

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

تحسين كفاءة الطاقة واستخدامات الوقود الأحفوري الأنظف  
في قطاعات مختارة في بعض بلدان الإسكوا

الجزء الأول: تحسين كفاءة الطاقة في الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة

الأمم المتحدة

Distr.  
GENERAL

E/ESCWA/SDPD/2005/1(Part I)  
16 November 2005  
ORIGINAL: ARABIC

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

## تحسين كفاءة الطاقة واستخدامات الوقود الأحفوري الأنظف في قطاعات مختارة في بعض بلدان الإسكوا

الجزء الأول: تحسين كفاءة الطاقة في الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة

الأمم المتحدة  
نيويورك، ٢٠٠٥

05-0558

## المحتويات

### الصفحة

ز	قائمة المصطلحات والمختصرات .....
١	مقدمة .....
<b>الفصل</b>	
٣	<b>أولاً- دور الطاقة في قطاع الصناعة في البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا .....</b>
٣	ألف- دور قطاع الصناعة في الاقتصاد الوطني في البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا .....
٤	باء- استهلاك الطاقة في قطاع الصناعة في بلدان الإسكوا .....
٩	جيم- معايير ومؤشرات الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة في بلدان الإسكوا .....
١٢	<b>ثانياً- صناعة الإسمنت .....</b>
١٢	ألف- إنتاج الإسمنت عالمياً في العالم وفي بلدان الإسكوا .....
١٤	باء- استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت .....
١٨	جيم- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الإسمنت .....
٢٠	دال- الآثار البيئية لصناعة الإسمنت .....
٢١	هاء- دراسات حالة عدد من شركات صناعة الإسمنت في عدد من بلدان الإسكوا .....
٢٨	واو- بدائل الوقود في صناعة الإسمنت .....
٣٢	<b>ثالثاً- صناعة الحديد والصلب .....</b>
٣٢	ألف- طرق تصنيع الحديد والصلب (الفولاذ) .....
٣٤	باء- إنتاج واستهلاك الحديد والصلب في العالم والبلدان العربية وفي بلدان الإسكوا .....
٣٥	جيم- استهلاك الطاقة في صناعة الحديد والصلب .....
٣٨	دال- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الحديد .....
٣٩	هاء- الآثار البيئية لصناعة الحديد .....
٤٠	واو- دراسات حالة لعدد من مصانع الحديد والصلب في بعض بلدان الإسكوا .....
٤٦	<b>رابعاً- صناعة الأسمدة .....</b>
٤٦	ألف- أنواع الأسمدة وطرق تصنيعها .....
٤٧	باء- إنتاج الأسمدة في العالم وفي البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا .....
٤٨	جيم- استهلاك الطاقة في صناعة الأسمدة .....
٥١	دال- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الأسمدة .....
٥١	هاء- الآثار البيئية لصناعة الأسمدة .....
٥٢	واو- دراسات حالة لعدد من شركات تصنيع الأسمدة في بلدان الإسكوا .....

## المحتويات (تابع)

### الصفحة

٥٦	..... خامسا- صناعة الزجاج
٥٦	..... ألف- إنتاج واستهلاك الزجاج
٥٧	..... باء- تصنيع الزجاج واستهلاك الطاقة في مراحل التصنيع
٥٧	..... جيم- استهلاك الطاقة في صناعة الزجاج
٥٩	..... دال- الآثار البيئية لصناعة الزجاج
٦٠	..... هاء- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الزجاج
٦١	..... واو- دراسات حالة عدد من شركات صناعة الزجاج في بعض بلدان الإسكوا
٦٥	..... سادسا- مصادر التمويل الممكنة
٦٩	..... سابعا- الخلاصة والتوصيات
٦٩	..... ألف- النتائج
٧١	..... باء- التوصيات
٧٣	..... المراجع
٧٧	..... ملخص تنفيذي

## قائمة الجداول

٤	..... ١- حصة قطاع الصناعة من الاستهلاك النهائي للطاقة والكهرباء في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢
١٠	..... ٢- الاستهلاك النوعي للطاقة لوحدة المنتج في عدد من الصناعات التحويلية
١٠	..... ٣- تقييم الصناعات التحويلية وفق أهمية المؤشرات والمعايير المقترحة
١٣	..... ٤- إنتاج واستهلاك الإسمنت في العالم وفي البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢
١٤	..... ٥- الطاقة التصميمية وإنتاج واستهلاك الكلنكر والإسمنت في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢
١٧	..... ٦- حصة استهلاك صناعة الإسمنت من الطاقة من مجموع استهلاك الطاقة الأولية في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢
٢٠	..... ٧- إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون (بالطن لكل طن إسمنت)
٢٥	..... ٨- مؤشرات استهلاك الطاقة في عدد من مصانع الإسمنت في دول الإسكوا ومقارنتها بالشركات العالمية التي تستخدم الطريقة الجافة
٢٧	..... ٩- إجابات الشركات المصنعة للإسمنت عن مدى تطبيق تقنيات ترشيد استهلاك الطاقة

## المحتويات (تابع)

### الصفحة

٢٨	١٠- عوائق ترشيد استخدام الطاقة وترتيبها حسب الأهمية .....
	١١- إنتاج الفولاذ واستهلاك منتجات الفولاذ والحديد وحصّة الفرد من هذه المنتجات في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢ .....
٣٤	١٢- متوسط معدلات استهلاك الطاقة في مراحل تصنيع الحديد .....
٣٦	١٣- الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة الحديد والصلب .....
٣٧	١٤- الإنتاج والطاقة المستهلكة لكل نوع من المنتجات في مصانع شركة الحديد والصلب المصرية ٢٠٠٣-٢٠٠٤ .....
٤١	١٥- الملوثات البيئية الناجمة عن صناعة الحديد في شركة الحديد والصلب المصرية .....
٤٢	١٦- استهلاك الطاقة في شركة الإسكندرية لصناعة الحديد .....
٤٢	١٧- الملوثات البيئية الناجمة عن صناعة الحديد في شركة الإسكندرية .....
٤٤	١٨- إجابات الشركات المصنعة عن مدى تطبيق تقنيات ترشيد استهلاك الطاقة .....
٤٥	١٩- إنتاج الأسمدة الرئيسية في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٣ .....
٤٧	٢٠- الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة بعض أنواع الأسمدة في العالم وفي بعض شركات صناعة الأسمدة في بلدان الإسكوا .....
٤٩	٢١- الاستهلاك العالمي للأسمدة: مجموع الطاقة المستهلكة في صناعة الأسمدة ومتوسط الاستهلاك النوعي لعام ٢٠٠٣ .....
٥٠	٢٢- إنتاج الأمونيا واليوريا في شركة الرويس لصناعة الأسمدة .....
٥٣	٢٣- إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة في بعض الشركات المصنعة للأسمدة في بلدان الإسكوا .....
٥٥	٢٤- متوسط استهلاك الطاقة في مراحل تصنيع الزجاج .....
٥٧	٢٥- معدلات الانبعاثات الهوائية المسموح بها في صناعة الزجاج .....
٦٠	٢٦- مؤشرات استهلاك الطاقة ونسبة تكاليف الطاقة في صناعة زجاج المستوعبات في عدد من الشركات المصنعة .....
٦٤	

## قائمة الأشكال

١٢	١- مخطط المراحل الرئيسية لإنتاج الإسمنت .....
	٢- مخطط رمزي للمراحل الأساسية في صناعة الإسمنت والمواد الأولية المستخدمة وكميات الطاقة المستهلكة فيها .....
١٥	٣- مخطط طرق تصنيع الحديد والفولاذ .....
٣٣	٤- مخطط إنتاج حديد التسليح وإنتاج الأنابيب في الشركة العامة للحديد والصلب في الجمهورية العربية السورية .....
٤٥	٥- المخطط الصندوقي لمراحل تصنيع الزجاج .....
٥٨	



## قائمة المصطلحات الفنية والمختصرات

### The English Terms

Electric Arc Furnace - EAF  
Open Heart Furnace - OHF  
Portland Cement  
Blended Cement  
Fiber Optic  
Fiber Glass  
NH3  
Potash  
Pozzolana  
Forming  
Gasification  
Fining  
Gypsum  
Limestone  
Limestone  
Sponge Iron  
Cold Rolling  
Hot Rolling  
Fly Ash  
Flat Glass  
Pressed Glass  
Tempered glass  
Blown Glass  
Oil Shale  
Hydraulic Burnt Shale  
Fluidized Bed  
Single Super Phosphate  
Triple Super Phosphate  
Continuous Casting  
Melting  
Clay  
Rotary Kiln  
Blast Furnace  
Shaft Kiln

