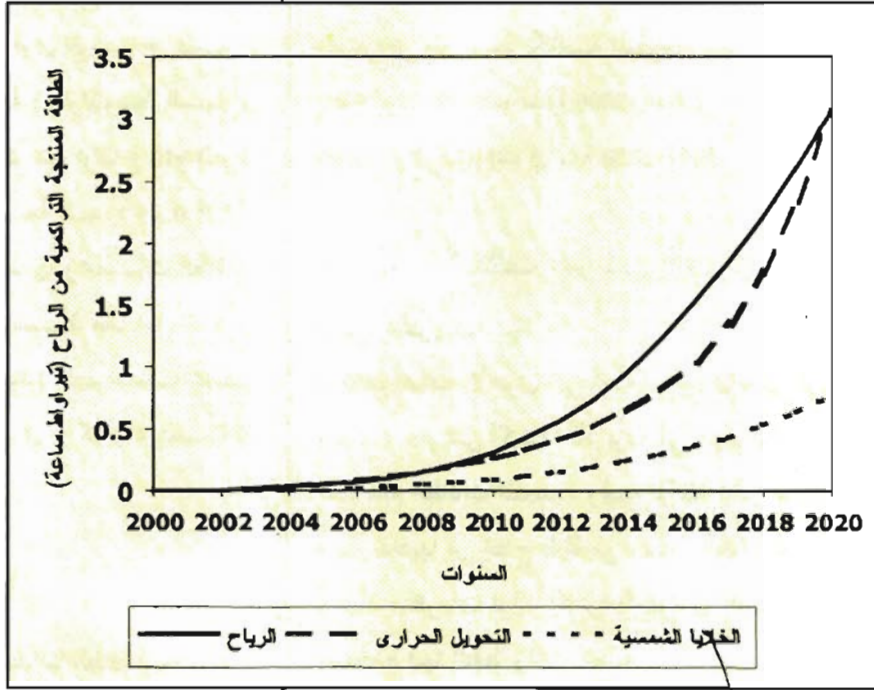
شكل (5) الطاقة الكهربائية الناتجة من الرياح للحوارين Sc_1 و Sc_2 .

و 1000 ميجاوات من محطات القدرة الشمسية الحرارية بطاقة إجمالية منتجة قدرها 6.9 تيروات ساعة. كما هو موضح في شكل (6).

العالية، حسب الإحصائيات المتاحة تعتبر هذه المساهمة على المستوى المحلي معقولة مع سنة 2020.

في الحوار الثالث ستكون القدرة الكلية المركبة 437.5 ميجاوات من الخلايا الشمسية، 1400 ميجاوات من الرياح

الخمس سنوات التي تليها. بعد ذلك ينخفض معدل النمو الى 20% و 15% خلال الفترتين (2011-2015) و (2016-2020) على التوالي. في الحوار الثاني (Sc2) اقترح معدل نمو بطيء خلال أول سنتين قدره 14% ثم يزداد الى 20% خلال الخمس سنوات التالية (2006-2010) ثم يزداد معدل النمو إلى 35% و 40% خلال الفترتين (2011-2015) و (2016-2020) على التوالي.



شكل (6) الطاقة الإجمالية التراكمية من الرياح، الخلايا الشمسية والطاقة الشمسية الحرارية Sc3.

استخدام الخلايا الشمسية في محطات القوى لا يزال محدودا، لذلك اقترح في الحوار الثالث (Sc3) أن تكون مساهمة الخلايا الشمسية 300 ك. وات كبدية في سنة 2003، ويكون معدل النمو سريعا خلال السنوات الأولى (50% - 76%) ثم يقل إلى (15%) - 20% للوصول إلى الهدف المنشود (2.5%) في سنة 2020. أما بالنسبة لمحطات القدرة الشمسية الحرارية، أقترح مشروع تجريبي بقدرة 5 ميجاوات في سنة 2003 ثم معدل نمو قدره 20% للفترة الأولى وحتى العام 2010، بعد ذلك اقترحت معدلات نمو قدرها 35% و 40% للفترات (2011 - 2015) و (2016 - 2020) على التوالي.

