برنامج للاستعاضة عن النفط فى القطاع المنزلى الليبى *

د . عبدالحى بن عمران
د . صالح ابوغريس★

مقدمة :

يعتبر القطاع المنزلى فى الدول النامية أكبر مستهلك للطاقة الاولية [1] وليبيا كبلد نام ـ مصدر صاف للنفط والغاز الا أن صادراتها من الغاز الطبيعى تأخرت عن صادراتها من النفط بما لايقل عن عشر سنوات وقد بدأت صادرات الغاز الطبيعى فى بداية السبعينات فى صورة غاز طبيعى مسال ، الا أن الصادرات نصف المصنعة فى صورة أمونيا ، ويوريا ، وميثانول لم تبدأ الا فى أواخر السبعينات .

وأول منظومة لنقل الغاز الطبيعى على طول الشريط الساحلى والتى تغطى حوالى خمسة وأربعين بالمائة من طوله ، تم انجازها وتشغيلها بنهاية عام 1988م .

وأول مستهدف من منظومة نقل الغاز هذه هو تلبية احتياجات المستهلكين الصناعيين الكبار كمحطات الكهرباء وتحلية المياه ، ومجمع الحديد والصلب ، ومصانع الاسمنت ، سواء فى صورة وقود أو لقيم [2] ومعدل السعة الابتدائية لمنظومة نقل الغاز يقارب 12 مليون متر مكعب فى اليوم وقد بلغ معدل الاستثمارات الفعلية المتكبدة على المنظومة وتركيبها حوالى 14 ألف دولار لكل ميل ، ولكل ألف برميل نفط مكافىء فى اليوم .

ونتيجة لاكتشاف النفط فى أواخر الخمسينات أرتفع دخل الفرد وتحسن بدرجة كبيرة مستوى معيشته ، وواكب ذلك نمو هائل فى قطاع توليد الكهرباء وترتبت على ذلك زيادة سريعة فى مجمل استهلاك الطاقة ناجمة عن النمو السكانى واقتناء الاجهزة والادوات الكهربائية كالثلاجات وسخانات المياه ، والغسالات والمجمدات وأجهزة الاذاعتين المسموعة والمرئية والمكيفات والمكانس الكهربائية .

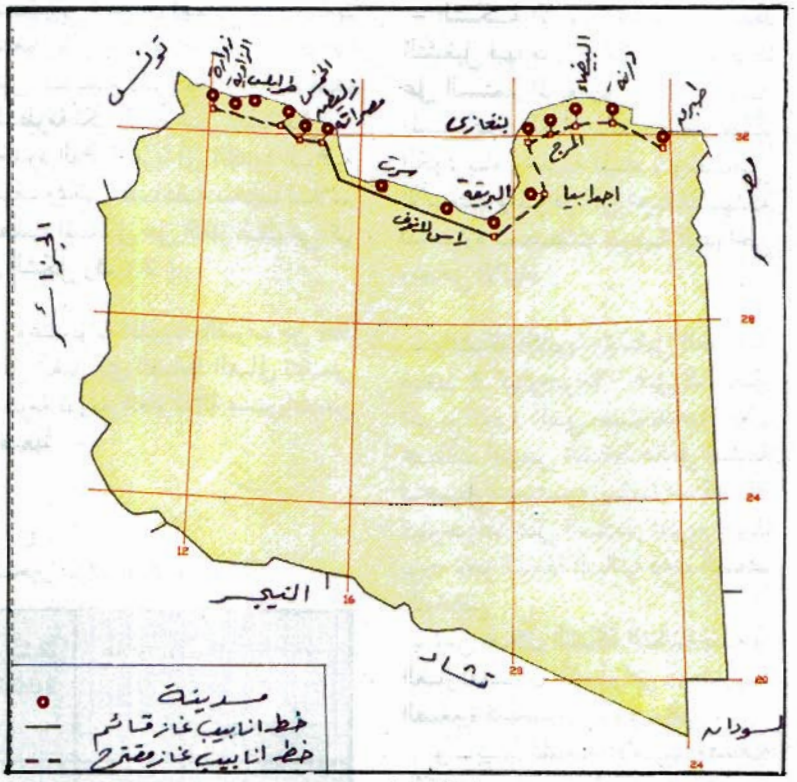
والكثافة السكانية مركزة على طول الشريط الساحلى المحاذى لشاطىء البحر الابيض المتوسط بطول يقارب الفى كيلومتر ، وبرنامج الاستعاضة عن النفط بالغاز الطبيعى يستهدف بصورة رئيسية 15 مدينة تمتد من الحدود الوهمية غربا الى الحدود الوهمية شرقا على طول الشريط الساحلى وبحيث تتم الاستعاضة المقترحة عن النفط بالطاقة الشمسية فى مجال تسخين المياه المنزلية لتشمل نصف المنازل فى كافة أنحاء القطر .

(أنظر الخريطة شكل 1).

والجدول رقم (1) يسرد هذه المدن بما فى ذلك العدد المتوقع للمنازل والشقق بحلول عام 2000 [3] ، وهذه المدن تتميز عن غيرها ومرشحة للربط بمنظومة توزيع الغاز المقترحة ومنظومة الطاقة الشمسية الخاصة بتسخين المياه فى المنازل ، والمنظومة الاخيرة مخطط لها ان تنجز بحلول عام 2010 عندما يصل اجمالى عدد المنازل الى حوالى 1,350,000 منزل وشقة .

★ أستاذ بقسم الهندسة الميكانيكية والصناعية ـ جامعة الفاتح .

* الاصل قدم بالانجليزية فى مؤتمر الطاقة العالمى الخامس عشر المنعقد بمدينة



الشكل رقم (1)

تقدير استهلاك الغاز الطبيعى فى القطاع المنزلى :

لاغراض الطبخ قدر الاستهلاك الشهرى للاسرة المكونة من 5 أفراد باسطوانة واحدة من غاز البترول المسيل ذات وزن 15 كيلو جراما ، وهذا يكافىء 250 مترا مكعبا من الغاز الطبيعى فى السنة .

ولاغراض تسخين المياه المنزلية فقد تم تقدير احتياجات نفس الاسرة بحوالى 150 لترا من المياه فى اليوم لتسخينها الى حوالى 40 درجة مئوية فوق متوسط درجة حرارة المياه داخل شبكة التوزيع [4] وهذا يكافىء حوالى 260 مترا مكعبا من الغاز الطبيعى فى السنة .

ولاغراض الطاقة الشمسية فقد احتسب احتياج الاسرة الواحدة من المياه الساخنة على أساس 200 لتر فى اليوم .

ولاغراض هذه الدراسة ، فقد قدر استهلاك الغاز الطبيعى لاغراض الطبخ وتسخين المياه بما لايتجاوز 400 متر مكعب فى العام لكل أسرة نظرا لان بعض المنازل ستكون مزودة بمنظومة طاقة شمسية لتسخين المياه .

وأخذا فى الاعتبار الظروف المناخية فى القطر تم استثناء استخدام الغاز الطبيعى فى التبريد والتدفئة .

وبحلول عام 2000 فان برنامج الاستعاضة عن النفط سيستهدف مليون منزل وشقة ، وهى خطة طموحة تتطلب انجاز شبكة توزيع للغاز الطبيعى فى فترة لاتقل عن 10 سنوات ، والمنازل والشقق التى تربط على شبكة توزيع الغاز ستكون بمعدل 100 ألف وحدة سكنية فى العام ، وسيزداد توفر الغاز بمعدل 40 مليون متر مكعب فى السنة .

الاستعاضة عن غاز البترول المسيل وزيت الوقود الثقيل بالغاز الطبيعى :

لاغراض الطبخ فان كل أسرة ستوفر شهرياً اسطوانة غاز بترول مسيل ذات وزن 15 كليوجراما أى أن البرنامج الطموح سيوفر سنوياً حوالى 18 ألف طن من غاز البترول المسيل وبعد عشر سنوات فان هذا الوفر سيصل الى 180 ألف طن فى السنة .