### المصطلحات المرادفة باللغة العربية

أفران القوس الكهربائي  
أفران المواقد المفتوح  
الإسمنت البورتلاندي  
الإسمنت المخلوط  
الألياف البصرية  
الألياف الزجاجية  
الأمونيا السائلة  
البوتاس  
البوزولانا  
التشكيل  
التغويز  
التنقية  
الجص  
الحجر الجيري  
الحجر الجيري (الكلسي)  
الحديد الإسفنجي  
الدرفلة على البارد  
الدرفلة على الساخن  
الرماد المتطاير  
الزجاج المسطح  
الزجاج المضغوط  
الزجاج المقسى  
الزجاج المنفوخ  
السجيل الزيتي  
السجيل المحروق والمقسى بالماء  
السرير المائع  
السوبر فوسفات الأحادي  
السوبر فوسفات الثلاثي  
الصب المستمر  
الصهر  
الطين  
الفرن الدوار  
الفرن العالي  
الفرن المحوري

## قائمة المصطلحات الفنية والمختصرات (تابع)

The English Terms	المصطلحات المرادفة باللغة العربية
Phospho Gypsum	الفوسفو جيبسيوم
Sulphur	الكبريت
Petrocoke	الكوك البترولي
Spent Solvents	المذيبات
Wastes	النفايات
K	بوتاس
Energy Audit	تدقيق طاقي
Anealing	تلدين
Pig Iron	حديد الزهر
Cullet	حطام الزجاج
Nitrogen Acid	حمض الأزوت
Phosphoric Acid	حمض الفوسفور
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	خامس أكسيد الفوسفور
Slag	خبث
Scrap	خردة الحديد
Batch	خلطة
Soda Ash	رماد الصودا
Container Glass	زجاج المستوعبات (القوارير)
Phosphate Rock	صخور الفوسفات
Coke Oven Gas - COG	غاز الأفران الكوك
Blast Furnace Gas - BFG	غاز الفرن العالي
Coke Oven	فرن تحضير الكوك
ESP	فلتر كهربائية
Baghouses	فلتر ميكانيكية
Iron Ore	فلزات الحديد
Sintering Iron Ore	فلزات الحديد المسخنة
P	فوسفور
Ingots	كتل
Kg.o.e.	كجم.م.ن. (كيلوجرام مكافئ نפט)
Basic Oxygen Furnace - BOF	محولات الأكسجين
Pelletized Iron	مكورات الحديد
N	نتروجين
Cokers	وحدات تفحيم
Direct Reduction Unit	وحدة الاحتراق المباشر

## مقدمة

تؤدي الطاقة دورا مهما في الحياة المعاصرة وفي تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية. فهي تستخدم في جميع مجالات الحياة، وقد تطورت باستخدامها البشرية وتشكلت حضارتها. واهتمت خطط الطاقة وسياساتها الوطنية والإقليمية والعالمية بالمجالات الخمسة الأساسية، التي حددتها لجنة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة في دورتها التاسعة<sup>(\*)</sup> لمساهمة قطاع الطاقة في تحقيق التنمية المستدامة وهي: (١) تعزيز إمدادات وخدمات الطاقة؛ (٢) كفاءة الطاقة؛ (٣) تنمية استخدام مصادر الطاقة المتجددة؛ (٤) تطوير تقنيات الوقود الأحفوري المتقدمة؛ (٥) الطاقة والنقل. وأدرجت هذه المجالات في خطة جوهانسبرغ للتنفيذ<sup>(\*\*)</sup>، التي صادق عليها قادة دول العالم. وتضمنت الخطة دعوة إلى وضع برامج وطنية خلال السنوات العشر التي تلي انعقاد المؤتمر تهدف إلى الإسراع في التحول نحو توكي الاستدامة في إنتاج واستهلاك الطاقة، بدعم محلي وإقليمي.

وقد حظي قطاع الصناعة، الذي يستأثر بثالث الاستهلاك النهائي للطاقة في العالم، باهتمام خاص في برامج تحسين كفاءة استخدام الطاقة نظرا لانخفاض كفاءة العمليات الصناعية المختلفة. وحققت هذه البرامج نتائج مهمة في العديد من البلدان الصناعية، حيث انخفض الاستهلاك النوعي من الطاقة لوحدة المنتج إلى ما دون النصف مقارنة بالاستهلاك في فترة الستينات من القرن الماضي، في مختلف الصناعات. وانخفضت كمية الطاقة المستهلكة لإنتاج وحدة من الناتج المحلي الإجمالي (والتي تعرف بكثافة الطاقة) باستمرار منذ ثلاثة عقود<sup>(١)</sup>.

ويتأثر نمو القطاع الصناعي بعدة عوامل اجتماعية واقتصادية وتقنية، تتحكم إلى حد كبير بتطور هذا القطاع وبمعدل استهلاك الطاقة فيه ومنها: النمو السكاني الذي يشهد تزايدا مستمرا في البلدان النامية والذي يؤدي إلى توسع القطاع الصناعي؛ وازدياد معدل استهلاك الفرد للمنتجات الصناعية، وخاصة في البلدان النامية؛ وتحول البلدان المتقدمة إلى اقتصاد الخدمات، وانتقال العديد من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة إلى البلدان النامية؛ وتحسن كفاءة استخدام الطاقة في القطاع الصناعي في البلدان الصناعية، وفي بعض البلدان النامية؛ والتوجه نحو استخدام أنواع بديلة من مصادر الطاقة لضرورات اقتصادية وبيئية، وذلك لخفض الكلفة وزيادة القدرة التنافسية في الأسواق العالمية.

وفي ضوء ما تقدم وانسجاما مع مهام الإسكوا في دعم برامج التنمية الاقتصادية والاجتماعية في البلدان الأعضاء، وتنفيذا لتوصيات لجنة الطاقة في دورتها الرابعة، بشأن تضمين برامج عمل الإسكوا في مجال الطاقة دراسات وأنشطة لجعل استخدامات مصادر الطاقة التقليدية أكثر ملاءمة للبيئة، وكذلك تضمينها دراسات متخصصة في المجالات الكثيفة الاستهلاك للطاقة، تضمن برنامج عمل الإسكوا لفترة السنتين ٢٠٠٤-٢٠٠٥ دراسة مكونة من جزئين بعنوان "تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الوقود الأحفوري الأنظف في قطاعات مختارة في بعض دول الإسكوا"، وقد تم إصدار الجزء الثاني بعنوان "استخدامات الوقود الأحفوري الأنظف". ويتناول الجزء الأول موضوع هذه الوثيقة تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعات مختارة كثيفة الاستهلاك للطاقة، هي الإسمنت، والحديد والصلب، والأسمدة، والزجاج. ويتناول المؤشرات والعوامل التي تساهم في تحديد الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة، وتحليل الوضع الراهن لإنتاج هذه الصناعات واستهلاكها من الطاقة،

(\*)

E/2001/29

(\*\*)

(A.03.II.A.1

وإجراءات تحسين كفاءة استخدام الطاقة في كل منها والآثار البيئية الناجمة عن إنتاجها وعن استخدام الوقود الأحفوري في عمليات التصنيع، إضافة إلى استعراض عدد من دراسات الحالة عن عدد من الشركات المصنعة في بلدان الإسكوا. ويقع هذه الجزء في سبعة فصول.

يتضمن الفصل الأول عرضاً موجزاً عن دور قطاع الصناعة في الاقتصاد الوطني، واستهلاك الطاقة في الصناعات المتوفرة في بلدان الإسكوا، والعوامل والمؤشرات التي تساعد على تحديد الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة والتي استند إليها في اختيار صناعات الإسمنت والحديد والأسمدة والزجاج باعتبارها صناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة واسعة الانتشار في بلدان الإسكوا ويتزايد الطلب عليها.

ويتضمن الفصل الثاني تحليلاً للوضع الراهن لصناعة الإسمنت وإنتاجه واستهلاكه في العالم والبلدان العربية وفي بلدان الإسكوا. والاستهلاك النوعي للطاقة، وسبل تحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذه الصناعة والمتمثلة في تحسين كفاءة التصنيع، وزيادة إنتاج الإسمنت المخلوط، واستخدام مصادر الوقود البديلة، كالكوك البترولي والنفايات الصلبة والسائلة، وإمكانات استخدام السجيل الزيتي كمصدر للمادة الخام وللوقود. تضمن هذا الفصل استعراضاً للآثار البيئية الناجمة عن طحن وحرق المواد الخام واستخدام الوقود الأحفوري، بالإضافة إلى عرض عدد من دراسات الحالة عن عدد من شركات صناعة الإسمنت في بعض بلدان الإسكوا.