2.6 الطاقة المنتجة

في حسابات الطاقة المنتجة من الرياح تم اختيار حجم منظومات الرياح 1 ميجاوات للمنظومة الواحدة والذي

6. الافتراضات التي وضعت للمتغيرات

1.6 معدل نمو مساهمة الطاقة المتجددة

أخذ في عين الاعتبار عدة معدلات للنمو لكل تقنية حسب تقدمها أو تطورها و حسب تسويقها وحسب اقتصادياتها. في الحوارين الأول (Sc1) و (Sc2) أخذ في الاعتبار معدل نمو للنمو. و بما أن مركز دراسات الطاقة الشمسية يخطط لإقامة مزرعة رياح تجريبية بقدرة 5 ميجاوات متوقع البدء في إنشائها مع منتصف السنة القادمة (2002)، لذلك في كلا الحوارين (Sc1) و (Sc2) اقترح بأن تكون قد بدأت مزرعة الرياح التجريبية في العمل مع سنة 2003.

في الحوار الأول (Sc1)، الحوار السريع النمو، اقترح بأن يكون معدل النمو خلال السنوات 2004 ، 2005 ، حوالي 40% ثم ينخفض معدل النمو الى 35% خلال

أما فيما يخص محطات الطاقة الشمسية الحرارية فقد تم افتراض متوسط تكلفة المنظومات المركبة 3000 دولار/ك.وات لسنة 2000 وتنخفض تدريجياً إلى حوالي 2000 دولار/ك.وات في سنة 2020 [17].

4.6 كمية انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون التي يمكن تفاديها

الافتراضات الأخرى التي أخذت بعين الاعتبار هي كمية انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون التي سيتم تفاديها عند استخدام الطاقات المتجددة وقيمة الكلفة الخارجية التي سيتم تفاديها من إنتاج طاقة من مصادر الطاقة المتجددة. وبما أن منظومات توليد القدرة الكهربائية المحلية التقليدية يستخدم فيها النفط والغاز الطبيعي، فقد تم تبني قيمة انبعاثات (ك أ₂) 700 طن لكل ميجاوات ساعة كقيمة وسطى والتي سيتم تفاديها من جراء استخدام منظومات الطاقة المتجددة التي ستحل تدريجياً محل بعض القدرة المولدة من الوقود الأحفوري في هذه الحسابات [4]. كما تم افتراض الكلفة الخارجية لانبعاثات (ك أ₂) بـ 30 دولار/طن من ك أ₂.

5.6 كمية الوقود الذي سيتم توفيره

من الصعب توقع أسعار النفط المستقبلية ولكن تم تبني تكلفة البرميل 20 دولار في هذه الحسابات والافتراض بأن السعر سيكون ثابتاً خلال الفترة إلى سنة 2020.

7. النتائج ومناقشتها

في الحوارين Sc₁ و Sc₂ بلغت القدرة الكلية المركبة من الرياح هي حوالي 1400 ميجاوات (نسبة مساهمة قدرها 17.6% من الحمل التقليدي الأقصى) مع سنة 2020

يعتبر متوسط الحجم التجاري حالياً. أما المواقع المقترحة لإقامة مزارع الرياح (أو محطات قوى الرياح) فقد تم افتراض خشونة السطح فيها درجة I، والمتوسط السنوي لسرعة الرياح لا يقل عن 5.5 م/ث عند ارتفاع 10م فوق سطح الأرض، مما يعطي معامل سعة قدره 0.25 [15]. وبالنسبة لمحطات قوى الخلايا الشمسية ومحطات الطاقة الشمسية الحرارية، افتراض أن متوسط معامل السعة قدرها 0.2 و 0.35 على التوالي. هذه القيم أسست على تحليلات ودراسات أجريت في مركز دراسات الطاقة الشمسية [16].

3.6 الاستثمار الكلي

قيمة الاستثمار الكلي (تكلفة معدات الطاقة المتجددة + التكاليف الأخرى الخاصة بالشحن وبالتركيب وغيرها) تم اختيارها من المعلومات المنشورة مضافاً إليها 20% في مشاريع الرياح و 10% فقط في مشاريع الخلايا الشمسية والطاقة الشمسية الحرارية وذلك لوضع تحليلات متحفظة.

في مشاريع طاقة الرياح تم افتراض أن تكلفة المنظومة (بما يشمل التركيب والأعمال الأخرى) 948 دولار/ك.وات لسنة 2000، وتنخفض هذه القيمة إلى 522 دولار في سنة 2020 [4، 5]. أما الخلايا الشمسية فأخذت تكلفة المنظومات مركبة 8000 دولار/ك.و. سنة 2000 [13] وتنخفض هذه التكلفة بمقدار 5% للسنوات التالية حتى سنة 2016، بينما تنخفض التكلفة بمقدار 3.5% في السنوات الخمس التي تليها، ثم تكون قيمة التخفيض في التكلفة 3% فقط خلال السنوات الخمس الأخيرة (2016-2020).

