

## تكيف الهواء بالطاقة الشمسية

إعداد

مهندس/ محمد عفيفي  
مدير المشروع

مهندس/ حسن الجبالي  
استشاري المشروع

الجمعية المصرية للطاقة والبيئة

بتاريخ ٢٠٠٩/٦/١٦ عقدت جمعية المهندسين الميكانيكيين ندوة تحت رعاية السيد المهندس / ماجد جورج وزير الدولة لشئون البيئة كان موضوعها التبريد الشمسي ورأس الندوة السيد المهندس/ محمد عبد الوهاب رئيس الجمعية وقام الدكتور هشام العجاوي مقرر وحدة الطاقة بوزارة الدولة لشئون البيئة وممثلاً للسيد المهندس ماجد جورج وزير البيئة بإلقاء الضوء علي المشروع وجدواه الفنية والاقتصادية كما قام السيد المهندس / حسن الجبالي استشاري المشروع بالتعريف بالمشروع وأهدافه. وقد شارك في الندوة حوالي ١٠٠ مهندس يمثلون الشركات والهيئات المهتمة بتطبيقات الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر.



شكل (٢) : السادة المتحدثون في الندوة

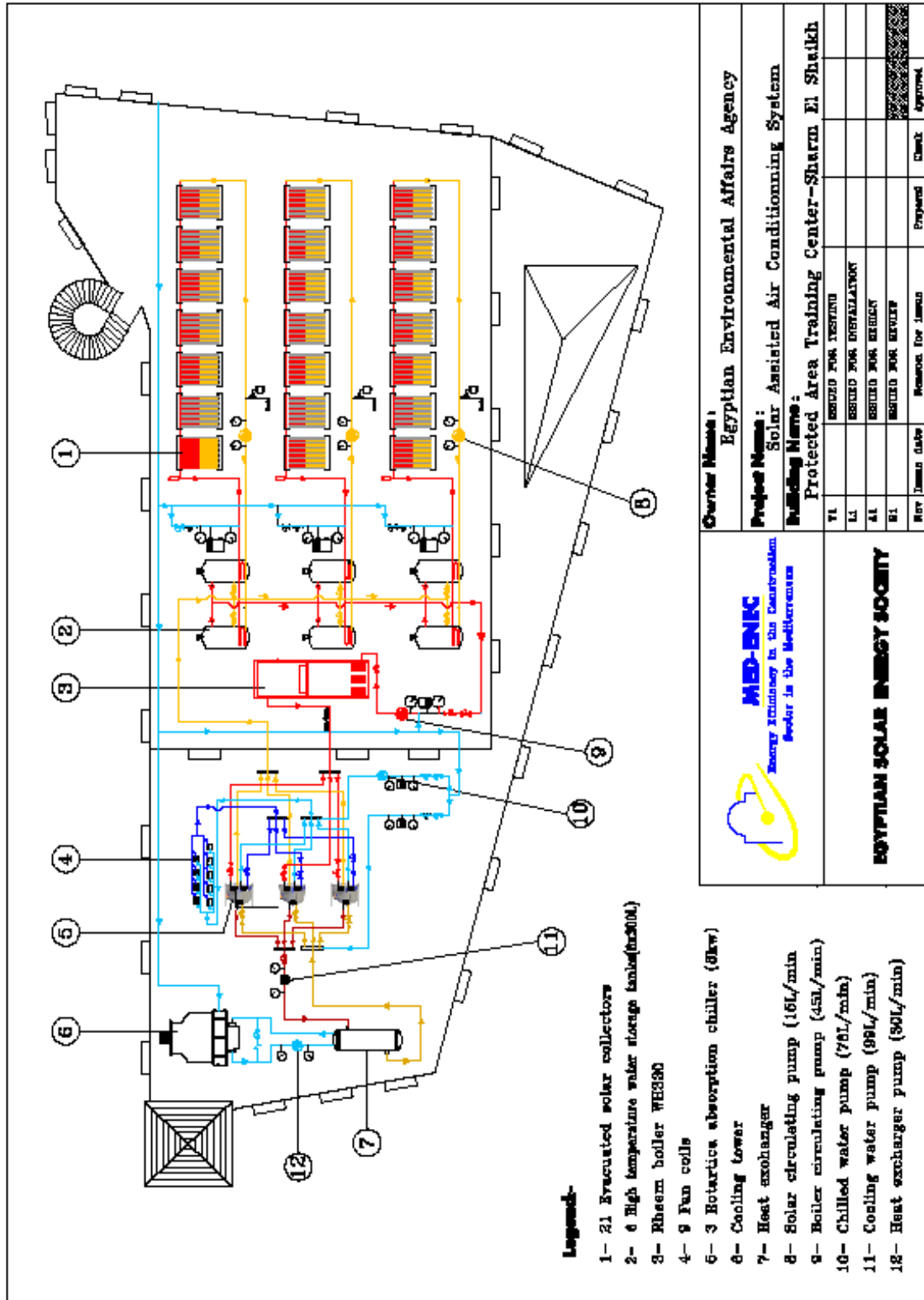


شكل (١) : جانب من الحضور في ندوة  
جمعية المهندسين الميكانيكيين

يهتم المشروع بخفض استهلاك الطاقة في المباني السكنية والإدارية وتم تمويله من قبل الاتحاد الأوروبي ووزارة الدولة لشئون البيئة . ويهدف المشروع إلي تحويل مبني المركز التدريبي للمحميات الطبيعية بمدينة شرم الشيخ والمكون من طابقين إلي مبني موفر للطاقة، كما يركز علي استخدام الطاقة الشمسية من أجل تحقيق الارتياح الحراري للإنسان داخل المبني لتفادي أو تقليل الحاجة إلي استخدام أجهزة ميكانيكية لتزويد المبني بالطاقة اللازمة .  
وفيما يلي نستعرض البيانات الفنية التفصيلية لدائرة التسخين الشمسي ودائرة التبريد الامتصاصي ونظام العزل الحراري :