ويتضمن الفصل الثالث تحليلاً لواقع صناعة الحديد، وطرق تصنيعه، ومعدلات استهلاك الطاقة وفقاً لطرق التصنيع المختلفة، والآثار البيئية الناجمة عن هذه الصناعة. ويستعرض عدداً من دراسات الحالة لبعض الشركات الرئيسية المصنعة للحديد في بلدان الإسكوا.

ويتضمن الفصل الرابع عرضاً عن صناعة الأسمدة وأنواعها الرئيسية، وطرق التصنيع، ووسائل تحسين كفاءة استخدام الطاقة، والمتمثلة في زيادة كفاءة عملية التصنيع، وترشيد استخدام الأسمدة لدى المستهلك النهائي، بما في ذلك زيادة مساهمة الأسمدة العضوية.

ويتضمن الفصل الخامس عرضاً لصناعة الزجاج بأنواعه المختلفة، كزجاج المستوعبات والزجاج المسطح، واستهلاك الطاقة في مراحل التصنيع المختلفة، والإنجازات المحققة في تحسين كفاءة استخدام الطاقة في عدد من البلدان المصنعة.

ويتناول الفصل السادس مصادر التمويل الممكنة لمشاريع تحسين كفاءة استخدام الطاقة في القطاع الصناعي.

ويتضمن الفصل السابع ما خلصت إليه هذه الدراسة من نتائج وتوصيات تؤكد أهمية تحسين كفاءة استخدام الطاقة، وتخفيض الاستهلاك النوعي لوحدة المنتج، وضرورة التوجه نحو الاستفادة المثلى من مصادر الطاقة المتاحة، والعمل على استخدام مصادر الطاقة البديلة، وخاصة في صناعة الإسمنت، والتوسع في هذه الصناعات لتلبية الاحتياجات المحلية وزيادة عائدات التصدير.

## أولاً- دور الطاقة في قطاع الصناعة في البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا

### ألف- دور قطاع الصناعة في الاقتصاد الوطني في البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا

يؤدي قطاع الصناعة في البلدان العربية عموماً وفي بلدان الإسكوا خصوصاً دوراً مهماً في خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية، ويساهم، بشقيه الاستخراجي والتحويلي، في الناتج المحلي الإجمالي وفي الصادرات. ووفقاً للتقرير الاقتصادي العربي الموحد لعام ٢٠٠٤<sup>(٢)</sup>، ساهم القطاع الصناعي في البلدان العربية بنسبة ٣٩,٢ في المائة من الناتج المحلي الإجمالي وبنسبة ٤١ في المائة من هذا الناتج في بلدان الإسكوا. وبلغت نسبة مساهمة الصناعات الإستخراجية ٢٨,٣ في المائة، والصناعات التحويلية ١٠,٩ في المائة في البلدان العربية، في حين بلغت هذه المساهمة ٣٠,٢ في المائة و١٠,٨ في المائة على الترتيب في بلدان الإسكوا.

ويتسم قطاع الصناعة في البلدان العربية، ومنها بلدان الإسكوا، بخصائص متعددة منها: الاعتماد على التقنيات المستوردة من الخارج؛ واستخدام الوقود الأحفوري وخاصة الغاز الطبيعي والديزل وزيت الوقود الثقيل كمصدر للطاقة في عمليات التصنيع، مع اتجاه واضح للتحويل إلى استخدام الغاز الطبيعي في عدد من الصناعات الرئيسية؛ وعدم توفر الرأسمال اللازم لعمليات التطوير وارتفاع كلفة الطاقة لدى البلدان غير المنتجة للنفط؛ وتفاوت ملكية الصناعة بين القطاعين العام والخاص؛ وانخفاض كفاءة استخدام الطاقة نتيجة للدعم الكبير لأسعار بيع الطاقة، وقدم التقنيات المستخدمة. ويتمثل القصور في الصناعة التحويلية العربية بالمشورين التاليين:

١- ضعف الإنتاج الصناعي العربي من الناحيتين الكمية والنوعية، وسيطرة إنتاج الصناعات الخفيفة عليه، حيث تشكل ما يقارب النصف، بينما لا تزيد حصة إنتاج الصناعات الوسيطة عن ثلث الإنتاج الصناعي العربي.

٢- تدني الإنتاجية حيث أشار التقرير الاقتصادي العربي الموحد ٢٠٠٤<sup>(٢)</sup> إلى أن متوسط إنتاجية العمالة في القطاع الصناعي في البلدان العربية قد بلغ ١٥ ٢٩٧ دولاراً لكل عامل في عام ٢٠٠٣، بما يعادل خمس إنتاجية العامل في الولايات المتحدة الأمريكية وفي كوريا الجنوبية وسبع إنتاجية العامل الياباني في عام ١٩٩٩<sup>(٢)</sup>، وذلك بسبب قلة الأيدي العاملة الماهرة وعدم تلبية مخرجات التعليم والتدريب لاحتياجات الصناعة.

وتواجه الصناعة العربية تحديات خارجية كثيرة، تحدث أثراً كبيراً على مسارها. وتتلخص هذه التحديات في عدم القدرة على مواكبة التطورات السريعة للتكنولوجيا المستخدمة والأنظمة المعرفية التي تحتاج إلى تطوير قاعدة علمية وبحثية قادرة على مواكبة عملية التطور في هذا المجال، والتقصير في الإنفاق على البحث والتطوير والنقص في الكوادر المؤهلة والقادرة على التعامل مع التقدم التقني بأشكاله المختلفة يؤديان إلى عجز عن مواكبة تكنولوجيات الإنتاج مما يتطلب تطوير المعرفة التكنولوجية في مجالات البحث والتعليم والتدريب وتحسين كفاءة استخدام مصادر الطاقة والمواد الأولية.

## باء- استهلاك الطاقة في قطاع الصناعة في بلدان الإسكوا

### ١- استهلاك الطاقة الأولية والنهائية وحصص القطاع الصناعي منهما في بلدان الإسكوا

يعتبر النفط الخام والغاز الطبيعي المصدرين الرئيسيين للطاقة الأولية في البلدان العربية عموماً وفي بلدان الإسكوا خصوصاً. وفي عام ٢٠٠٣، توزع استهلاك الطاقة في بلدان الإسكوا على النحو التالي نحو ٣٣٠ مليون طن مكافئ نفط من الطاقة الأولية، ونحو ١٥٦ مليون طن مكافئ نفط من الطاقة النهائية، ونحو ١٤٩,٦٥ مليون طن مكافئ نفط من الغاز الطبيعي، وحوالي ٣٩٦ ألف جيغاوات ساعة من الطاقة الكهربائية<sup>(٣)</sup>. وتتباين نسبة الاستهلاك النهائي للطاقة إلى استهلاك الطاقة الأولية في بلدان الإسكوا، فهي متدنية في البلدان المنتجة للنفط، وخاصة في بلدان مجلس التعاون الخليجي، حيث تستهلك كميات كبيرة من الطاقة في عمليات التحويل في المصافي ومحطات التوليد، وتتراوح النسبة بين ٥٣ و ٦٠ في المائة، بينما ترتفع هذه النسبة لتصل إلى نحو ٧٠ في المائة في الأردن ومصر. وقد بلغت حصة القطاع الصناعي من الاستهلاك النهائي للطاقة ٣٥,٥٢ في المائة في البلدان العربية في حين بلغت هذه الحصة ٤٧ في المائة في بلدان الإسكوا. ويعزى ذلك إلى تعاضد استهلاك الطاقة في الصناعات الاستخراجية وتكرير النفط في البلدان المنتجة للنفط. وبلغت حصة القطاع الصناعي من الطاقة الكهربائية المستهلكة في بلدان الإسكوا ٢٣,٥ في المائة كما هو مبين في الجدول ١.

### الجدول ١ - حصة قطاع الصناعة من الاستهلاك النهائي للطاقة والكهرباء في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢

البلد	من الاستهلاك النهائي للطاقة (النسبة المئوية)	من الطاقة الكهربائية (النسبة المئوية)	البلد	من الاستهلاك النهائي للطاقة (النسبة المئوية)	من الطاقة الكهربائية (النسبة المئوية)
الأردن	٢٣,٩٦	٣١	الكويت	٦٥	١٢
الإمارات	٧١,٢٦	١٢,٧	لبنان	٢٦,٩	٢٤
البحرين	٥٥,٢٦	١٩	مصر	٤٧,١٨	٣٦
الجمهورية العربية السورية	٢٨,٦١	٣٠	المملكة العربية السعودية	٤٠,٩٣	٢٣
العراق	٣٥,٧٦	م.غ	اليمن	٧,٦٤	م.غ
عمان	٥٦,٩٠	٦	مجموع بلدان الإسكوا	٤٧,٠٧	٢٣,٥
فلسطين	٩,٣٣	٥	البلدان العربية	٣٥,٥٢	
قطر	٧٩,٥٥	٢٥,٧	العالم	٣٣,٣٤	

المصدر: التقدم الإقليمي المحرز في مجال الطاقة من أجل التنمية المستدامة في دول الإسكوا (E/ESCWA/SDPD/2005/11).