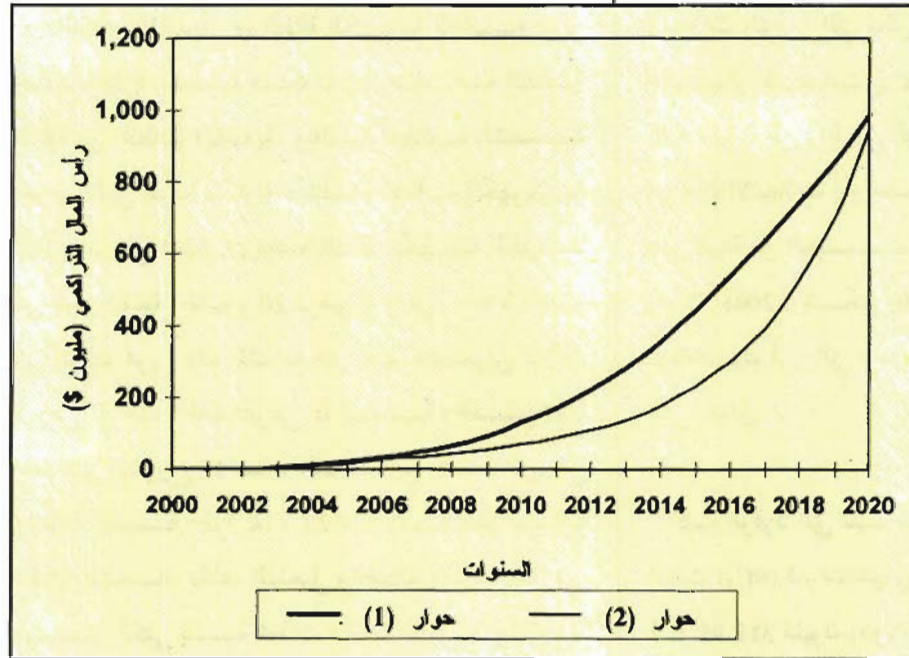
الأولى ستكون كبيرة أو قيمة الاستثمار أكبر مما هو عليه في الحوار الثاني Sc_2 . كما هو موضحا في شكل (7). ولكن ميزة الحوار الأول Sc_1 أن قيمة انبعاثات (ك²) التي يمكن تفاديها ستكون أكثر منها في الحوار الثاني Sc_2 خلال السنوات القليلة الأولى من الفترة المقترحة، والتي سينتج عنها مصدر دخل أكبر خلال هذه السنوات. أيضا كمية التوفير في الوقود ستكون أكثر لنفس الفترة الزمنية.

في الحوار الثالث Sc_3 الاستثمار الكلي يتراوح من 0.02 بليون (دولار سنة 2001) في سنة 2003 الى حوالي 5 بليون (دولار 2001) في سنة 2020، كما هو موضحا في شكل (8). هذا سيفتح المجال أمام المستثمرين على الصعيدين اعلى والعالمي للمساهمة في تمويل هذه المشاريع. هذا وقد حسبت تكلفة الطاقة الكهربائية المنتجة حسب الحالتين. في الحالة الأولى أن هذه المشاريع يتم دعمها وتمويلها من قبل الدولة، ففي هذه الحالة ستكون تكلفة الطاقة الكهربائية

والطاقة الكهربائية الكلية المنتجة حوالي 3070 ميجاوات ساعة (10.19 % من الطلب الكلي على الطاقة الكهربائية) لنفس السنة 2020، كما هو موضحا في شكل (4) و (5) على التوالي. في هذه الحالة سيكون حجم الاستثمار حوالي 980 مليون دولار، ومن المتوقع أن تسهم الطاقة الكهربائية المنتجة في هذه الحوارات في المحافظة على البيئة من 2.149 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون مع سنة 2020، وتوفير ما قيمته 6.95 مليون برميل نפט. هذا سينتج عنه مصدر دخل قدره 64.47 مليون دولار (دولار سنة 2001) كتكلفة لكمية انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون التي سيتم تفاديها و 193 مليون دولار (دولار سنة 2001) لقيمة التوفير في استهلاك النفط. تكلفة الطاقة الكهربائية تم حسابها وكانت 6 سنت/ك.و.س في سنة 2003 وهي تقريبا منافسة لتكلفة الطاقة الكهربائية الناتجة عن المحطات التقليدية. كما ذكر سابقا أخذ في عين الاعتبار حسابات متحفظة، أما إذا تم تبني أسعار السوق فإن تكلفة