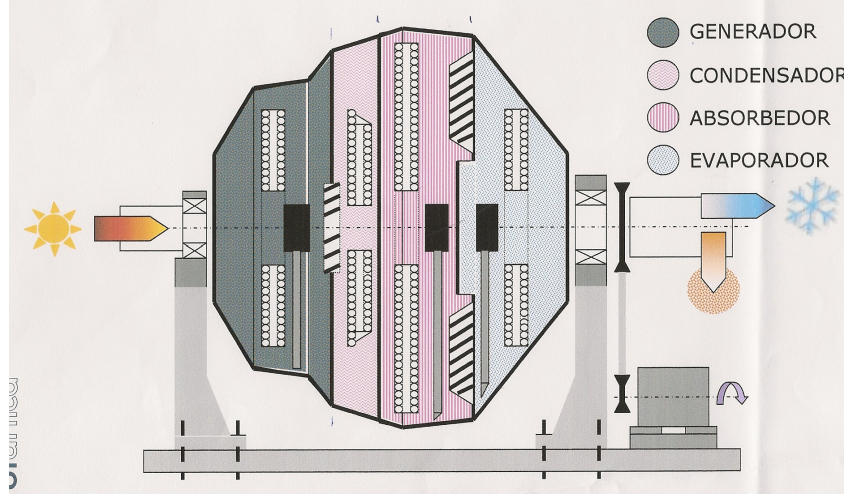
**أ- مكونات دائرة التسخين الشمسي**

- تم إجراء مناقصه محلية لتوريد مكونات النظام من الخارج حيث تم اختيار شركة Rotartica الأسبانية لتوريد أجهزة تكييف الهواء ، وشركة Sunrise الصينية لتوريد المراكز الشمسية المفرغة الهواء .
- تتكون دائرة التسخين الشمسي من ٣ مصفوفات (arrays) تم تركيبها وتوزيعها فوق سطح المبني و تحتوي كل مصفوفة علي الأجزاء التالية:-
- ٧ مركبات شمسيه (evacuated tube solar collectors) ، يتكون كل مركز شمسي من عدد ٣٠ ماسورة مفرغة من الهواء وأبعاده  $٢٠٢٠ \times ٢٦٥ \times ١٥٥$  مم وتبلغ مساحة كل مركز شمسي ٣,٩٣ متر مربع .
- ٢ خزان حراري سعة ٣٠٠ لتر، الجدار الداخلي للخزان مصنع من الاستنلس ستيل ٣١٦ سمك ١,٢ ملليمتر والجدار الخارجي من الصاج المجلفن سمك ٠,٥ ملليمتر ويوجد داخل الخزان مبادل حراري من الاستنلس ستيل ، وقضيب أنود من الماغنسيوم ولا توجد داخل الخزان شمعة تسخين كهربوي .
- عدد ١ ظلمبة تقلاب الوسط الناقل للحرارة (مياه) قدرة ٤٥ وات يتم تشغيلها بواسطة جهاز تحكم تفاضلي مكون من ثرموستات و عدد ٢ حساس حراري (thermocouple) حيث تم تركيب الحساس الحراري الأول عند مخرج مصفوفة المراكز الشمسية والحساس الثاني في الثلث الأسفل من الخزان الحراري
- عدد ١ صمام سلونيد لتزويد كل مصفوفة من المجمعات والخزانات ودوائر التسخين والتبريد بالمياه عند انخفاض ضغط المياه داخلها .
- عدد ١ محبس اتزان هيدروليكي عند مدخل كل خزان حراري للتحكم في معدل سريان المياه من والي الخزان .
- غلاية مياه ماركة ريم (Raypak wh330) سعة ٢٧٤,٠٠٠ وحدة بريطانية/ ساعة وتعمل كمصدر احتياطي للمراكز الشمسية وذلك في الفترات التي لا تسطع فيها الشمس بدرجة كافية .
- ظلمبة تقلاب مياه جراندفوس (CR3-3) بين وحدات تكييف الهواء والخزانات الحرارية قدرة ٢١٠ وات .