### ٢- استهلاك الطاقة في الصناعات المتوافرة في بلدان الإسكوا

يشكل الاستهلاك النهائي للطاقة في بلدان الإسكوا حوالي ٦٠ في المائة من استهلاك الطاقة الأولية (أي ما يعادل حوالي ١٩٨ مليون طن مكافئ نفط) في حين تبلغ هذه النسبة حوالي ٦٨ في المائة في بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي. وتقدر حصة القطاع الصناعي بنحو ٤٧ في المائة من الاستهلاك النهائي للطاقة في بلدان الإسكوا، تتوزع على الصناعات الاستخراجية والتحويلية. وتفاوتت حصة قطاع الصناعة من الاستهلاك النهائي للطاقة بين بلدان الإسكوا، فتتراوح بين أكثر من ٧٩,٥ في المائة في قطر، و ٧١ في المائة في الإمارات العربية المتحدة، و ٦٥ في المائة في الكويت، و ٥٦,٩ في المائة في عمان، و ٥٥ في المائة

في البحرين، وتنخفض إلى ٤٧ في المائة في مصر، و ٤٠,٩ في المائة في المملكة العربية السعودية، وإلى ٧,٦٤ في المائة في اليمن.

#### (أ) الصناعات الاستخراجية

تشمل الصناعات الاستخراجية في بلدان الإسكوا صناعة استخراج النفط والغاز، واستخراج الخامات غير المعدنية مثل الفوسفات والبوتاس ومواد البناء، واستخراج الخامات المعدنية مثل الحديد والزنك والرصاص، وتعتبر صناعة استخراج النفط والغاز ونقلهما إلى مراكز التكرير والاستهلاك من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة. ويقدر المتوسط العالمي لاستهلاك الطاقة في إنتاج النفط والغاز بنحو ١,٢٣ جيجا جول/طن هايدرو كربون منتج<sup>(٥)</sup>. ووفقا لهذا المعدل، يستهلك إنتاج النفط والغاز في بلدان الإسكوا حوالي ١٠ ملايين طن مكافئ نפט، أي ما يعادل ١٠ في المائة من مجمل استهلاك الطاقة في قطاع الصناعة.

#### (ب) الصناعات التحويلية

##### (١) أنواع الصناعات التحويلية

تتوزع الصناعات التحويلية وفقا للتصنيف القياسي العالمي في ثلاث مجموعات رئيسية:

##### أ- الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة

تتضمن هذه المجموعة الصناعات الكيميائية، والمعدنية الأولية والغذائية، وصناعة الورق، والزجاج، ومواد البناء. ويشكل الغاز الطبيعي والنفط ووقود النفايات المصادر الرئيسية للطاقة.

##### ب- الصناعات المنخفضة الاستهلاك للطاقة وذات القيمة المضافة المرتفعة

تشمل صناعة وسائط النقل والآليات الصناعية والأجهزة الكهربائية وأجهزة الكمبيوتر. ويشكل الغاز الطبيعي والكهرباء المصدرين الرئيسيين للطاقة في هذه الصناعات.

##### ج- الصناعات المنخفضة الاستهلاك للطاقة

تشمل صناعة النسيج، والتبغ، والطباعة، والبلاستيك، وصناعة الجلود والمنتجات الجلدية، والأثاث والمفروشات.

#### (٢) المؤشرات المتعلقة باستهلاك الطاقة في عدد من الصناعات التحويلية الرئيسية المتوفرة

##### في بلدان الإسكوا

##### أ- صناعة الألمنيوم

تعتبر من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة الكهربائية، حيث يقدر الاستهلاك النوعي للطاقة بين ١٤,١ و ١٩,٣ ميغا وات ساعة للطن المنتج من الألمنيوم<sup>(٦)</sup>. وقد حققت صناعة الألمنيوم تطورا مهما في تخفيض الاستهلاك النوعي بنسبة ٧٠ في المائة خلال الأعوام المائة المنصرمة<sup>(٧)</sup>. وتعتبر مادة الألمنيوم من أكثر المواد قابلية لإعادة التدوير ولمرات عدة، ويمكن أن تحقق عمليات إعادة التدوير وفرا في الطاقة المستخدمة يصل إلى ٩٥ في المائة.

وتوجد صناعة الألمنيوم في البحرين حيث تمتلك شركة ألبا مصنعا تبلغ طاقته الإنتاجية ٥٠٠ ألف طن في السنة، وتخطط الشركة لزيادة الطاقة الإنتاجية إلى ٨٠٠ ألف طن في السنة<sup>(٨)</sup>؛ وفي الإمارات العربية المتحدة حيث بلغت الطاقة الإنتاجية لشركة دوبال حوالي ٥٦٠ ألف طن في عام ٢٠٠٢. وتخطط قطر لإنشاء مصهر للألمنيوم بطاقة ٥٠٠ ألف طن، وتدرس المملكة العربية السعودية إمكانات استغلال خامات الألمنيوم المتوفرة لديها وإنشاء مصهر للألمنيوم<sup>(٩)</sup>. وفي عدد من بلدان الإسكوا مصانع للألمنيوم تنتج مقاطع مختلفة باستخدام المواد الخام المستوردة والألمنيوم المستعمل.

## ب- الصناعات الغذائية والمشروبات

هي صناعات متشعبة ومتعددة الأنواع والتقنيات، وتتوفر في جميع بلدان الإسكوا بأحجام مختلفة، من شركات كبيرة إلى منشآت عائلية صغيرة. وفي عام ٢٠٠٣، ساهمت هذه الصناعات بحوالي ١٥ في المائة من القيمة المضافة المحققة من الصناعات التحويلية في الناتج المحلي الإجمالي في بلدان الإسكوا. وتقسم هذه الصناعات وفق التصنيف الصناعي المعياري إلى تسع مجموعات رئيسية هي: صناعة اللحوم، والألبان، وحفظ الفواكه والخضراوات، وطحن الحبوب، والخبز، والسكر، والزيوت والدهون، والمشروبات، وأغذية الأطفال والمنتجات الأخرى<sup>(٩)</sup>.

وقد بينت بعض الدراسات في بلدان الإسكوا أن استهلاك هذه الصناعات من الطاقة مثل نسبة ١٦ في المائة من مجمل القطاع الصناعي في لبنان في عام ٢٠٠٠<sup>(١٠)</sup>، و ٨ في المائة من مجمل استهلاك القطاع الصناعي في مصر في عام ١٩٩٨. ويقدر متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة في الصناعات الغذائية المصرية بنحو ٨٤ كيلو غرام مكافئ نפט للطن، ويتباين هذا الاستهلاك بين ١١ كيلو غرام مكافئ نפט للطن في المطاحن و ٢٠٤٢ كيلو غرام مكافئ نפט للطن في تجفيف وحفظ الأغذية<sup>(١١)</sup>. وتتباين كلفة الطاقة نسبة إلى الكلفة الكلية للإنتاج، فتتراوح بين ٣,٥ في المائة في لبنان و ٥,١٥ في المائة في الجمهورية العربية السورية<sup>(١١)</sup>، و ١٠ في المائة في مصر.

وتختلف الآراء حول إمكانات تحسين كفاءة استخدام الطاقة في الصناعات الغذائية. وتشير الدراسات الأوروبية إلى أن هذا الموضوع لا يحظى باهتمام كبير نظرا لانخفاض نسبة كلفة الطاقة بالنسبة للكلفة الإجمالية<sup>(١٢)</sup> بينما تشير دراسات أمريكية إلى إمكانية تحقيق خفض ملموس في استهلاك الطاقة عبر تطوير تقنيات حديثة في مجال البسترة والتعقيم والتبخير وحفظ الأغذية.

## ج- صناعة الورق

تعتبر صناعة الورق من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة، حيث يتراوح متوسط الاستهلاك النوعي العالمي بين ١٧ و ٣١ جيجاجول للطن (٤٠٧-٧١٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن)<sup>(١٤)</sup>. حسب نوع الورق المصنع. وهذه الصناعة محدودة الانتشار في بلدان الإسكوا ولا تتوفر معطيات كافية عن حجم الإنتاج واستهلاك الطاقة فيها. وتعتمد معظم بلدان الإسكوا على استيراد احتياجاتها من البلدان المصنعة الرئيسية.