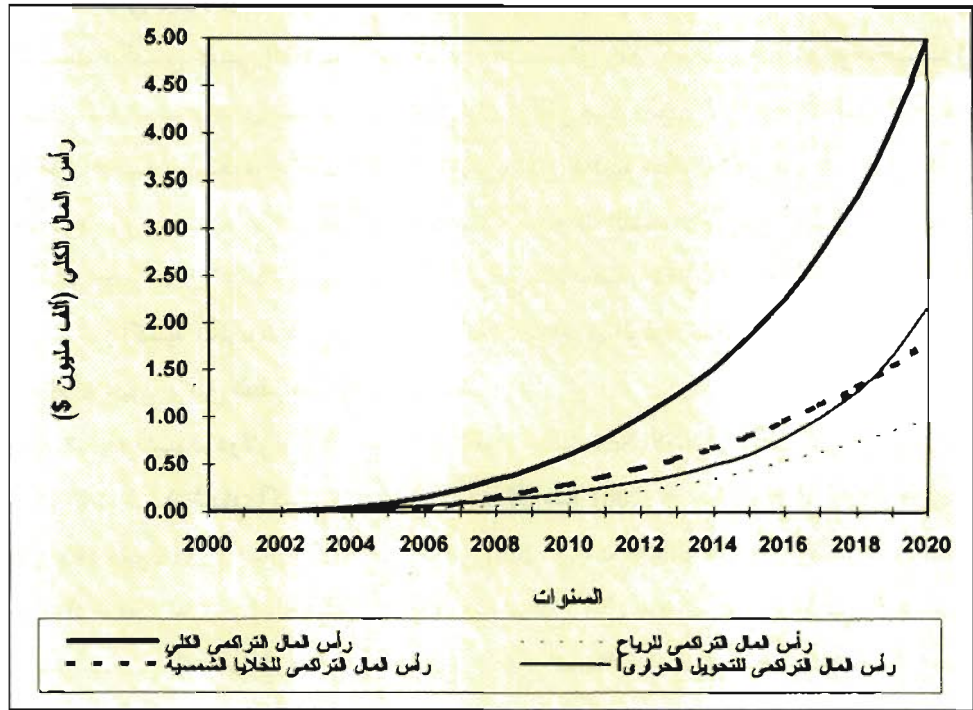
الطاقة الكهربائية الناتجة ستكون أقل. أيضا إذا تم اخذ سرعة رياح في مناطق تتميز بسرعات عالية ستقل تكلفة الطاقة الكهربائية الناتجة عن الرقم الموضح اعلاه.

حيث أن Sc_1 له معدل نمو أسرع، أي ان نسبة مساهمة طاقة الرياح ستكون أسرع خلال الفترة المفترضة، يمكن ملاحظة أن قيمة الاستثمار خلال السنوات القليلة



شكل (7) الاستثمار الكلي للحوارين Sc_1 و Sc_2 .

نتيجة هذه الحسابات أن تكلفة الطاقة الناتجة من الرياح، لسنة 2003، منافسة لتكلفة الطاقة الناتجة من المحطات التقليدية وحوالي 1.5 ضعف الطاقة التقليدية بالنسبة لمحطات الطاقة الشمسية الحرارية، وحوالي 8.5 ضعف تكلفة الطاقة الكهربائية التقليدية في حالة منظومات الخلايا الشمسية