- المساحة الإجمالية للمراكز الشمسية ٨٢ متر مربع تكفي لرفع درجة حرارة المياه داخل الخزانات الحرارية الي ١٠٠ م° صيفا و ٨٥ م° شتاءا .



شكل (٣): رسم تخطيطي لدوائر التسخين والتبريد لنظام تكييف الهواء الشمسي

## ب - مكونات دائرة التبريد



شكل (٤): الأجزاء المختلفة لوحدة تكييف الهواء

وحدة تكييف الهواء تعمل بنظرية التبريد الامتصاصي ذات التأثير الأحادي (single effect) حيث تستخدم محلول مكون من الليثيوم بروميد والمياه والتي تستخدم كسائل للتبريد وتتكون الوحدة من المولد الحراري، المكثف، الماص والمبخر كما هو موضح بالشكل (٤)، والجدول التالي يوضح المواصفات الفنية لوحدة التكييف

جدول (١) : المواصفات الفنية لوحدة تكييف الهواء ماركة ROTARTICA سعة ٨ كيلوات تبريدي

القيمة	البيان	الدائرة
١٢	كمية الحرارة الداخلة الي وحدة التكييف عند ٩٦ م° (ك.وات)	دائرة التسخين الشمسي
١,٢	معدل سريان المياه (م/٣ ساعة)	(المركزات الشمسية - وحدة التكييف)
٠,٣٦	الفقد في ضغط المياه (بار)	
٨	القدرة (ك.وات)	دائرة المياه المتلجة ( وحدة التكييف - وحدة الملف والمروحة)
١,٥٦	معدل سريان المياه (م/٣ ساعة)	
٠,٥٢	الفقد في ضغط المياه (بار)	
٢٠	القدرة (ك.وات)	دائرة ( وحدة التكييف - المبادل الحراري)
١,٥٦	معدل سريان المياه (م/٣ ساعة)	
١,١٢	الفقد في ضغط المياه (بار)	
٢٠	القدرة (ك.وات)	دائرة ( المبادل الحراري- برج التبريد)
١,٥٦	معدل سريان المياه (م/٣ ساعة)	
١,١٢	الفقد في ضغط المياه (بار)	
٠,٤	موتور دوران وحدة التكييف	استهلاك الكهرباء (ك.وات)
٠,٢٥	موتور دوران ريش برج التبريد	
٠,٢١	ظلمبة دائرة التسخين الشمسي (CR3-3)	
٠,٣٤٥	ظلمبة دائرة المياه المتلجة (CR5-3)	
٠,٦٤٣	ظلمبة وحدة التكييف - المبادل (CR5-5)	
٠,٤٩	ظلمبة المبادل- برج التبريد (CR5-4)	
٠,١٣٥	عدد ٣ ظلمبة تقليب مصفوفة المركزات (٤٥×٣ وات)	
٠,١٢٠	ظلمبة رفع المياه الي سطح المبني	
٠,٣٠٠	عدد ٨ وحدة ملف ومروحة (٣٧,٥×٨)	