## د- الصناعات النسيجية

تغطي مجالات واسعة تشتمل على تحضير وغزل وتصنيع المنسوجات الصناعية والسلوذية والطبيعية كالقطن والصوف، بما في ذلك أعمال الصباغة وصناعة السجاد. وتتوزع هذه الصناعة على آلاف المنشآت، معظمها منشآت صغيرة أو متوسطة. وفي عام ٢٠٠٣، ساهمت الصناعات النسيجية بحوالي ٨ في المائة من القيمة المضافة للصناعات التحويلية في بلدان الإسكوا. ويساهم القطاع الخاص المحلي مساهمة فعالة وأساسية في هذه الصناعة<sup>(٢)</sup>. يستخدم الوقود السائل والطاقة الكهربائية باعتبارهما مصدرين رئيسيين للطاقة. ويتباين استهلاك الطاقة في هذه الصناعة تباينا كبيرا، حيث يتراوح لكل كيلوغرام من الأقمشة الجاهزة بين ١٠ و ٤٠ كيلوغرام من البخار و ٤,٦٣ و ١١,٧٦ كيلو وات ساعة من الطاقة الكهربائية<sup>(١٥)</sup>. كما تتباين كلفة الطاقة بين ٥ و ٢٠ في المائة من كلفة الإنتاج وفقا لنوع المنتج وأسعار الطاقة<sup>(١٧,١٦)</sup>.

#### • - صناعة المعدات وآليات النقل

ساهمت بحوالي ١٦ في المائة من القيمة المضافة للصناعات التحويلية في الناتج المحلي الإجمالي لبلدان الإسكوا في عام ٢٠٠٣. وتتوزع هذه الصناعة على فروع وأقسام مختلفة تتدرج من صناعة السيارات والمعدات إلى صناعة التجهيزات الكهربائية والإلكترونية، وتصنف عالميا في خانة الصناعات القليلة الاستهلاك للطاقة وذات القيمة المضافة المرتفعة، وتتعدى دراسة من نواحي استهلاك الطاقة نظرا لتنوعها الكبير بين صناعات خفيفة ومتوسطة وثقيلة. وهذه الصناعات محدودة الانتشار في بلدان الإسكوا.

#### و- صناعة الإسمنت

تتوفر في جميع بلدان الإسكوا كونها من الصناعات الأساسية التي تتطلبها أعمال البناء والتشييد. وتعتبر صناعة الإسمنت من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة حيث يقدر متوسط الاستهلاك النوعي لإنتاج طن من الإسمنت بحوالي ١٠٠ إلى ١٥٠ كيلوغرام مكافئ نפט، حسب طريقة التصنيع المستخدمة. وفي عام ٢٠٠٣، بلغ استهلاك صناعة الإسمنت من الطاقة عالميا حوالي ٢٠٥ ملايين طن مكافئ نפט، وهي كمية مثلت حوالي ٢,١ في المائة من مجمل الطلب على مصادر الطاقة الأولية في هذا العام، كما بلغ الطلب على الطاقة في صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا حوالي ١١ مليون طن مكافئ نפט، أي ما يعادل ١١ في المائة من الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي<sup>(١٨)</sup>. وتتوفر إمكانيات واسعة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذه الصناعة، إضافة إلى التوجه العالمي نحو استخدام مصادر الوقود البديلة كالكوك البترولي، والنفايات الصلبة والسائلة والخطرة، حيث تتوفر في أفران الإسمنت إمكانيات جيدة للتخلص من النفايات، مما يخفض كلفة الإنتاج وكلفة الطاقة التي تشكل حاليا ٤٠ إلى ٦٠ في المائة، من كلفة الإنتاج الكلية.

#### ز- صناعة الحديد والصلب

تتوفر هذه الصناعة في مصر والمملكة العربية السعودية، حيث يشكل إنتاجهما من المنتجات الوسيطة والنهائية حوالي ٨٠ في المائة من إنتاج بلدان الإسكوا<sup>(٢)</sup>. ويقدر متوسط الاستهلاك النوعي العالمي للطاقة في صناعة الحديد بنحو ٦٠٠ كيلوغرام مكافئ نפט للطن. ووفقا لكمية المنتجات النهائية في عام ٢٠٠٣، يقدر الطلب على الطاقة في صناعة الحديد العالمية بما لا يقل عن ٥٠٠ مليون طن مكافئ نפט تمثل ٥,٥ في المائة من مجمل الطلب العالمي على مصادر الطاقة الأولية، كما يقدر استهلاك الطاقة في صناعة الحديد والصلب في بلدان الإسكوا بنحو ١٠ ملايين طن مكافئ نפט<sup>(١٨)</sup>، أي ما يعادل ١٠ في المائة من استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي. وهذه الصناعة آخذة في النمو والتطور في عدد من بلدان الإسكوا، وذلك بالاعتماد على الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة، وتتراوح نسبة كلفة الطاقة إلى الكلفة الكلية للإنتاج بين ٧ و ٣٠ في المائة حسب طريقة التصنيع المستخدمة.

## ح- صناعة الأسمدة

تعتبر من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة لوحدة المنتج حيث يحتاج الطن الواحد من الأسمدة الأزوتية إلى ما لا يقل عن طن من المواد الهيدروكربونية، ويستخدم فيها الغاز الطبيعي بشكل رئيسي كمادة مغذية وكوقود. وفي عام ٢٠٠٣، قدر الطلب على الطاقة في صناعة الأسمدة في بلدان الإسكوا بحوالي ٨ ملايين طن مكافئ نפט. وتلحظ خطط عدة في تلك البلدان، زيادة الطاقات الإنتاجية بحلول عام ٢٠٠٧. وتشكل كلفة الطاقة النسبة العظمى من الكلفة الكلية في صناعة الأسمدة الأزوتية حيث تتجاوز ٨٠ في المائة.

## ط- صناعة الزجاج

تعتبر من الصناعات المنتشرة في معظم بلدان الإسكوا حيث تنتج أنواع متعددة من المصنوعات الزجاجية كالزجاج المسطح وزجاج المستوعبات. وتعد صناعة الزجاج من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة لوحدة المنتج حيث تحتاج عملية التصنيع إلى درجات حرارة عالية لصهر المواد الخام. وتشكل حصة الفرد من المواد الزجاجية حوالي ٧٥ كيلو غراما في السنة للفرد في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية<sup>(٩)</sup>، بينما تتراوح بين ٦ و ١٥ كيلو غراما في السنة للفرد في بلدان الإسكوا. ويقدر متوسط الاستهلاك النوعي العالمي بنحو ٤٠٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن من الزجاج. وقد بلغت كلفة الطاقة في صناعة الزجاج حوالي ٣٠ في المائة من الكلفة الكلية للإنتاج في صناعة زجاج المستوعبات في الشركة اللبنانية لصنع الزجاج والبورسلان "سوليفر"<sup>(١٠)</sup>. ويقدر الطلب على الطاقة في صناعة الزجاج في بلدان الإسكوا بنحو مليون طن مكافئ نפט سنويا<sup>(٨)</sup>، أي ما يعادل واحد في المائة من مجمل الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي.

## ي- الصناعات الهيدروكربونية

تعتبر صناعة تكرير النفط من الصناعات الهامة في بلدان الإسكوا حيث قدرت طاقة مصافي التكرير في عام ٢٠٠٣ بنحو ٥,٥ ملايين برميل في اليوم، تمثل ٦,٦ في المائة من طاقة التكرير العالمية<sup>(٣)</sup>. وتلحظ خطط العديد من البلدان الأعضاء، وخاصة المنتجة للنفط، إقامة مشاريع لإنشاء مصاف جديدة أو تطوير المصافي القائمة، وتحسين مواصفات المنتجات النفطية. وتستهلك مصافي التكرير المعيارية لتأمين احتياجاتها الذاتية نسبة ٦ إلى ٧ في المائة من كمية النفط الخام المعد للتكرير. ولذلك يمكن اعتبار هذه الصناعة من الصناعات الرئيسية المستهلكة للطاقة في بلدان الإسكوا. كما تشهد صناعة الغاز تطورا متزايدا، حيث جرى تنفيذ العديد من مشاريع معالجة الغاز وتسييله ونقله، وتلحظ الخطط الحالية والمستقبلية التوسع في صناعة الغاز لدى جميع بلدان الإسكوا المنتجة.