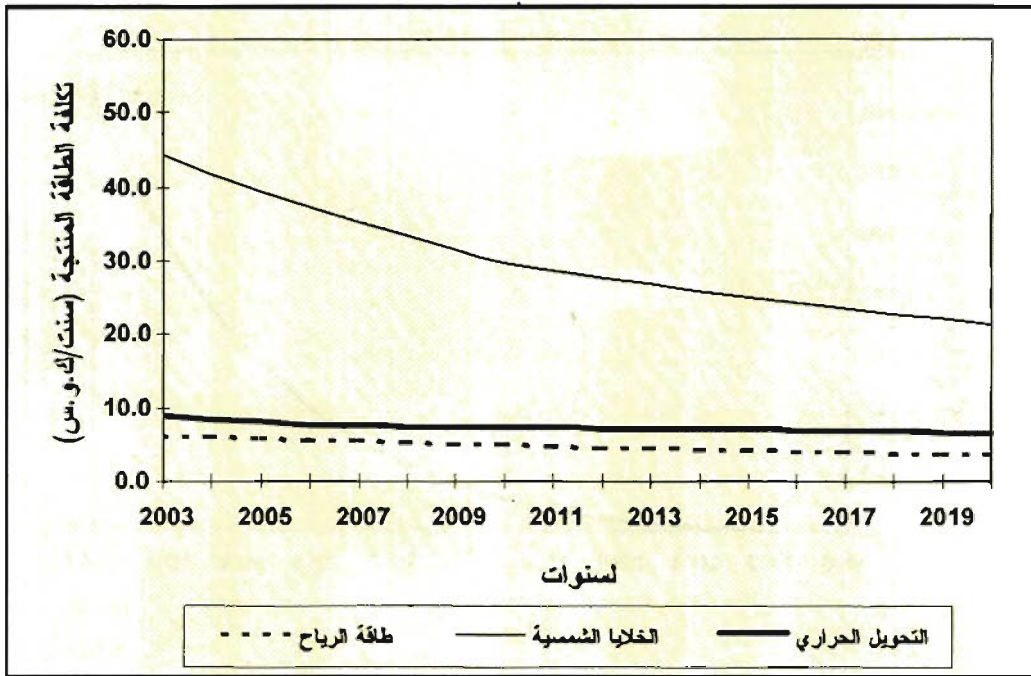


شكل (8) الاستثمار الكلي للحوار الثالث SC₃.

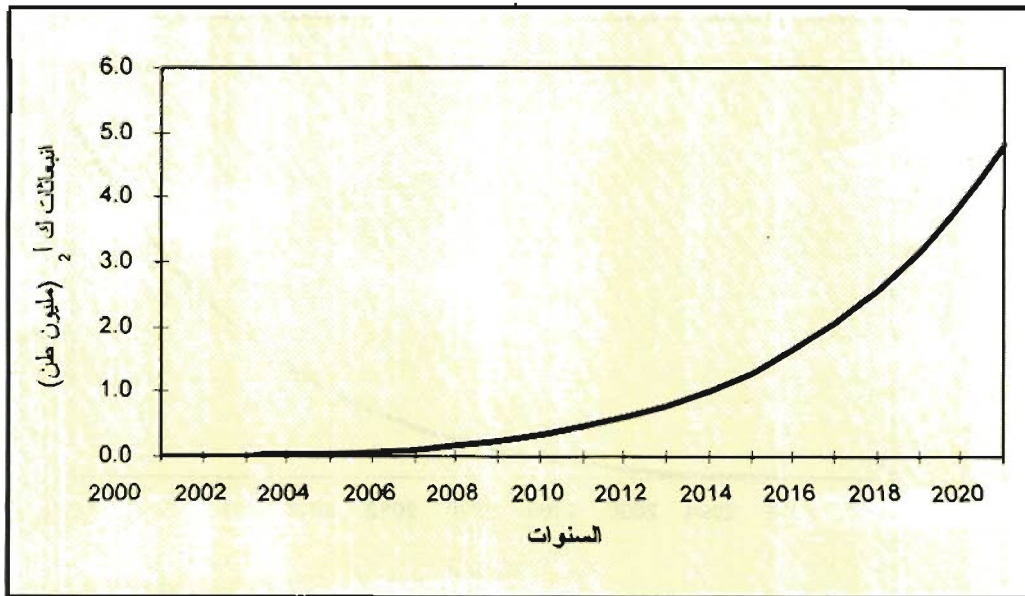
وذلك كما هو موضحا في شكل (9). الكمية الإجمالية لانبعاثات (ك أ₂) التي يمكن تفاديها مع سنة 2020 في الحوار الثالث (SC₃) قدرت بحوالي 4.8 مليون طن والدخل العائد نتيجة المحافظة على البيئة من هذه الانبعاثات (أو مصدر الدخل الناتج عن المحافظة على البيئة من انبعاثات (ك أ₂) هو 145 مليون (دولار 2001). شكل (10) و شكل (11) يوضحان انبعاثات (ك أ₂) التي يمكن تفاديها والتكاليف الناتجة عنها على التوالي.