وزيت الوقود الثقيل الذى يمكن الاستعاضة عنه بالغاز الطبيعى فى تسخين المياه المنزلية سيكون بمعدل 0.54 طن فى السنة بالنسبة لكل أسرة واذا ما قدر لنصف عدد المنازل أن تستخدم الغاز الطبيعى فى تسخين المياه فان معدل الاستعاضة سيكون حوالى 27 ألف طن من زيت الوقود الثقيل فى السنة ، وبعد عشر سنوات سيصل الى 270 ألف فى السنة .

وأخذا فى الاعتبار المواصفات الفنية للنفط الليبى ومنتجاته فان :
- الطن الواحد من غاز البترول المسيل يحتوى على 3 . 50 جيجاجول .
- والطن الواحد من زيت الوقود الثقيل محتواه الحرارى 1 . 44 جيجاجول .
-والطن الواحد من الزيت الخام محتواه الحرارى يصل الى 8 . 45 جيجاجول

والاستعاضة المتوقعة عن غاز البترول المسيل وزيت الوقود الثقيل بحلول عام 2000 يمكن حسابها على أساس طن نفط مكافىء كما يلى :

مدريد بأسبانيا خلال الفترة من 20 الى 25 شهر الفاتح « سبتمبر » 1992 .

عـدد الاطنـان المستعـاضـة من النفط المكـافىء = (180 ألف × 3 . 50) + (270 ألـف × 1 . 44)

45 . 8

= 0 . 458 مليون طن نفط مكافىء

أى حوالى 10 آلاف برميل فى اليوم .

منـظومة نقـل الغاز الـطبيعى وتوزيعه .

صممت المنظومة الحالية لنقـل الغاز الـطبيعى عـلى أن تعمـل تحت ضغط تشغيل لا يتجاوز مداه 55 كيلوجراما عـلى السنتمـتر المـربـع ، ويخـطط لهـذه المنـظومة لكى تمتـد عـلى السـاحـل من الحدود الوهمية غربا الى الحدود الـوهمية شرقـا ويمكن مضـاعفـة سعتهـا لتـلائم الطلب المستقبلى على الغاز الـطبيعى كما فى الشكل رقم (2) .

وعند بوابة المدينـة بالقـرب من خط نقـل الغـاز ذى الضغط العـالى تتضمن منظومة توزيع الغاز ثلاثة مستويات من الضغط :-

- الشبكـة الاوليـة ويـتراوح ضغط التشغيل فيها ما بين 20 ، 3 كيلوجراما على السنتمتر المربع وهى تـلائم تزويـد المستهلكـين الكبار بـالغـاز كمحـطات الكهـربـاء وتحليـة الميـاه ، ومعـامـل الاسمنت والمـرافق الزراعيـة المستهلكة للحـرارة كمحـطات تـربيـة الـدواجن ومعامل الالبان .

- والشبكة الثانوية وتستقبل الغاز عند ضغط 3 كيلوجـراما عـلى السنتمـتر المـربع كحـد أقصى حيث يدخـل الغاز محـطات تخفيض الضغط داخل المـدينة لـيصـل مسـتـوى يـقـارب 0 . 03 كيلوجـراما عـلى السنتمتر المـربع حيث يوجه نحو الشبكة الثـالثية ذات الضغط المنخفض .

- ومن خـلال الشبكة الثـالثية يـدخل الغـاز للمنـازل وللمـرافق التجـاريـة الصغيرة كالمخابز والمغاسل والورش .

وأنـابيب الشبكـة الاوليـة مصنعة بالكامل من الحديد الصلب بينما تصنع أنابيب الشبكة الثانويـة اما من الحـديد الصلب او من مـادة عـديـد الايثيلين وخطوط التوزيـع التى يقل قـطرها عن 30 مليمـترا تصنع من مـادة عـديـد الايثيلين والانابيب التى يزيد قطرها عن ذلـك بما فيهـا الانابيب خـارج المنـازل تصنـع من الحـديـد الصـلب [5] وبـامكان مصـانع رأس لانـوف والجبل الاخضر والقـره بـولى تـوفـير الانـابيب البـلاستيكيـة وملحقـاتهـا ، ومصنـع القوارشة توفير أنـابيب الحديـد الصلب أمـا المعـدات الاخـرى فتتمـثـل فى الصـمامـات وأجهـزة التحكم والضغط والعدادات .

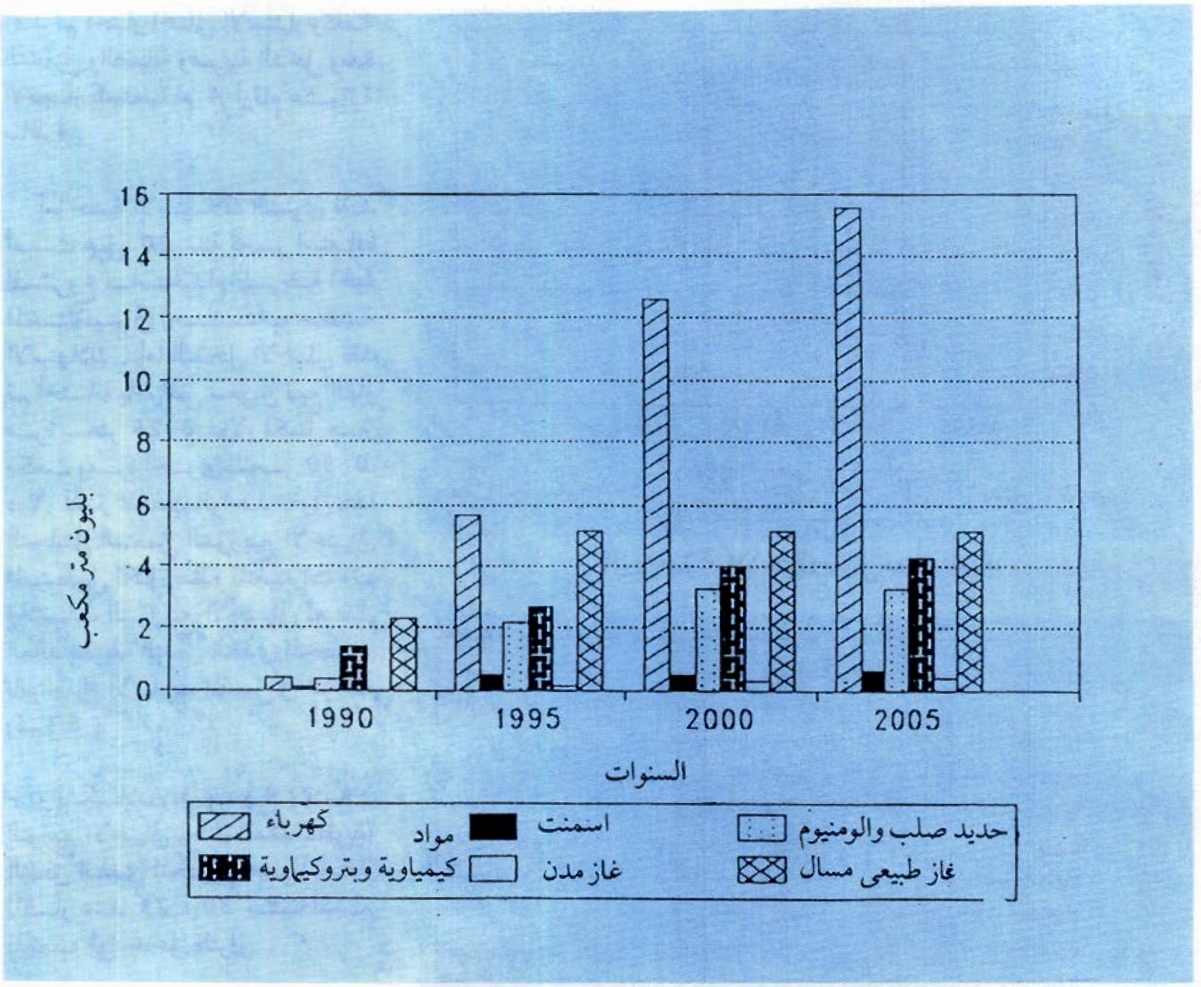
الاستثمارات :