## ك- الصناعات البتروكيميائية

تتزايد القدرة التنافسية للصناعات البتروكيميائية العربية لاعتمادها على الغاز الطبيعي كمادة مغذية رخيصة نسبيا بالمقارنة مع النافثا المستخدمة في أوروبا لهذا الغرض. وتعتبر هذه الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة حيث يتراوح الاستهلاك النوعي للطاقة في المنشآت الحديثة بين ٥٥,٧ جيغاجول (١ ٣٣٠ كيلو غرام مكافئ نפט) للطن في صناعة البولي اتيلين و ٨١,٥ جيغاجول (١ ٩٤٦ كيلو غرام مكافئ نפט)<sup>(١)</sup> للطن من مادة البولي فينيل كلورايد. وخلال الأعوام القليلة الماضية، حدث تطور كبير في إنتاج البتروكيمياويات في البلدان العربية، حيث بلغ مجمل الإنتاج، في عام ٢٠٠٠، حوالي ٣٢ مليون طن نصفها من الكيماويات الأساسية. ويتوقع أن تصل طاقة الإنتاج إلى أكثر من ٥٠ مليون طن في عام ٢٠١٠<sup>(٢)</sup>.

## ل- صناعة الدواء والمستلزمات الطبية

تصنع الأدوية في عدد من البلدان الأعضاء في الإسكوا. وبالرغم من وجود بعض الإنجازات في مجال إنتاج الدواء، لا تتوفر أي صناعة فعلية للأجهزة والمعدات الطبية. وتعتبر هذه الصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة.

## م- صناعة تكنولوجيا المعلومات

تتسم هذه الصناعة بارتفاع مستواها التقني وكثرة اعتمادها على المهارات البشرية المؤهلة. وتصنف البلدان العربية في مستوى منخفض في مجال صناعة تكنولوجيا المعلومات. ويتسم دعم صناعة تكنولوجيا المعلومات بجانب كبير من الأهمية، باعتبار أن هذه الصناعة أصبحت إحدى السمات الرئيسية للتقدم، وهي من الصناعات المنخفضة الاستهلاك للطاقة، وهي ذات قيمة مضافة مرتفعة.

## جيم- معايير ومؤشرات الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة في بلدان الإسكوا

يمكن تحديد الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة وفقا لعدد من المؤشرات والمعايير يذكر منها:

- ١- التصنيف القياسي الصناعي العالمي للصناعات التحويلية.
- ٢- نسبة كلفة الطاقة في الصناعة المختارة إلى الكلفة الكلية للإنتاج.
- ٣- الاستهلاك النوعي للطاقة لوحدة المنتج (الجدول ٢).
- ٤- نسبة استهلاك هذه الصناعة من الطاقة إلى مجمل الطلب في القطاع الصناعي.
- ٥- مدى انتشار هذه الصناعة، والقيمة المضافة التي تساهم بها في الناتج المحلي الإجمالي.
- ٦- توفر الصناعة لدى البلدان الأعضاء والطاقة الإنتاجية بالنسبة إلى بلدان العالم.
- ٧- تمركز الصناعة وسهولة المقارنة.
- ٨- ملكية الصناعة وعلاقة الملكية بتحسين الكفاءة واستخدام التقنيات المتطورة.
- ٩- الآثار البيئية الناجمة عن استخدام الوقود واستخدام المواد الأولية في هذه الصناعات.
- ١٠- معدلات النمو المستقبلي المتوقعة في الطلب على هذه المواد.
- ١١- الإمكانيات المتاحة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في الصناعة المختارة، وإمكانية استخدام مصادر الطاقة البديلة في تأمين الطاقة الأولية اللازمة لعملية الإنتاج.

## الجدول ٢- الاستهلاك النوعي للطاقة لوحدة المنتج في عدد من الصناعات التحويلية

نوع الصناعة	البلدان الصناعية		الصين		أفضل التجارب العالمية	
	جيجا جول/طن	كجم م.ن./طن	جيجا جول/طن	كجم م.ن./طن	جيجا جول/طن	كيلو غرام مكافئ نפט/طن
الحديد والصلب	٢٦-١٨	٦٢٠-٤٣٠	٣٦	٨٦٠	١٦	٣٨٢
الألمنيوم - ميغوات ساعة/طن	١٩,٣-١٤,١	-	١٦,٣	-	٣,٤	٨١
الإسمنت	٤,٤-٣,٧	١٠٥-٨٨	٥,٦	١٢٣	٣,٨-١,٣	٩١-٣١
تكسير النفط	٣,٥-٢,٥	٨٣-٦٠	٥-٣,٥	١٢٠-٨٣	٢٨,٧	٦٨٥
الأمونيا	٤٤-٣٢	١٠٥٠-٧٦٤	٦٥-٣٩	١٥٥٢-٩٣٢	٥٢	١٢٤٢
الاثيلين	٦٨-٥٨	١٦٢٤-١٣٨٥	٩٠-٧٣	٢١٥٠-١٧٤٣		

وانطلاقاً من المعايير والمؤشرات المذكورة آنفاً، يمكن تصنيف الصناعات التحويلية من خلال قياس كل مؤشر وفقاً لأهميته مع منح المؤشرات ذات التأثير الأكبر، مثل الاستهلاك النوعي للطاقة وكلفة الطاقة ونسبتها من كلفة الإنتاج وكمية الطاقة المستهلكة وإمكانات تحسين الكفاءة والآثار البيئية، علامات أكثر في سلم القياس حسبما هو مبين في الجدول ٣.

### الجدول ٣- تقييم الصناعات التحويلية وفق أهمية المؤشرات والمعايير المقترحة

الصناعة	المؤشر	العلامة القصوى	الألمنيوم	الغذائية	الورق	النسيجية	المعدات	الإسمنت	الحديد	الأسمدة	الزجاج	تكرير البترول	البيتروكيمياء
التصنيف العالمي لاستهلاك الطاقة <sup>(١)</sup>	١٠	١٠	١٠	٤	١٠	٦	٢	١٠	١٠	١٠	١٠	٦	١٠
الاستهلاك النوعي للطاقة في وحدة المنتج	٢٠	٢٠	٢٠	٥	١٠	١٠	٥	٥	١٥	١٥	١٠	١٠	١٥
كمية الطاقة المستهلكة ونسبتها إلى استهلاك القطاع الصناعي	١٥	١٥	٤	١١	١	١١	٤	١١	١١	١١	٤	١٥	٤
محدودية التقنيات المستخدمة <sup>(٢)</sup>	٥	٥	٥	٢	٥	٢	٣	٥	٥	٥	٥	٥	٥
انتشار الصناعة في بلدان الإسكوا <sup>(٣)</sup>	١٠	١٠	٣	١٠	٣	٧	٧	١٠	٥	٥	١٠	١٠	٥
محدودية فروع الصناعة <sup>(٤)</sup>	٣	٣	١	٣	١	١	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣
نسبة المنشآت الكبيرة إلى مجموع المنشآت <sup>(٥)</sup>	٣	٣	٣	١	٣	١	١	٣	٣	٣	٢	٣	٣
كلفة الطاقة ونسبتها من كلفة الإنتاج الكلية	١٠	١٠	١٠	٤	١٠	٦	٤	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠
إمكانات تحسين الكفاءة	١٠	١٠	٥	٣	٣	٣	٣	١٠	١٠	٧	١٠	٣	٣
توقعات النمو المستقبلي	٤	٤	٤	٤	٣	٣	٣	٤	٤	٤	٤	٤	٤
الآثار البيئية	١٠	١٠	١٠	٤	١٠	٤	٤	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠
المجموع	١٠٠	٧٧	٤٩	٦١	٥٤	٣٧	٨٠	٨١	٨٢	٧٨	٧٤	٧٢	٧٢

المصدر: حسابات تقديرية واستنبائية للإسكوا.

(أ) منحت العلامة القصوى للصناعات المصنفة عالمياً في خانة الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة؛ (ب) منحت العلامة القصوى للصناعات المحدودة التقنيات؛ (ج) منحت العلامة القصوى للصناعات الواسعة الانتشار؛ (د) منحت العلامة القصوى للصناعات المحدودة الأنواع؛ (هـ) منحت العلامة القصوى للصناعات ذات المنشآت الكبيرة.

وعلى ضوء ما سبق ذكره ومع مراعاة نتائج التقييم الواردة في الجدول ٣، يتضح أن صناعات الحديد والصلب والإسمنت والأسمدة والزجاج حققت أعلى المؤشرات والمعايير في جدول التقييم من حيث: (١) ارتفاع الاستهلاك النوعي للطاقة لوحدة المنتج؛ (٢) كمية الطاقة المستهلكة وارتفاع نسبتها من استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي؛ (٣) استمرار نمو الطلب على هذه المنتجات؛ (٤) سعة الانتشار في بلدان الإسكوا؛ (٥) توفر فرص للترشيد وتحسين الكفاءة؛ (٦) إمكانات تطبيق إجراءات تحسين الكفاءة وتحقيق نتائج فعالة.