ج - تشغيل النظام

- المياه هي الوسط الناقل للحرارة داخل المراكز الشمسية والخزانات ووحدة التكييف وتتراوح درجة حرارتها من ٨٥ الي ٩٨ م° .
- المياه المتلجة هي الوسط التبريدي المار في وحدة الملف والمروحة داخل كل غرفة وتتراوح درجة حرارتها من ٦ الي ١٢ م° .
- صمم الحمل التبريدي لكل وحدة تكييف لتكييف هواء عدد ٤ غرف وبذلك يصبح عدد الغرف التي يتم تكييفها ٨ غرف .
- صمم نظام التكييف علي أساس العمل نهارا في أشهر الصيف لمدة ١٠ ساعات يوميا وبحيث يتم استخدام غلاية المياه التي تعمل بالغاز بعد مرور ١٠ ساعات من التشغيل المستمر للنظام .
- عند تشغيل وحدة التكييف ليلا وعدم تشغيلها نهارا فان المياه الساخنة المخزنة داخل الخزانات الحرارية تكفي لتشغيل عدد ٨ غرف لمدة ٦ ساعات يوميا بدون استخدام الغلاية .
- لضمان الاتزان الهيدروليكي لدائرة التسخين الشمسي (الخزانات والمراكز)، تم تركيب محبس اتزان هيدروليكي عند مدخل كل خزان بحيث يكون سريان المياه الساخنة الخارجة من كل خزان متساوي .
- تم تركيب عدده صمامات سلونيد عند مدخل كل دائرة لتغذيتها أوتوماتيكيا بالمياه عند انخفاض الضغط بها نتيجة البخر المستمر للمياه عند درجات الحرارة المرتفعة .
- تم تركيب مبادل حراري بين برج التبريد ووحدة التكييف للحفاظ علي ضغط المياه دائما عند ١,٥ ضغط جوي علي الأقل داخل مكثف وحدة التكييف .
- طبقا للمعايير والاشتراطات الخاصة بالمشروعات التي يمولها الاتحاد الأوروبي بشأن ضرورة توافر قطاع غيار تكفي لتشغيل جميع المكونات بصفة مستمرة لمدة ٣ سنوات وحرصا علي استمرارية المشروع ولعدم تواجد وكيل استيراد معتمد للشركة الموردة لوحدة التكييف أو الشركة الموردة للمراكز الشمسية فقد تم استيراد وحدة تكييف كاملة وعدد ٤ مراكز شمسية وعدد ٣ أنظمة تحكم تفاضلي للاستفادة منها كقطع غيار يتم استخدامها عند صيانة النظام.