بـالنسبة لمنـظومة تـوزيع الغـاز فـان الاستثمارات تعتمد عـلى طول المنـظومة ومتوسط قطرها وهى موزعة بالتسـاوى

جدول رقم (1)

المدن المقترحة لمنظومتى توزيع الغاز وتسخين المياه بالطاقة الشمسية

المدينة	عدد المنازل والشقق بحلول عام 2000 (بالالاف)	ملاحظات
1 ـ طبرق	50	-
2 ـ درنة	30	-
3 ـ البيضاء	80	-
4 ـ المرج	25	-
5 ـ بنغازى	160	-
6 ـ اجدابيا	20	-
7 ـ البريقة الجديدة ×	16	× بها منظومة جديدة لتوزيع الغاز
8 ـ رأس لانوف ×	16	
9 ـ سرت ××	25	×× قـريبة جـدا مـن منـظـومة نقل الغاز
10 ـ مصراتة ××	18	
11 ـ زليطن ××	20	
12 ـ الخمس ××	35	
13 ـ طرابلس ×××	360	××× توجد منظومة توزيع قديمة فى بعض الاحياء السكنيـة
14 ـ الزاوية	50	-
15 ـ زوارة	65	-
المجمـوع	970	



شكل رقم (2)
نمط الـطلب عـلى الغـاز الـطبيعي فى الجماهيرية . خلال الفترة 1990 - 2005 .

بين كلفة المواد وبصورة رئيسية الانابيب وكلفة تشييدها بما فى ذلك أعمال حفر الخندق وأعمال اللحام وانزال ودفن الانابيب وتسوية التربة واعادتها الى حالتها الاولى وتأسيسا على الكلفة الفعلية لمنظومة نقل الغاز من البريقة الى الخمس والتى صنعت أنابيبها من الحديد الصلب 100 بالمائة مع الاخذ بميزة الانابيب البلاستيكية فى تدنى كلفة تركيبها فان اجمالى الاستثمارات المقدرة يقارب 900 مليون دولار باستخدام كلفة متوسطة بمعدل 660 دولارا لكل كيلومتر × مليمتر .

التحليل الاقتصادى .

وأخذا فى الاعتبار حجم الاستثمارات الاولية لتمويل هذه الخطة الطموحة لتغويز 15 مدينة على طول الساحل فقد تم افتراض تراوح الاستثمار ما بين 750 ، 1250 مليون دولار واستمراريته بمعدل مستوى ثابت يبدأ من السنة صفر للمشروع وينتهى بتاريخ انجاز المشروع وقد تم افتراض 4 برامج للانجاز جميعها متساوية فى درجة الاحتمال ، وهذه المدد هى 10 ، 12 ، 14 ، 16 سنة ، كما تم افتراض تراوح كلفة التشغيل والصيانة السنوية ما بين 5 ، 10 بالمائة من الاستثمار السنوى المتراكم وللاغراض الضريبية فقد تم افتراض تراوح ضريبة الدخل ما بين صفر (اعفاء ضريبى) ، 60٪

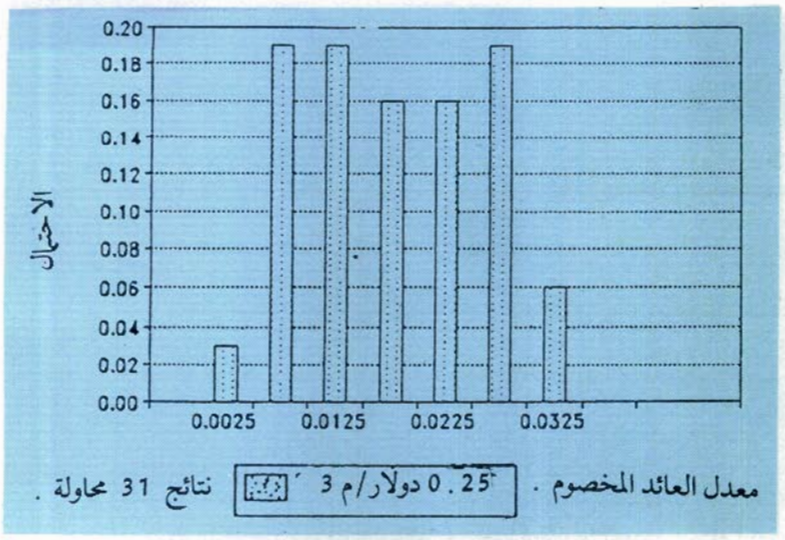
وقد تم اختيار اجمالى الاستثمار وكلفة التشغيل والصيانة وضريبة الدخل ومدة الانجاز باستخدام 4 أرقام عشوائية مناظرة .

أما حصة الاستهلاك السنوى فقد أسست على 20 سنة كعمر استفادة للمشروع باستخدام طريقة الخط المستقيم فى احتساب حصة الاستهلاك . أما الدخل الاجمالى فقد تم احتسابه بافتراض سعرين لبيع الغاز مرة بسعر 0.25 دولار لكل متر مكعب ومرة أخرى بسعر 0.30 دولار للمتر المكعب الواحد . وفى هذا التحليل استعمل التوزيع الاحتمالى المستطيل لكل هذه المتغيرات وتم احتساب التوزيع الاحتمالى لمعدل العائد بطريقة التدفق النقدى المخصوم باستخدام الاسلوب المفصل فى المرجع رقم [6]

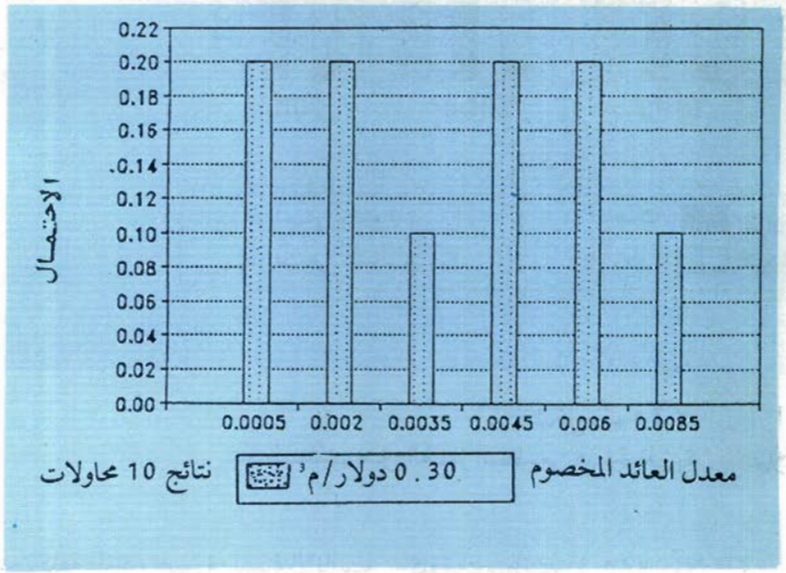
والشكلان (3) ، (4) يمثلان التوزيع الاحتمالى لمعدل العائد بطريقة التدفق النقدى المخصوم محسوبا بأسعار للغاز عند 25 ، 30 سنتا للمتر المكعب الواحد على التوالى .

وعند استثمار يتراوح مداه ما بين 750 , 791 مليون دولار فان 31 محاولة نجم عنها معدل عائد يتراوح ما بين 2 ، 4 بالمائة عند نفقات تشغيل وصيانة يتراوح مداها ما بين 5 ، 6 بالمائة من الاستثمار الكلى اذا ما كانت أسعار بيع الغاز بمعدل 0.25 دولار للمتر المكعب الواحد مع الاعفاء من ضريبة الدخل .