## ثانياً- صناعة الإسمنت

تشكل مادة الإسمنت العنصر الرئيسي في قطاع الإنشاءات والبناء، وتعود صناعة الإسمنت البورتلاندي إلى مطلع القرن التاسع عشر، عندما قام الإنكليزي جوزيف اسبدين في عام ١٨٢٤ بحرق مزيج من الحجر الكلسي الناعم مع الطين، مؤسساً لصناعة تتعامل سنوياً مع جبال من الأحجار الكلسية والصخور الإسمنتية ومواد أخرى لتشكيل بودة ناعمة جداً تعرف بمادة الإسمنت.

وتعتبر صناعة الإسمنت من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة. فهي تستهلك الطاقة لحرق مزيج من الحجر الجيري، والطين، والبازلت، ضمن أفران خاصة وعلى درجات حرارة مرتفعة تصل إلى ١٤٥٠ درجة مئوية. وعبر التفاعلات الكيميائية تتشكل مادة الكلنكر، التي يجري تبريدها وطحنها ثم خلطها بمادة الجص لإنتاج الإسمنت البورتلاندي، كما يمكن خلطها بمواد أخرى لإنتاج أنواع أخرى من الإسمنت.

وينتج الإسمنت بالطريقة الرطبة حيث يجري طحن المواد الخام بعد إضافة المياه إليها وتحويلها إلى شكل ملاط. وتستهلك هذه الطريقة كميات كبيرة من الطاقة ويتضاءل استخدامها حالياً، وتستخدم عوضاً عنها الطريقة الجافة التي تعتمد على طحن المواد الخام وهي جافة، وتعتبر هذه الطريقة أكثر كفاءة في استخدام الطاقة. وتستخدم في البلدان الصناعية الأفران الدوارة، بينما لا تزال تستخدم في الصين والهند الأفران المحورية. وتزود الأفران الحديثة بمسخنات مسبقة تتألف من عدة مراحل، وكلما ازداد عدد المراحل تحقق وفر أكبر في استهلاك الطاقة. وبهدف تقليل استهلاك الطاقة، تستخدم مكلسات مسبقة تتألف من غرفة احتراق منفصلة يجري فيها التفكيك الحراري لحوالي ٨٠ إلى ٩٠ في المائة من الحجر الجيري قبل أن يدخل الفرن. ويجري طحن الكلنكر مع الإضافات باستخدام المطاحن ذات الكرات الفولاذية أو المطاحن الإسطوانية وتستخدم حديثاً المطاحن الإسطوانية تحت الضغط، ويعتمد استهلاك الطاقة في عملية الطحن على درجة النعومة المطلوبة. ويمثل الشكل ١ المراحل الرئيسية لإنتاج الإسمنت.

### الشكل ١- مخطط المراحل الرئيسية لإنتاج الإسمنت



### ألف- إنتاج الإسمنت عالمياً في العالم وفي بلدان الإسكوا

تنامي الإنتاج العالمي لمادة الإسمنت خلال القرن الماضي، بحيث بلغ ٦٢,٥ مليون طن في عام ١٩٢٦، وتضاعف إلى ١٣٣ مليون طن في عام ١٩٥٠<sup>(٢١)</sup>، وثم ازداد ليقترب ١٧٦١ مليون طن في عام ٢٠٠٢، كما هو مبين في الجدول ٤، ثم ١٨٧٠ مليون طن في عام ٢٠٠٣<sup>(٢٢)</sup>. وتعتبر الصين أكبر بلد منتج للإسمنت، إذ بلغ إنتاجها في عام ٢٠٠٣ حوالي ٧٦٥ مليون طن، أي ما يعادل ٤٠ في المائة من الإنتاج العالمي، وبلغ استهلاكها حوالي ٤٣ في المائة من الاستهلاك العالمي. ومن المتوقع أن يبلغ حجم الطلب العالمي على الإسمنت حوالي ٣٠٦١ مليون طن في عام ٢٠٢٠، وذلك بمعدل نمو متوسطه ٣,٦ في المائة تقريباً في السنة، مما يساهم في زيادة الطلب العالمي على مصادر الطاقة وزيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرافقة لعملية صناعة الإسمنت<sup>(٢٢)</sup>.

وفي عام ٢٠٠٢، شكل إنتاج الإسمنت في البلدان العربية حوالي ٦ في المائة من الإنتاج العالمي، كما شكل الاستهلاك نسبة مماثلة. وقد بلغ عدد مصانع الإسمنت العربية ١٢٥ مصنعا، تنتوزع ملكيتها على النحو التالي: ٤٨ في المائة للقطاع الخاص الوطني، و ٣٦ في المائة للقطاع العام، و ١٦ في المائة للشركات العالمية. وبلغت الطاقة التصميمية لإنتاج الإسمنت ١٤٢ مليون طن في السنة، بنسبة نمو متوسطها ٤٣،٣ في المائة للفترة ١٩٩٨-٢٠٠٢<sup>(٢٣)</sup>. وفي عام ٢٠٠٢، بلغ الإنتاج الفعلي من الكلنكر حوالي ٩٥ مليون طن، والإنتاج الفعلي من الإسمنت ١٠٩،٣ مليون طن، كما بلغ الاستهلاك ١٠٦،٩ مليون طن من الإسمنت.

وبلغت الطاقة التصميمية في بلدان الإسكوا ١٠٧،٧ مليون طن من الإسمنت، وبلغ الإنتاج الفعلي ٧٣ مليون طن من الكلنكر، و ٨٠،٧ مليون طن من الإسمنت، وبلغ الاستهلاك ٧٩،٧ مليون طن. وفي عام ٢٠٠٢، قدر معدل استهلاك الفرد من الإسمنت ٣٦٣ كيلوغراما في البلدان العربية و ٤٦٣ كيلوغراما في بلدان الإسكوا، مقابل استهلاك عالمي متوسطه ٣٠٠ كيلوغرام للفرد<sup>(٢٤)</sup>، كما هو مبين في الجدول ٤.

#### الجدول ٤ - إنتاج واستهلاك الإسمنت في العالم وفي البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢

التسمية	الوحدة	العالم	البلدان العربية	بلدان الإسكوا	العربي/العالمي (بالنسبة المئوية)
الطاقة التصميمية لمعامل الإسمنت	مليون طن	-	١٤٢	١٠٧،٧	-
عدد مصانع الإسمنت	عدد	١٤٤٧	١٢٥	٩٨	٨،٦٣
إنتاج الإسمنت	مليون طن	١٧٦١	١٠٩	٨٠،٧	٦،٢
إنتاج الكلنكر	مليون طن	-	٩٥	٧٣	-
استهلاك الإسمنت	مليون طن	١٧٢١	١٠٦،٩	٧٩،٧	٦،٢
معدل استهلاك الفرد	كيلوغرام	٣٠٠	٣٦٣	٤٦٣	-
معدل النمو المتوقع وسطيا في العام	النسبة المئوية	٣،٦	٤،٧٨	٥،٧٢	-

المصدر: الاتحاد العربي للإسمنت ومواد البناء، صناعة الإسمنت في الوطن العربي والعالم ١٩٩٩-٢٠٠٢، كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٣، ص ٤-١.

ويبين الجدول ٥ الطاقة التصميمية وإنتاج واستهلاك الكلنكر والإسمنت في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢، إذ يتضح أن مصر ساهمت بنسبة ٣٥،٦٧ في المائة، والمملكة العربية السعودية بنسبة ٢٨،٨ في المائة من الإنتاج الكلي لمادة الإسمنت في بلدان الإسكوا.

ومن المتوقع أن يتزايد الطلب على الإسمنت خلال الفترة ٢٠٠٣-٢٠٠٦ بمعدل متوسطه ٤،٨ في المائة سنويا في البلدان العربية و ٥،٧ في المائة سنويا في بلدان الإسكوا.

ويملك القطاع الخاص معظم صناعة الإسمنت في بلدان مجلس التعاون الخليجي. ومن خلال برامج الخصخصة، استحوذت الشركات العالمية المتخصصة بصناعة الإسمنت على حصة كبيرة من صناعة الإسمنت في بلدان عربية أخرى، ويمكن القول إن تنامي دور القطاع الخاص ودور الشركات العالمية في صناعة الإسمنت في البلدان العربية سيساعد على تحسين كفاءة استخدام الطاقة عبر استخدام التجهيزات ذات الكفاءة العالية واستخدام التقنيات المتطورة، وكذلك التوجه نحو استخدام الوقود البديل الأرخص ثمنا لتحقيق قدرة تنافسية عالية.