كمية الوقود التي سيتم توفيرها مع سنة 2020 في الحوار الثالث (SC₃) قدرت بحوالي 15.6 مليون برميل والتي تمثل قيمة 311.95 مليون (دولار 2001)، وذلك كما هو موضح في الشكلين (12) و(13).

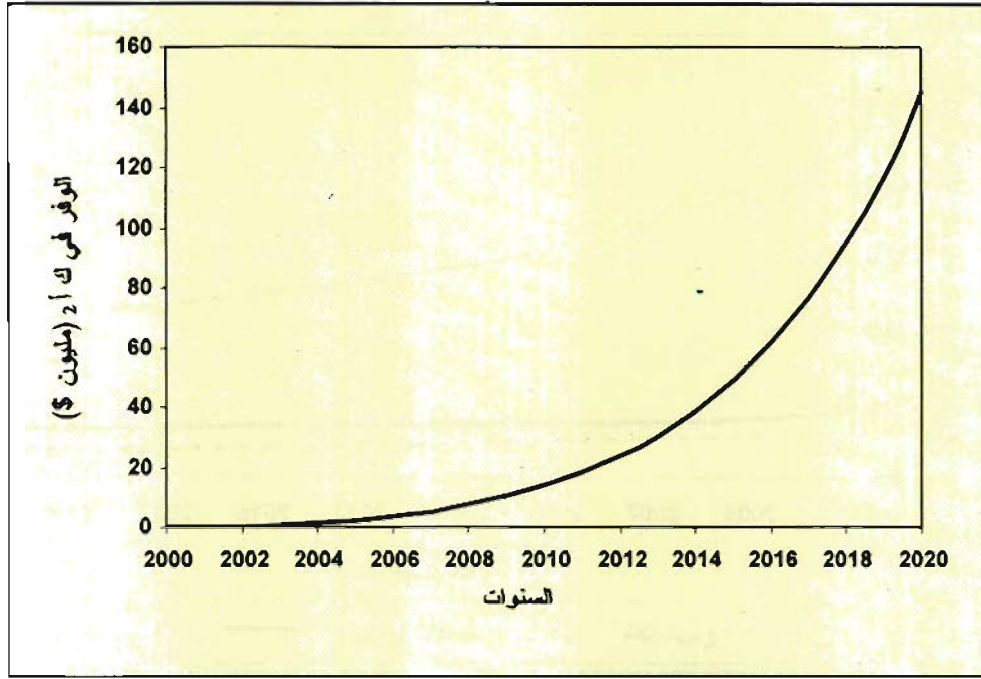
الناتجة من منظومات الرياح أقل من تكلفة الطاقة الكهربائية من المحطات التقليدية. أما الطاقة الكهربائية الناتجة من محطات الخلايا الشمسية فتكون 4.5 ضعف قيمة الطاقة الناتجة من المحطات التقليدية، وبالنسبة للطاقة الشمسية الحرارية فهي تقريبا مساوية لتكلفة الطاقة الكهربائية التقليدية، على اعتبار أن تكلفة الطاقة الكهربائية التقليدية هي نفس القيمة الحالية (20 درهم/ك.و.س.). الحالة الثانية هي أن يتم تمويل هذه المشاريع عن طريق مستثمرين بأخذ قروض. في هذه الحالة افترض ان قيمة نسبة الخصم 7% وأن عمر المشروع 25 سنة وذلك لمشاريع طاقة الرياح والطاقة الشمسية الحرارية، و 20 سنة بالنسبة لمنظومات الخلايا الشمسية. تكلفة التشغيل والصيانة أخذت 1% من الاستثمار الكلي بالنسبة لمحطات الخلايا الشمسية والطاقة الشمسية الحرارية و 4% بالنسبة لمحطات الرياح. وكانت