وبالنسبة لاستثمار يتراوح مداه ما بين 1000 ، 1013 مليون دولار فان 10 محاولات أظهرت معدل عائد على الاستثمار أقل من 1 بالمائة عند كلفة تشغيل وصيانة تتراوح مابين (5 ، 5.5) بالمائة اذا ما كان سعر بيع الغاز



شكل رقم (3) الاحتمال مقابل معدل العائد .



شكل رقم (4) الاحتمال مقابل معدل العائد .

بمعدل 0.30 دولار للمتر المكعب الواحد تحت حافز الاعفاء من الضرائب .

وفى كلتا الحالتين فان التحليل الاقتصادى كان لمشروع يستغرق انجازه عشر سنوات ويصل عمر الاستفادة منه الى 20 سنة .

مبررات استخدام الغاز الطبيعى بدلا من غاز البترول المسيل فى القطاع المنزلى .

الجدول رقم (2) يورد تقديرا للطلب على غاز البترول المسيل خلال

جدول رقم (2)

تقدير الدعم المستقبلى من قبل الدولة لغاز البترول المسيل

السنة	الطلب على غاز البترول المسيل (ألف طن)	الدعم بملايين الدولارات	
		حد أدنى	حد أقصى
1992	178	23.4	74.8
1993	186	24.5	77.9
1994	195	25.9	81.7
1995	205	27.2	85.9
1996	215	28.6	90.3
1997	225	29.7	94.5
1998	236	31.4	90.0
1999	247	32.8	103.8
2000	259	34.1	108.6
		257.6	807.5

متوسط الدعم السنوى كحد أدنى = 28.6 مليون دولار .

متوسط الدعم السنوى كحد أقصى = 89.7 مليون دولار .

الفترة 1992 - 2000 كما يبين الجدول تفاوت الدعم من قبل الدولة وذلك بناء على المعلومات التى وفرتها شركة البريقة للتسويق المحلى [7].

ومن الواضح أن الاستعاضة عن غاز البترول المسيل بالغاز الطبيعى توفر للدولة الدعم الذى تقدمه للمستهلك المحلى بمعدل سنوى يقارب 60 مليون دولار وهذا الدعم فى حد ذاته ولمدة عشر سنوات مستمرة يكفى لضمان تمويل شبكة توزيع غاز لمعظم المدن على الشريط الساحلى .

وتشجيع استعمال الغاز الطبيعى فى القطاع المنزلى يمثل نهجا مثاليا للحفاظ على الطاقة كما يلى : -

- الغاز الطبيعى ، كوقود للطبخ ، أكثر أمانا من غاز البترول المسيل بسبب خفة كثافته ورائحته المميزة وكذلك ضغطه المنخفض .

يضاف إلى ذلك أن توفر الغاز فى المنازل يوفر على المستهلك كثيرا من العناء مقابل زيادة فاتورة الطاقة بمقدار 1.72 دولار شهريا ، وهذا أحتسب على أساس كمية الغاز الطبيعى المناظرة لمحتوى اسطوانة معبأة بغاز البترول المسيل ، كما أن ذلك يوفر للدولة دعما للمستهلك بمعدل 2 دولار شهريا .

- وكوقود لتسخين المياه فى المنازل فإن العديد من الدراسات أكدت جدوى استخدام الطاقة الشمسية فى تسخين المياه المنزلية فى ليبيا ، فالقطر يتمتع بمعدلات سطوع شمس مرتفعة ، وهذا يتطلب تبنى سياسة تهدف نحو الإستعاضة عن الكهرباء بالطاقة الشمسية فى تسخين المياه المنزلية وهذا قد يتطلب سن تشريع لتحقيق مثل هذا الهدف وإلى أن يتم ذلك فإن استخدام الغاز الطبيعى فى تسخين المياه المنزلية بدلا من الكهرباء يوفر على المستهلك ما لايقل عن 3.59 دولار فى الشهر محسوبة على أساس تسعير المتر المكعب من الغاز بحوالى 23 سنتا وتسعير الكهرباء بمعدل 69 سنتا للكيلووات ساعة ، ومتوسط الاستهلاك السنوى للأسرة الواحدة فى تسخين المياه المنزلية هو حوالى 2,550 كيلووات ساعة وهذا يكافىء حوالى 260 مترا مكعبا من الغاز الطبيعى .

- وبالنسبة للتدفئة والتبريد فإن الغاز الطبيعى يتمتع بميزة على الكهرباء خاصة بالنسبة للمكيفات الشغالة بالغاز الطبيعى لأغراض التدفئة والتبريد معا .

أما بالنسبة للتدفئة فقط فإن الكيروسين أرخص من الغاز الطبيعى حتى إذا ماسعر الأول بأسعار فى مستوى الأسعار السائدة فى السوق الدولية ، إلا أن الغاز أنظف وأفضل لاغراض التبريد والتدفئة ، وبالنسبة للمناخ الليبى فان العزل الحرارى للجدران يعتبر كافيا .

برمجة مشروع غاز المدن على الشريط الساحلى

إن تنفيذ مشروع غاز المدن كخطة طموحة قد يستغرق ما لايقل عن 10 سنوات ويمكن القيام بذلك على مراحل وفى هذا الخصوص تقترح الأولويات الآتية :-

المرحلة الأولى :

خلال هذه المرحلة يتم التأكيد على تشييد منظومة لتوزيع الغاز تربط المدن الكبيرة الواقعة على مسار خط نقل الغاز

الحالى ، البريقة/ الخمس كمدن سرت ومصراتة وزليطن والخمس وهذه الشبكة قدر انجازها مبدئيا بستتين وباستثمار ابتدائى يصل إلى حوالى 52 مليون دولار .

وتوفر شبكة التوزيع المقترحة سنويا حوالى 53 ألف طن مترى من زيت الوقود الثقيل وحوالى 18 ألف طن مترى من غاز البترول المسيل ، قيمتها الإجمالية قدرت بحوالى 8 ملايين دولار محسوبة على أساس سعر الطن من زيت الوقود الثقيل عند 5 . 105 دولارات وسعر طن غاز البترول المسيل بحوالى 7 . 150 دولارا .

المرحلة الثانية :

هذه المرحلة تشمل مد خط البريقة الخمس شرقا إلى مدينة بنغازى وغربا إلى مدينة أبى كماش والأستثمارات المبدئية لهذه المرحلة قدرت بحوالى 345 مليون دولار ويستغرق انجازها حوالى 5 سنوات ، وهذا التوسع سيمكن المستهلكين الكبار فى قطاعى الكهرباء والصناعة من الإستعاضة عن زيت الوقود الثقيل بالغاز الطبيعى ، ومن المتوقع أن يصل الوفر السنوى إلى حوالى 4 . 2 مليون طن مترى إذا ما أخذت فى الاعتبار المشروعات القائمة فى قطاعى الكهرباء والصناعة ، وفى حالة تنفيذ المشروعات المخططة فى قطاعى الكهرباء والصناعة مثل محطات كهرباء مليتة والزاوية والزويتينة . . . الخ ، فإن هذا الوفر يتضاعف لتصل قيمته إلى حوالى 504 ملايين دولار .

ومنظومة نقل الغاز المقترحة ستمكن من ربط عدة مدن واقعة على مسار المنظومة بشبكة توزيع مثل مدينتى بنغازى وطرابلس وهذا يتطلب تزامن تنفيذ المرحلتين الأولى والثانية لتسريع إنجاز شبكة توزيع غاز المدن .

المرحلة الثالثة :

هذه المرحلة تشمل تنفيذ شبكة توزيع غاز المدن فى مدينة بنغازى وضواحيها ، ومدن اجدابيا والبريقة وطرابلس وضواحيها ، والزاوية وزوارة ، والمدة المقدرة لإنجاز المشروع هى حوالى 5 سنوات باستثمار ابتدائى يصل إلى حوالى 414 مليون دولار ، وعند إنجاز هذه المرحلة فإنها ستوفر سنويا حوالى 360 ألف طن مترى من زيت الوقود الثقيل ومايقارب 121 ألف طن مترى من غاز البترول المسيل وجميعها تقدر بحوالى 56 مليون دولار .