د - دراسة الجدوى الاقتصاديةالافتراضات

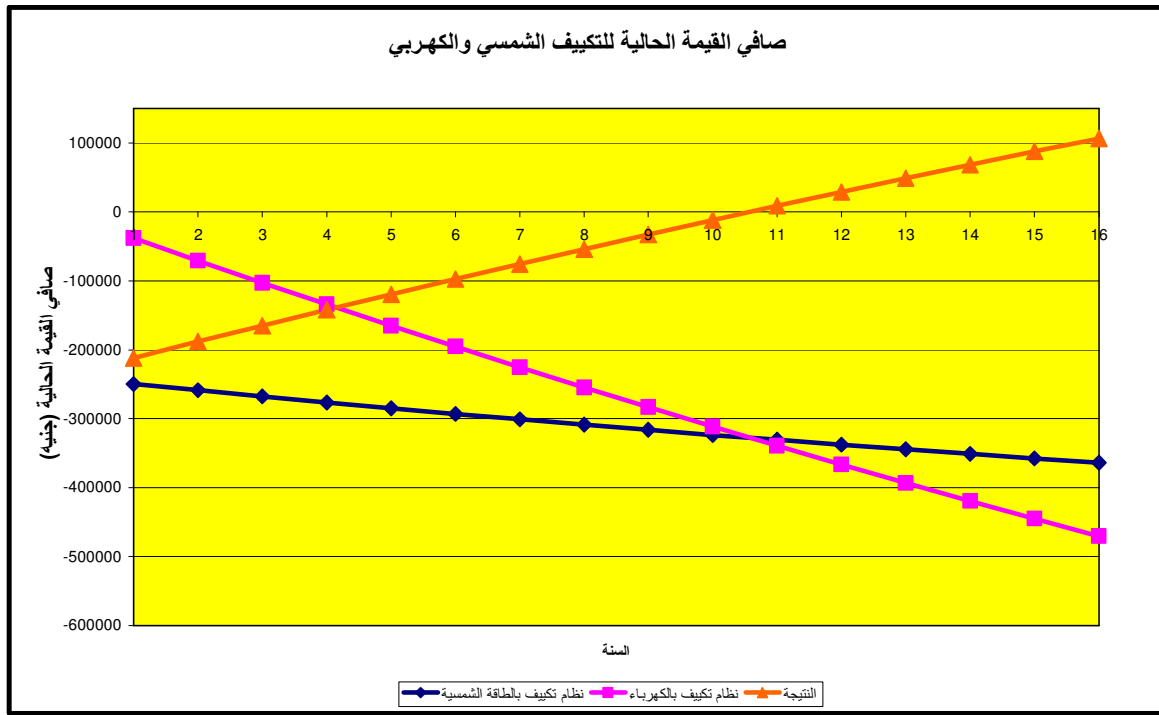
١. حيث أن سعر ك.و.س. للأفراد يتراوح بين ٥ و ٤٨ قرش فقد تم افتراض أن تكلفة استهلاك الكهرباء في هذه الدراسة هو ٤٨ قرش / ك.و.س. ، وأن سعر المتر المكعب من الغاز الطبيعي هو ٢٣ قرش
٢. العمر الافتراضي: ١٥ عام ، معدل التضخم السنوي : ٨ % ، الزيادة السنوية في أسعار الطاقة ١٠ % ، معدل العائد الداخلي ١٢ % .
٣. استبدال وإحلال عدد ٨ أجهزة تكييف كهربي قدرة ١٨٠٠٠ BTU بنظام التكييف الشمسي أدي الي خفض استهلاك الكهرباء سنويا من ٧٤٨٨٠ ك.و.س./سنه الي ١٠٤٠٤ ك.و.س./سنه.
٤. فترة التشغيل: ٣٦٠٠ ساعة سنويا .
٥. تكلفة توريد وتركيب نظام التكييف الشمسي ٢٤٩٨٠٠ جنيه وتكلفة توريد وتركيب عدد ٨ أجهزة تكييف كهربية ٣٨٠٠٠ جنيه .
٦. الاستثمار المطلوب لنظام التكييف الكهربي ٣٨٠٠٠ جنيه ولنظام التكييف الشمسي ٢٤٩٨٠٠ جنيه كما هو موضح بالجدول (٢) .

جدول (٢) : تكلفة نظام التبريد الشمسي

الإجمالي (جنيه)	سعر الوحدة (جنيه)	الكمية	البيان
٩٢٧٠٠	٤٦٣٥٠	٢	وحدة تكييف الهواء سعه ٨ كيلوات
٦٣٠٠٠	٣٠٠٠	٢١	مركز شمسي مفرغ مساحة ٣,٩٣ م
١٨٧٢٠	٣١٢٠	٦	خزان حراري سعة ٣٠٠ لتر
١٦٠٠٠	١٦٠٠٠	١	غلاية مياه
١٢٠٠٠	٣٠٠٠	٤	طللمبة
٣٧٨٠	١٢٦٠	٣	جهاز تحكم تفاضلي مزود بطللمبة تقليب
٤٥٠٠	٤٥٠٠	١	مبادل حراري
٧٠٠٠	٧٠٠٠	١	برج تبريد
١٢٨٠٠	١٦٠٠	٨	وحدة ملف ومروحة
٩٨٠٠	٧٠	١٤٠	مواشير معزولة بوصلاتها (م.طولي)
٦٠٠٠			عماله
٣٥٠٠	٧٠٠	٥	صمام سيلونيد
٢٤٩٨٠٠			الإجمالي

**النتائج**

١. فترة الاسترداد : ٨ سنوات
٢. صافي القيمة الحالية : ١٠٦٧١٤ جنيه مما يعني أن نظام التكيف الشمسي ذو جدوى اقتصادية موجبة وذلك كما هو موضح بكل من الجدول (٤) والذي يشير الي تكلفة مصروفات التشغيل السنوية لكل من النظامين وتتضمن تكلفة استهلاك الكهرباء والغاز والصيانة والتشغيل وصافي القيمة الحالية والشكل (١) الذي يوضح معدل تغير صافي القيمة الحالية خلال عمر المشروع .
٣. نقطة تقاطع منحني صافي القيمة الحالية للتكيف الشمسي والتكيف الكهربائي هي نقطة التعادل للمشروع