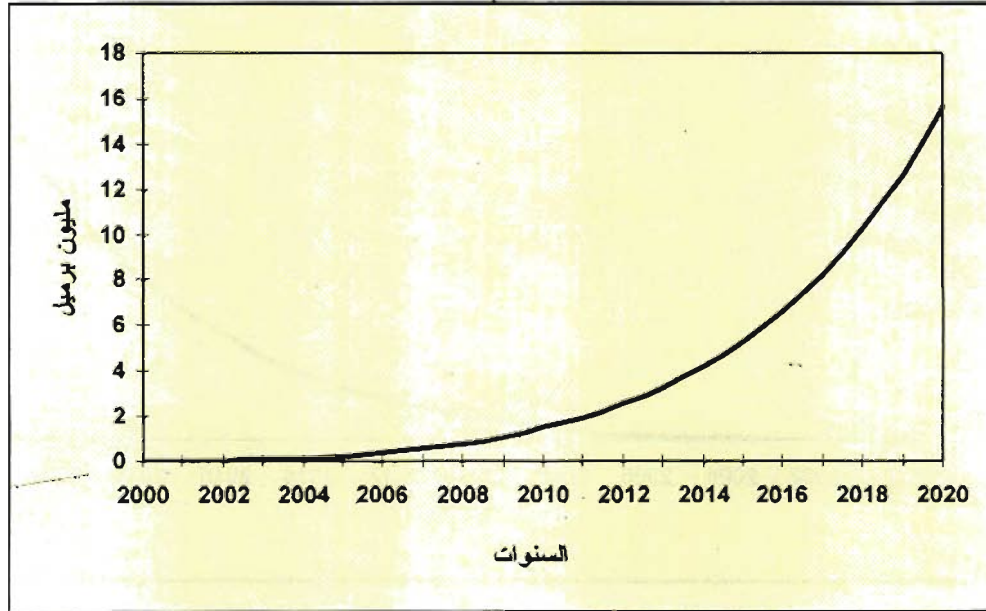
شكل (9) تكلفة الطاقة الكهربائية الناتجة للحوار الثالث Sc₃.



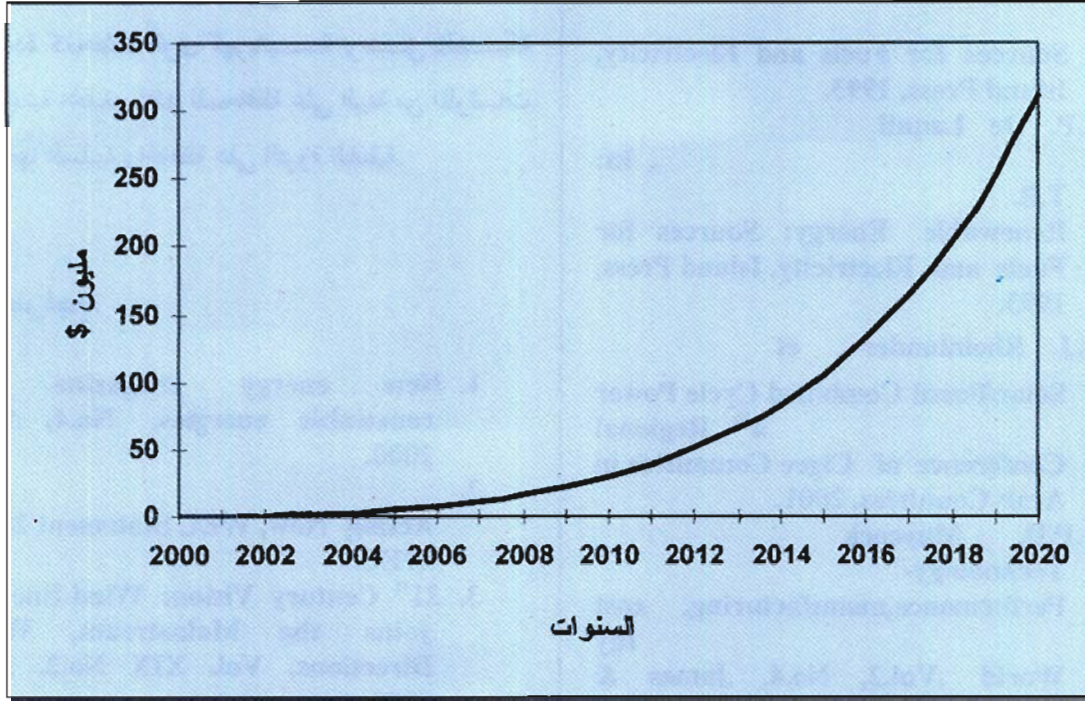
شكل (10) انبعاثات ك₂ أ الممكن تفاديها في الحوار الثالث Sc₃.



شكل (11) تكاليف اتبعات ك 2 الممكن تفاديها في الحوار الثالث Sc₃.



شكل (12) كمية الوقود الممكن توفيرها بالبراميل في الحوار الثالث Sc₃.