المرحلة الرابعة :

هذه المرحلة تتضمن تمديد خط نقل الغاز من مدينة بنغازى إلى مدينة طبرق شرقا وكذلك تشييد منظومة لتوزيع غاز المدن فى مدن المرج ، والبيضاء ، ودرنة ، وطبرق ، والمدة التقديرية لإنجاز هذه المرحلة تصل إلى حوالى 5 سنوات بكلفة تصل إلى حوالى 483 مليون دولار . والوفر يقارب 5 . 1 مليون طن من زيت الوقود الثقيل على أساس المشروعات القائمة فى قطاعى الكهرباء والصناعة .

وهذا الوفر يمكن مضاعفته إذا ماأخذت فى الاعتبار كذلك المشروعات المخطط لها فى هذين القطاعين . أما الوفر السنوى فى غاز البترول المسيل فقد قدر بحوالى 33 ألف طن مترى والقيمة الإجمالية لهذه الوفورات تصل إلى حوالى 326 مليون دولار والجدول رقم (3) يلخص برنامج غاز المدن بما فى ذلك تكاليفه ومنافعه .

إستبدال الكهرباء بالطاقة الشمسية فى مجال تسخين مياه الإستعمال المنزلية :

يعتبر القطاع المنزلى مستهلكا أساسيا للطاقة الكهربائية محليا خاصة فى مجال تسخين مياه الإستعمال ، ففى هذا المجال يتراوح عدد سخانات المياه الكهربائية ، من ذوى القدرة المركبة 2 . 1 كيلوواط ، من واحدة فى البيت القياسى إلى خمسة فى بعض المنازل الكبيرة . وبتقدير متوسط إستهلاك حوالى 2,500 كيلوواط ساعة من الطاقة الكهربائية لكل سخانة فى السنة ، يوجد بان الكمية الإجمالية لحوالى المليون مسكن المتوقع توفرها بحلول سنة 2000 م . ، تتجاوز كمية الكهرباء المنتجة من محطة ذات قدرة مركبة تعادل 1,000 ميجاواط [8]

بمثل هذا الطلب على الكهرباء ، ونظرا إلى توفر الإشعاع الشمسى محليا ، حيث يصل المتوسط السنوى للإشعاع الكلى على السطح الأفقى 6 كيلوواط للمتر المربع يوميا [9] ، يبدو من المناسب جدا إستبدال الكهرباء بالطاقة الشمسية لتسخين مياه الإستعمال المنزلية ، وقد أفادت الخبرة العملية بجدوى إستغلال الطاقة الشمسية لتسخين الماء فى معظم بقاع العالم تقريباً . ففى الجماهيرية ، مثلا ، بدأت جهود متواضعة بتركيب حوالى 3,000 سخانة مياه إستعمال منزلية بالطاقة الشمسية البعض منها لازال فى حالة تشغيل جيده منذ تركيبها من إحدى عشرة سنة مضت [10] .

لذا أستهدف فى هذا البرنامج المقترح تغطية الإحتياج الطاقوى لتسخين مياه الإستعمال فى نصف البيوت المتوقع توفرها بحول سنة 2010م . أما النصف الأخر فقد خطط إمداده بالغاز الطبيعى كما ذكر فى البنود

جدول رقم (3)

الكلفة التقديرية لمشروع غاز المدن بما فى ذلك التوسع فى المنظومة القائمة لنقل الغاز الطبيعى

المرحلة	مدة إنجاز المرحلة	الكلفة التقديرية للمرحلة	الوفر فى المنتجات النفطية (ألف طن فى السنة)		قيمة المنتجات الموفرة
	(بالسنوات)	(مليون دولار)	زيت وقود ثقيل	غاز بترول مسيل	(مليون دولار)
المرحلة الأولى : ـ منظومة توزيع الغاز فى مدن سرت ومصراتة وزليطن والخمس	2	22	53	18	8
المرحلة الثانية : ـ خط نقل الغاز الخمس ـ بوكماش وخط نقل الغاز البريقة بنغازى	5	345	4,775	0	504
المرحلة الثالثة : ـ منظومة توزيع الغاز فى مدن بنغازى واجدابيا والبريقة وطرابلس والزاوية وزوارة	5	414	362	121	56
المرحلة الرابعة : ـ خط نقل الغاز بنغازى طبرق ومنظومة توزيع الغاز فى مدن المرج والبيضاء ودرنة وطبرق	5	483	3,045	33	326
الإجمالى		1,294	8,235	172	894

السابقة . وقد تم التركيز فى التخطيط لإنجاز الأخير على المدن الشمالية حيث توجد أنابيب الغاز الطبيعى أو مخطط لمدها مستقبلا . وبذلك تستهدف الخطة الشاملة قيام البديلين بتغطية كافة الإحتياج الطاقوى لتسخين مياه الإستعمال المنزلية بحلول سنة 2010م هذا بالإضافة إلى تغطية الإحتياج الطاقوى للطهى لجزء أو أكثر من نصف المنازل عن طريق مدها بالغاز الطبيعى .

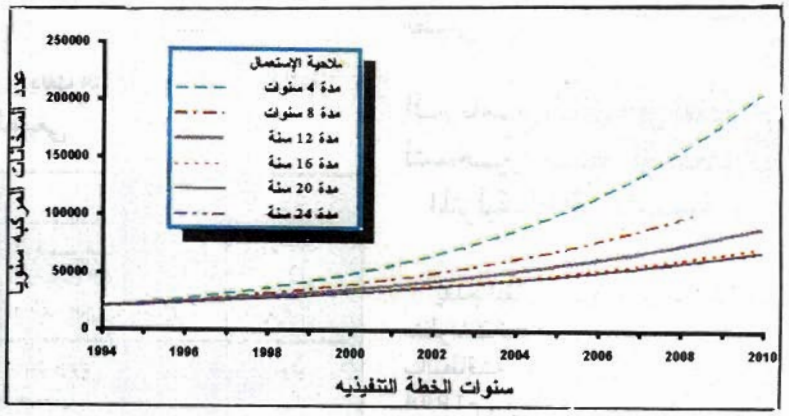
البرنامج التنفيذى المقترح لتسخين مياه الإستعمال المنزلية بالطاقة الشمسية ؛

يقدم المقترح خطة طموحة لتركيب منظومات تسخين مياه الإستعمال المنزلية بالطاقة الشمسية إبتداء من سنة 1994م . وبتركيب عدد مبدئى حوالى 20,000 وحده سنويا يتزايد بمعدل يعتمد على المدة المتوقعة لبقائها صالحة للإستعمال وصولا إلى عدد إجمالى فى حالة تشغيل حوالى 675,000 وحده بحلول سنة 2010م . ويبين الشكل رقم (4) نتائج التحليل لهذه الخطة وذلك لستة مدد من صلاحية الإستعمال ؛ 4 و 8 و 12 و 16 و 20 و 24 . وتفيد الخبرة المحلية بأن تبقى المنظومة المصممة والمصانة بشكل جيد لمدة تتجاوز الاثنتى عشرة سنة

هذا ونظرا لإنخفاض جودة المياه فى بعض المناطق ، وخاصة فى الشمال ، فيجب أخذ الحيطة فى إختيار مواصفات التصميم الملائمة لمقاومة الآثار السلبية الناتجة عن الأملاح المذابة فى الماء . وقد أخذت هذه الجوانب فى الإعتبار عند تركيب حوالى 2,000 وحدة بمدينة البريقة ، حيث تم إختيار منظومات السريان الجبرى ذات الدوائر المغلقة لتخفيض الصدأ وترسبات الأملاح فى أنابيب المنظومات . كما يجب الحرص أيضا فى التأكد من أن مواد اللدائن المستعملة كأغطية أو كأنابيب يمكنها مقاومة آثار الأشعة فوق البنفسجية مع مطابقتها للمعايير الصحية .