شكل (٥): صافي القيمة الحالية للتكيف الشمسي والكهربائي

**التوصيات**

١. نظام التكيف الشمسي ذو جدوى اقتصادية موجبة .
٢. نظرا لأن النظام يعمل عند درجة حرارة مرتفعة (٩٨°) ينتج عنها تبخر مستمر للمياه في دائرة التسخين الشمسي وما يصاحبه من انخفاض الضغط ودرجة الحرارة ومعدل السريان، لذا يجب تواجد فني كهربائي وفني مركبات شمسية أو غلايات بجانب النظام بصفة مستمرة لضمان المحافظة علي قيم تلك المتغيرات في الحدود المسموح بها ضمانا لاستمرارية التشغيل بدون توقف .

جدول (٣): مصروفات التشغيل وصافي القيمة الحالية  
لنظامي التكيف الشمسي والتكيف الكهربائي

(جنيه)																
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
1.82	1.66	1.51	1.37	1.24	1.13	1.03	0.94	0.85	0.77	0.70	0.64	0.58	0.53	0.48	سرعة. و.س من الكهرباء	
0.87	0.79	0.72	0.66	0.60	0.54	0.49	0.45	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28	0.25	0.23	سرعة المتر المكعب من الغاز	
18964	17240	15673	14248	12953	11775	10705	9732	8847	8043	7312	6647	6043	5493	4994	تكلفة استهلاك الكهرباء	
699	635	577	525	477	434	394	359	326	296	269	245	223	202	184	تكلفة استهلاك الغاز	
19663	17876	16251	14773	13430	12209	11099	10090	9173	8339	7581	6892	6265	5696	5178	تكلفة استهلاك الكهرباء والغاز	
14674	13587	12581	11649	10786	9987	9247	8562	7928	7341	6797	6294	5827	5396	4996	تكلفة الصيانة	
-34337	-31463	-28831	-26422	-24216	-22196	-20347	-18653	-17101	-15680	-14378	-13185	-12093	-11091	-10174	مصروفات التشغيل	
-113830	-107557	-101119	-94511	-87729	-80768	-73621	-66284	-58751	-51015	-43071	-34913	-26533	-17926	-9084	القيمة الحالية	
-363630	-357357	-350919	-344311	-337529	-330568	-323421	-316084	308551	300815	292871	284713	-276333	-267726	-258884	-249800	صافي القيمة الحالية
136491	124083	112803	102548	93225	84750	77046	70042	63674	57886	52623	47839	43490	39537	35942	تكلفة استهلاك الكهرباء	
1880	1741	1612	1492	1382	1279	1185	1097	1016	940	871	806	746	691	640	تكلفة الصيانة	
-138371	-125823	-114414	-104040	-94607	-86030	-78230	-71138	-64690	-58826	-53494	-48646	-44237	-40228	-36582	مصروفات التشغيل	
-432344	-407064	-381318	-355097	-328392	-301195	-273496	-245285	216554	187291	157488	127134	-96219	-64732	-32663	القيمة الحالية	
-470344	-445064	-419318	-393097	-366392	-339195	-311496	-283285	254554	225291	195488	165134	-134219	-102732	-70663	-38000	صافي القيمة الحالية
116828	106207	96552	87775	79795	72541	65946	59951	54501	49547	45042	40948	37225	33841	30764	فرق تكلفة استهلاك الكهرباء والغاز	
-12794	-11847	-10969	-10157	-9404	-8708	-8063	-7465	-6912	-6400	-5926	-5487	-5081	-4704	-4356	فرق تكلفة الصيانة	
104034	94361	85583	77618	70391	63833	57884	52486	47589	43146	39116	35460	32144	29136	26408	فرق مصروفات التشغيل	
318514	299507	280199	260586	240663	220427	199875	179001	157803	136276	114417	92222	69686	46806	23579	القيمة الحالية	
106714	87707	68399	48786	28863	8627	-11925	-32799	-53997	-75524	-97383	119578	-142114	-164994	-188221	-211800	صافي القيمة الحالية