شكل (13) الوفود الممكن توفيره بالدولار في الحوار الثالث Sc₃.

كما يجب التأكيد على أن مصادر الطاقة المتجددة (إضافة إلى ما سبق) يمكن أن توفر مصدر دخل آخر عند الأخذ في الاعتبار مقدار السعة لمحطات القوى التقليدية التي سيتم توفيرها عند استخدام محطات قوى من مصادر طاقة متجددة، والتي أهملت في الحسابات في هذه الورقة. وبشكل عام يمكن ملاحظة أن التقييم الاقتصادي الدقيق يعتمد على تفاصيل الموقع ويجز القيام بتحليلات دقيقة (فنية واقتصادية) قبل الشروع في أي خطط أو استراتيجيات مستقبلية لإقامة محطات قوى لمصادر الطاقة المتجددة محليا.

ومن الواضح بأن الجماهيرية تملك مصادر طاقة متجددة هائلة، والتي يجب أن تكتشف وتستثمر للمساهمة في سد جزء من الطلب المتزايد على الطاقة. لذلك من المهم جدا

الاستنتاج

يمكن أن نستج بأن تكلفة الكهرباء الناتجة عن محطات الخلايا الشمسية لا تزال مرتفعة، ولكن الطاقة الناتجة من الرياح منافسة جدا لتكلفة الطاقة الكهربائية الناتجة من المحطات التقليدية حتى مع جميع التحفظات التي أخذت في الاعتبار في هذه الحسابات. ومع أن الاستثمار الكلي في الحوارات المقترحة يبدو كبيرا، إلا أنه يجب التأكيد هنا بلأن الطاقات المتجددة بشكل عام وطاقة الرياح بشكل خاص يمكن أن توفر عوائد كافية للمستثمرين. إضافة إلى أنه باستخدام مصادر الطاقة المتجددة يمكن أن تضاف أطنانا من الملوثات بما يشمل (كأر) وبالتالي حماية البيئة من هذه الملوثات والتي يمكن أن تترجم في صورة توفير مادي.

- Renewables T.B. Johansson,
Sources for Fuels and Electricity,
Island Press, 1993.
- 11.P. De Laquil , In:
T.B.
Renewable Energy: Sources for
Fuels and Electricity, Island Press,
1993.
- 12.J. Rheinlander et
Solar/Fossil Combined Cycle Power
4th Regional
Conference of Cigre Committee in
Arab Countries, 2001.
- 13.P.D. Maycock
Technology-
Performance, manufacturing, cost
rgy
World ,Vol.2, No.4, James &
James, July, 1999.
- 14.F. Stais, ..et
Power Plants for the
Mediterranean Area: A Chance for

In: H. Scheer
Yearbook of Renewable Energies
1994, James & James, 1994.
- 15.W. El-Osta and Y. Kalifa,

Energy Wide Application on the
2000, Sept.
2000.
- 16.F. Siala
of a Solar Central Reciever in
; Proceedings of the First
National Symposium on Electricity,
Tripoli, Libya, Dec. 1993.
17. J.Kelly and J. Nitch
T.B. Johansson,

Sources for Fuels and Electricity,
Island Press, 1993.

تأسيس هدف على المستوى اقليمي لاستخدام مصادر الطاقة
المتجددة كمحطات قوى كهربائية توصل بالشبكة
الكهربائية المحلية وذلك للمحافظة على البيئة من الملوثات
وتنتاجها السلبية والمحافظة على الثروة النفطية.

9. المراجع.

1. New energy magazine for renewable energies, No.4, Aug. 2000.
2. Acting Now, WEC Statement 2000, WEC.
3. 21st Century Vision: Wind Energy Joins the Mainstream, Wind Directions, Vol. XIX No.2, Jan. 2000.
4. Wind Force 10, A Blueprint To Achieve .10 Electricity From Wind Power by 2020, EWEA, Green Peace International. Ed. 2000.
5. W European Commission, Directorate
6. Y. Kalifa, 'Wind Atlas for The Coastal Region of Jamahiria' M. Sc. Dissertation, Mechanical Engineering Dept., Al-fateh University, March 1998.
7. Bureau of Energy Data and Studies, LNEC, 1998.
8. 1999 Statistics, A Brochure of General Electric Company of Libya, 1999.
9. Load Forecast, A report prepared International for GECOL, 19994.
- 10.H. Kelly and C.J. Weinberg,