الجوانب الإقتصادية

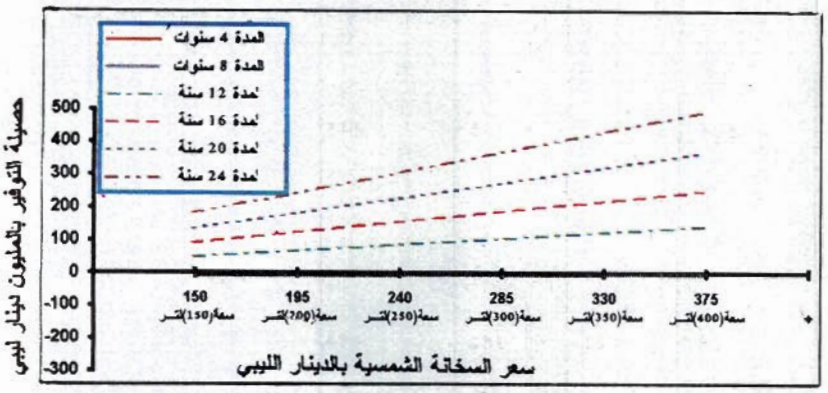
لاشك أن أى تحليل إقتصادى يعتمد



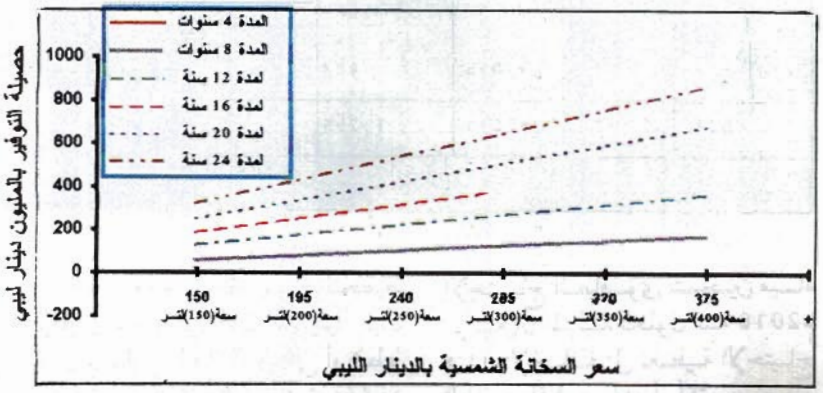
الشكل رقم (4) عدد السخانات المركبة سنويا خلال الخطة التنفيذية

إلى حد كبير على معدلات عوامل الإدخال المستعمله . وقد استخدمت فى هذا البند طريقتان يتوقع بأنهما يصلحان بتزويد مؤشرات عن الجدوى الإقتصادية من تركيب وحدات تسخين مياه الإستعمال المنزلية بالطاقة الشمسية . وتعتبر الطريقة الأولى تقريبية حيث تركز على إستبدال الوقود النفطى بإستعمال منظومات شمسية لتسخين ماء الإستعمال ، تتراوح كميته من 150 لتر إلى 400 لتر يوميا ، إلى درجة حراره 40 درجة مئوية أعلى من درجة حرارة المصدر وذلك فى نصف المنازل بحلول سنة 2010م وتمثل كمية الوقود المستبدل الطاقة الضرورية لتوليد الكهرباء لتغطية الإحتياج الطاقوى لتسخين هذا الماء .

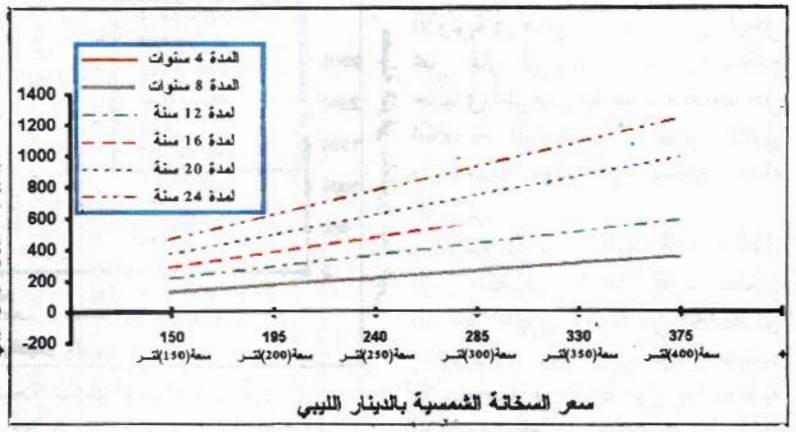
وقد أفترض لهذا الغرض ، وبناء على المدة الطويلة لسطوع الشمس التى تصل إلى حوالى 3,500 ساعة سنويا فى معظم المناطق ، أن مساهمة الطاقة الشمسية تصل إلى 85٪ فى كل البلاد [11] . ويؤكد هذا الرقم نتائج طريقتى مخطط F- (F- Chart) والإستفادية (utilizability) المستعملتين عادة فى تحديد مساهمة منظومات الطاقة الشمسية فى تلبية الإحتياج الطاقوى لمثل هذا التطبيق . كما أفترض ، بناء على المعلومات المتوفرة محليا والتى أمكن الحصول عليها من زيارة بعض المحطات ، بأن كفاءة التحويل الشاملة لمحطات الكهرباء وكفاءة شبكات التوزيع هما ؛ 27٪ و85٪ على الترتيب ، هذا بالإضافة إلى إعتبار أن البرميل من الوقود الثقيل المستعمل فى توليد الكهرباء يحتوى على 6 جيجا جول من الطاقة الحرارية . وبذلك تسنى إيجاد ما يمكن توفيره من نفط نتيجة إستخدام السخانات الشمسية فى تسخين مياه الإستعمال المنزلية بدلا من الكهرباء . ومن ثم المبالغ الهائلة الناجمة عن هذا التوفير لستة أسعار تتراوح من 3 إلى 10.5 دينارات ليبيات للبرميل كما يمكن إستضاحه من الأشكال 5 (أ) إلى 5 (و) .



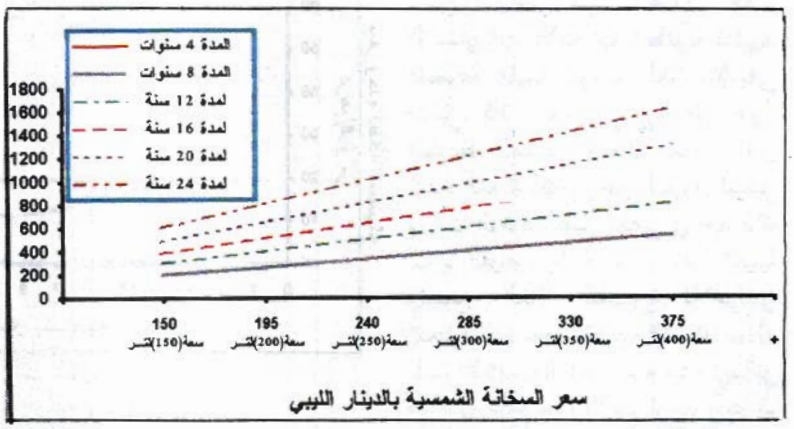
الشكل رقم 5 (أ) حصيلة التوفير نتيجة استخدام سخانات المياه الشمسية (بالمليون دينار ليبى) سعر النفط 3 دينار ليبى للبرميل



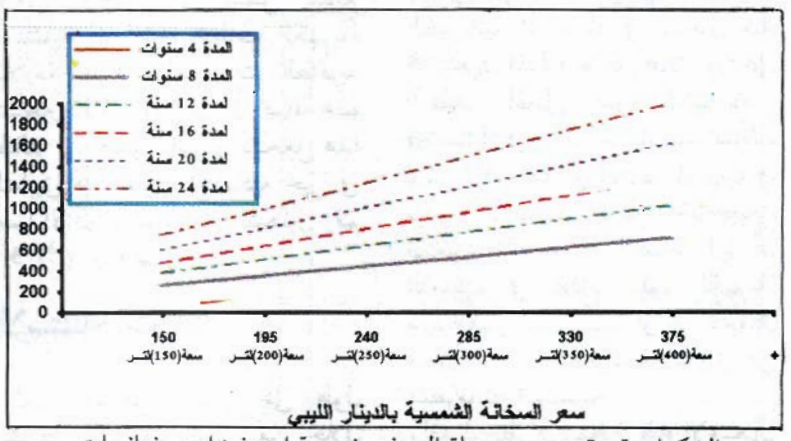
الشكل رقم 5 (ب) حصيلة التوفير نتيجة استخدام سخانات المياه الشمسية (بالمليون دينار ليبى) سعر النفط 5 . 4 دينار ليبى للبرميل



الشكل رقم 5 (ج) حصيلة التوفير نتيجة استخدام سخانات المياه الشمسية (بالمليون دينار ليبى) سعر النفط 6 دينار ليبى للبرميل



الشكل رقم 5 (د) حصيلة التوفير نتيجة استخدام سخانات المياه الشمسية (بالمليون دينار ليبى) سعر النفط 5 . 7 دينار ليبى للبرميل

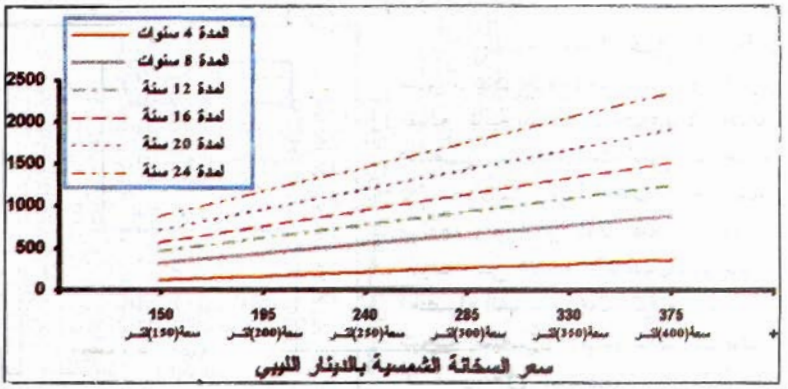


الشكل رقم 5 (هـ) حصيلة التوفير نتيجة استخدام سخانات المياه الشمسية (بالمليون دينار ليبى)سعر النفط 9 دينار ليبى للبرميل

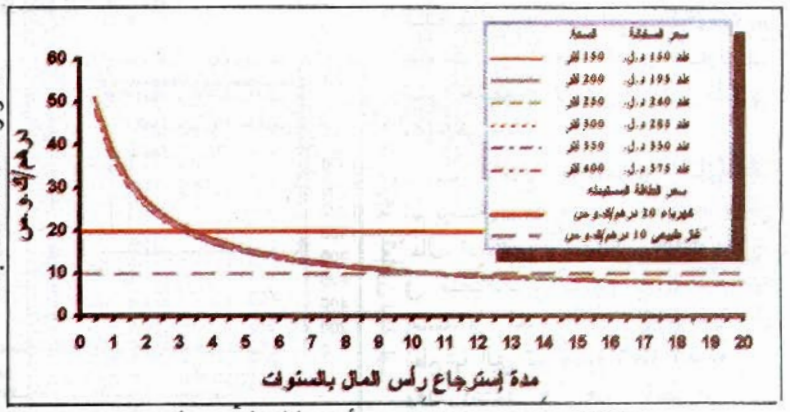
وبإستقصاء نتائج التحليل يبدو جليا مدى ما يمكن توفيره من نفط ، وبالتالى المبالغ المالية المناظرة ، خاصة فى حالة إستعمال منظومات تبقى صالحة للإستعمال لمدة طويلة وعند أسعار نفط مرتفعة . والجدير بالملاحظة أن النتائج المبينة على هذه الأشكال توضح الحصيلة النهائية لما يمكن توفيره من مال نتيجة إستعمال منظومات الطاقة الشمسية فى تسخين الماء بدلا من الكهرباء . وهى بذلك تشير إلى جدوى هذا التطبيق حتى عند تدنى أسعار النفط طالما أن المنظومات الشمسية تتجاوز مدة بقائها صالحة للإستعمال الأربع سنوات . وهذه مدة قصيرة مقارنة بما تسنى تحقيقة عمليا على المستوى المحلى وفى الخارج .

أما التحليل الإقتصادى الثانى فقد تم بإستعمال طريقة مدة إسترجاع رأس المال المستثمر (Pay–Back.. period) فى منظومات تسخين المياه الشمسية إستبدالا للسخانات الكهربائية أو نظيرتها التى تستخدم الغاز الطبيعى . وقد أعتمد فى هذه الطريقة على الأسعار المحلية المدعمة لوحدات الطاقة المستبدلة أى 20 درهماً للكيلوواط ساعة بالنسبة للكهرباء وحوالى 10 دراهم للكيلوواط ساعة بالنسبة للغاز الطبيعى . كما أفترضت معدلات متواضعة لكل من ؛ سعر الفائدة عند 5 . 5٪ ، والتضخم فى أسعار الطاقة عند 3٪ ، والتضخم فى أسعار التجهيزات عند 4٪ ، والصيانة والمصاريف السنوية عند 5 . 5٪ من سعر التكلفة .

ويبين الشكل رقم (6) نتائج هذا التحليل حيث يبدو جليا مدى جدوى هذا التطبيق خاصة بالنسبة للأسعار المرتفعة لوحدة الطاقة المستبدلة . فيلاحظ مثلا ؛ بأن مدة إسترجاع رأس المال عند إستبدال الطاقة الكهربائية لاتزيد عن حوالى أربع



الشكل رقم 5 (و) حصيلة التوفير نتيجة استخدام سخانات المياه الشمسية (بالمليون دينار ليبى) سعر النفط 5 . 10 دينار ليبى للبرميل



الشكل رقم 6 مدة استرجاع رأس المال المستثمر فى تسخين مياه الاستعمال المنزلية بالطاقة الشمسية

سنوات وهى مدة قصيرة فى عمر منظومات السخانات الشمسية التى أفادت الخبرة العملية المحلية عنها بأنها تتجاوز الاحدى عشرة سنة . كما يلاحظ ايضا بأنها لاتزيد عن حوالى إحدى عشرة سنة عند إستبدال الغاز الطبيعى ، وهو مايؤكد جدوى هذا التطبيق . ورغم الإتفاق النسبى بين نتائج طريقتى التحليل إلا أنه قد يتساءل المرء عن بعض التناقض الواضح فيما يتعلق بمدة صلاحية الإستعمال ، حيث أفادت النتائج الأولى بعدم جدوى التطبيق فى حالة الاسعار المتدنية للنفط وانخفاض مدة صلاحية استعمال المنظومة . وردا على هذا التساؤل يجب ملاحظة أن الطريقة الاولى للتحليل لا تشمل المبالغ المستثمرة فى انشاء محطات الكهرباء اللازمة لتلبية الاحتياجات الطاقوية لتسخين الماء . ولاشك أن اضافة هذه المبالغ الى حصيلة التوفير ستجعل هذا التطبيق ذا جدوى اقتصادية حتى فى أسوأ الاحوال المبينة على الشكلين رقم (5 /أ) و (ب)

الاستنتاجات :

ـ الغاز الطبيعى المتوفر على طول الشريط الساحلى الليبى من خلال المنظومة القائمة لنقل الغاز تعطى له الاولوية فى دخول القطاع المنزلى ليحل محل غاز البترول المسيل والمستخدم حاليا فى أغراض الطبخ ، وكذلك محل الكهرباء المولدة بزيت الوقود الثقيل والمستعملة حاليا فى تسخين المياه بالمنازل .

ـ التوسع فى مد المنظومة القائمة لنقل الغاز الطبيعى شرقا وغربا لتغطى الساحل الليبى بأكمله من الحدود الى الحدود ، يعتبر برنامجا مجديا للاستعاضة عن النفط فإلى جانب تلبية احتياجات قطاعى الكهرباء والصناعة فانه يمكن كذلك من سد حاجة القطاع المنزلى .

ـ على الرغم من ارتفاع حجم الاستثمارات الابتدائية المطلوبة لتشييد المنظومة الليبية لتوزيع الغاز الطبيعى داخل 15 مدينة كبيرة على طول الشريط الساحلى ، فان الدعم الذى توفره الدولة لمنتجى غاز البترول المسيل وزيت الوقود الثقيل يكفى فى حد ذاته لتبرير القيام ببرنامج تغويز المدن الليبية وتسعير الغاز الطبيعى للاغراض المحلية عند سعر يقارب 0 . 25 دولار للمتر المكعب الواحد يلزم تبنيه ليمكن من استرجاع هذه الاستثمارات وليدعم التشغيل الآمن لمنظومة توزيع الغاز وصيانتها .

ـ يبدو جليا بأن استهلاك السخانات الكهربائية المستعملة فى تسخين مياه الاستعمال المنزلية يشكل حملا كبيرا على الطلب المحلى على الكهرباء . فالاستثمار فى منظومات شمسية مناظرة يمكن توفيره مقابل الوقود المطلوب فى توليد الكهرباء لتلبية احتياجات تسخين الماء هذا بالاضافة الى أن الاستثمار فى قطاع توليد الكهرباء سينخفض نسبيا كلما ازداد استبدال سخانات المياه الكهربائية بنظيراتها من المنظومات الشمسية .

ـ لقد لوحظ أن تسخين مياه الاستعمال المنزلية بالطاقة الشمسية يحظى بجدوى

اقتصادية . فمدة استرجاع رأس المال المستثمر فى هذه المنظومات لاتتجاوز المدة المتوقعة لبقائها صالحة للاستعمال حتى فى حالة استبدال طاقة رخيصة مثل الغاز الطبيعى . فمدة استرجاع رأس المال فى الحالة الاخيرة لاتتجاوز الاحدى عشرة سنة وهى مدة متوقعة لبقاء منظومة ذات تصميم جيد صالحة للاستعمال طالما نالت الصيانة اللازمة .

المراجع

1· WEC, Conservation Commission , "Report by the Oil Substitution Task Force," Oil substitution, World Outlook to 2020, Graham Trotman London 1983

2. Ben - Omran A· M·, and S· Boa, The use of Computers for Gas Transmission along Brega Misurata Elkhoms Gas Pipeline, Symposium on the Use of Computers for Gas Transmission and Distribution System Budapest, 1990

3 . المهندس على الميلودى عمورة « حصر وتقييم الاحتياجات الاسكانية حتى عام 2000م » مجلة الهندسى العدد 14 ـ 1989م طرابلس ليبيا

4 . د صالح محمد أبو غريس « إمكانية مساهمة الطاقة الشمسية فى سد إحتياجات القطاع المنزلى من الطاقة » اللجنة الوطنية للطاقة طرابلس 1985م »

5. Burq, Daniel , "Loal Distribution Systems : Construction, Capital Cost, and Operating Cost, The Economics of Natural Gas Development Financial Times Conference and Jensen Assoiates Inc., Venice 21 22 June 1982

6 . McCray, Arthur W. "Petroleum Evaluations and Economic Decisions ,Prentice Hall, Inc .New Jersey 1975

7 . شركة البريقة لتسويق النفط إتصال شخصى

8 . د . صالح محمد أبوغريس « مشروع برنامج التطبيقات الموسعة لتقنيات الطاقة الشمسية » المجلة الليبية للطاقة السنة الأولى العدد ،الاول ، 1984

9 . Abughres S .A Monthly Average Daily Insolation for Horizontal and Inclined Surfaces Solar & Wind Technoloy Vol .2 NO .,2, 1985

10 . د. صالح محمد أبوغريس ، والحاجى مصطفى كربشمان ، ومحمود عبدالرحمن تسخين المياه المنزلية بالطاقة الشمسية خبرة التشغيل و الجدوى الاقتصادية « المجلة الليبية للطاقة ، السنة الاولى ، العدد الاول ، 1984م

11 . د. صالح « بوغريس « الآثار البيئية لإستخدامات الطاقات المتجددة فى الجماهيرية الليبية العظمى » الاجتماع الرابع للجنة العربية الدائمة للطاقات المتجددة ، المنظمة ، العربية للتربية والثقافة والعلوم ، ادارة العلوم ، تونس 1ـ3/7/1991م منشور أيضا فى المجلة العربية للعلوم ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، العدد 19 ، السنة العاشرة ، 1992م ■

ملخص :

مع اكتشاف النفط فى ليبيا ومنذ حوالى جيل مضى فان مستوى الحياة معبراً عنه بالاستهلاك الطاقوى للفرد الواحد قد تحسن بدرجة كبيرة ففى القطاع المنزلى حلت المبانى الحديثة محل المنازل التقليدية واستعملت مواقد الغاز والكهرباء بدلا من مواقد الحطب ، كما تم تركيب السخانات الكهربائية فى كل بيت ، اضافة الى ذلك استخدمت الاجهزة المنزلية كالغسالات والمجمدات والمكانس الكهربية وغيرها على نطاق واسع وحتى فى المناطق الريفية ، ونتيجة لذلك فان الطلب على الكهرباء فى القطاع المنزلى ارتفع الى حوالى 50 بالمائة من الاجمالى ولايزال يتزايد بنسبة عالية .

وخلال العقد الاخير فقط فان الطلب فى هذا القطاع قد تضاعف وهذا بالتالى يضاعف من استهلاك النفط المصدر الرئيسى للوقود المستخدم فى توليد الكهرباء ويشكل استهلاك السخانات الكهربائية للمياه ما لايقل عن 25 بالمائة من الطلب النهائى على الكهرباء ولذا تتوفر امكانية لصالح استخدام بدائل أخرى من بينها الغاز الطبيعى والطاقة الشمسية كمصدرين طاقويين يؤمل عليهما بدرجة كبيرة .

تستعرض الورقة نتائج تحليل الاستعاضة عن النفط بالغاز الطبيعى والطاقة الشمسية فى توفير جزء كبير من الطلب على الطاقة فى القطاع المنزلى وتشير النتائج الى أن استخدام الغاز الطبيعى فى تسخين المياه وفى الطبخ ينافس بشدة الكهرباء ويتوقع أن يحل بنهاية هذا القرن محل مايقارب من 0.45 مليون طن من النفط المكافىء فى السنة فى صورة زيت وقود ثقيل وغاز بترول مسيل وذلك اذا ما تم استخدامه فى نصف المنازل لتسخين المياه وفى جميعها بالكامل للطبخ .

كما تشير التحليلات الى أن الاستخدام المفيد للطاقة الشمسية فى تلبية الطلب على الطاقة بواسطة تسخين المياه فى المنازل ينافس كذلك الكهرباء وأخذا فى الاعتبار الاسعار المحلية لبيع الكهرباء فان منظومة تسخين المياه بالطاقة الشمسية بامكانها استرداد كلفتها فى أقل من 6 سنوات الا أنه عند مقارنة الغاز الطبيعى بالطاقة الشمسية فان الاقتصاديات تبدو فى صالح الغاز الطبيعى الا اذا كان عمر الاستفادة من منظومة تسخين المياه بالطاقة الشمسية يتجاوز الاثنى عشرة سنة ، ومثل هذه الفترة الزمنية فى ظل الخبرة المحلية يمكن تبريرها بالنسبة لمنظومة مصممة تصميما جيدا وكذلك تحت صيانة مبرمجة بالاضافة الى أن الطبيعة الناضبة للغاز تشجع استخدام الطاقة الشمسية خاصة عندما تكون ظروف تركيب منظومة الطاقة الشمسية أكثر ملاءمة كما أنه يمكن تحاشى الاستثمارات الاضافية فى شبكات التوزيع ومحطات الكبس التى يحتاجها الغاز الطبيعى .