#### الجدول ٥ - الطاقة التصميمية وإنتاج واستهلاك الكلنكر والإسمنت في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢ (الوحدة ألف طن)

الاستهلاك	الإنتاج الفعلي		الطاقة التصميمية		البلد
	إسمنت	كلنكر	إسمنت	كلنكر	
إسمنت	إسمنت	كلنكر	إسمنت	كلنكر	الأردن
٢ ٦٦٢	٣ ٦٣٠	٣ ٤٣١	٤ ٩٦٣	٤ ٢٩٦	الإمارات العربية المتحدة
٦ ٤٠٠	٧ ٣٠٠	٥ ٢٠٠	١١ ١٠٠	٦ ٣٠٠	البحرين
٧٣٤	١٨٠	-	٢٨٨	-	المملكة العربية السعودية
٢٠ ٣٩٦	٢٣ ٢٥٩	٢١ ٢١٨	٢٢ ٧٣٣	١٩ ٩٤٦	الجمهورية العربية السورية
٥ ٦٧٥	٥ ٣٠٣	٤ ٦٣٩	٥ ٢٧٠	٤ ٨١٠	العراق
٤ ٢٥٠	٤ ٢٥٠	٣ ٢٨٦	١٤ ٠٢٩	١٣ ٤٧٢	عمان
١ ٢٦٩	٢ ٠٥١	١ ٩٦٧	٢ ٠٥١	١ ٩٥٠	فلسطين
١ ٩٠٠	-	-	-	-	قطر
١ ٥٢١	١ ٤٧٧	٩١٣	١ ١٩٠	٩١٥	الكويت
٢ ٢٤٠	٢ ٢٤٠	-	٢ ١٤٥	-	لبنان
٢ ٥٠٠	٢ ٩٠٠	٣ ٢٠٠	٤ ٩٠٠	٤ ٠٠٠	مصر
٢٧ ٦٦٣	٢٨ ٧٩٠	٢٧ ٤٨٢	٣٧ ٨٤٨	٣٤ ٠٧٥	المملكة العربية السعودية
٢٠ ٣٩٦	٢٣ ٢٥٩	٢١ ٢١٨	٢٢ ٧٣٣	١٩ ٩٤٦	اليمن
٢ ٧٣٧	١ ٥٦١	١ ٣٥٦	١ ٢٧٠	١ ١٣٠	

المصدر: الاتحاد العربي للإسمنت ومواد البناء، صناعة الإسمنت في الوطن العربي والعالم ١٩٩٩-٢٠٠٢، كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٣، ص ٤٩-١٥.

## باء- استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت

### ١- الاستهلاك النوعي للطاقة وكمية الطاقة المستهلكة في صناعة الإسمنت في العالم

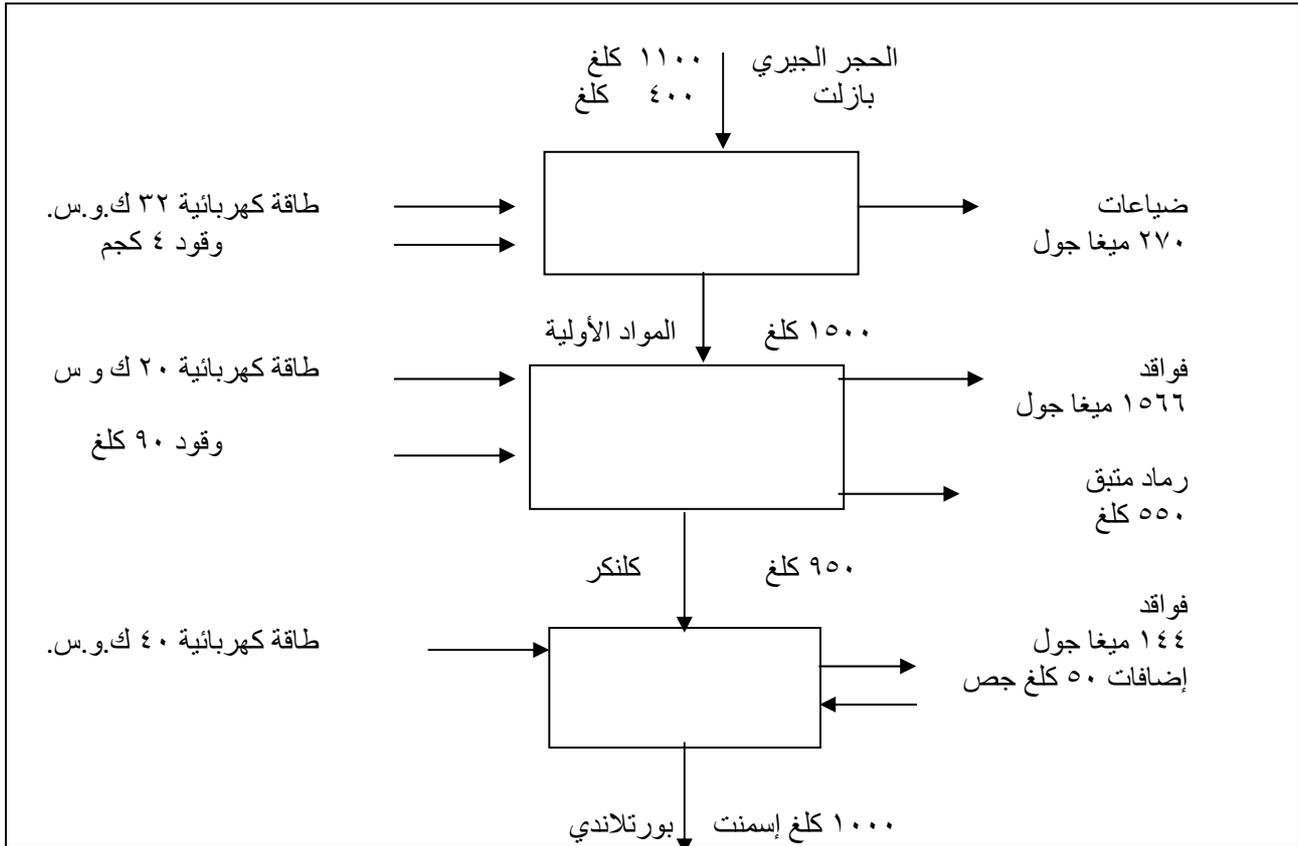
تستهلك صناعة الإسمنت الوقود الأحفوري والوقود البديل لحرق المواد الأولية داخل الفرن، كما تستهلك الطاقة الكهربائية في عمليات تكسير وطحن المواد الأولية وفي تبريد الكلنكر وطحنه. وتختلف كمية الطاقة المستهلكة حسب طريقة التصنيع المعتمدة (رطبة - جافة - مسخن مسبق - مكلس مسبق... الخ)؛ ونوع الوقود المستخدم؛ ونسبة الكلنكر/الإسمنت؛ ونوع الأفران (دوارة - محورية)؛ وكفاءة التجهيزات المستخدمة وحالتها الفنية. وتقدر الطاقة الحرارية اللازمة لتصنيع الكلنكر (المكون الرئيسي لمادة الإسمنت) بنحو ١,٦٥ إلى ١,٨٥ جيجا جول للطن<sup>(٢٤)</sup> بينما تبلغ كمية الطاقة الحرارية الفعلية اللازمة أضعاف هذه الكمية، حيث تشكل الفوائد نسبة مهمة من الطاقة الحرارية المستهلكة. ويتراوح متوسط الاستهلاك العالمي حالياً بين ٦,٢ جيجا جول للطن من الكلنكر (١٤٨ كيلو غرام مكافئ لطن) في الأفران التي تستخدم الطريقة الرطبة، وحوالي ٣-٣,٥ جيجا جول للطن (٧٢-٨٣ كيلو غرام مكافئ لطن) في الأفران الحديثة ذات المسخن المسبق المتعدد المراحل والمكلس المسبق والتي تستخدم الطريقة الجافة. وتتنوع الطاقة الحرارية المستهلكة في فرن دوار نمطي مزود بمسخن مسبق رباعي المراحل يعمل بالطريقة الجافة على النحو التالي<sup>(٢٥)</sup>: الطاقة الحرارية النظرية اللازمة ٥٥ في المائة؛ والطاقة الحرارية المفقودة عبر غازات الاحتراق ٢٢ في المائة؛ والطاقة الحرارية المفقودة في الكلنكر ٥ في المائة؛ والطاقة الحرارية المفقودة بالإشعاع والحمل الحراري ١٨ في المائة. وذلك يشير إلى توفر إمكانات جيدة لتحسين الكفاءة الحرارية لأفران الإسمنت عبر استرجاع الحرارة الضائعة وتحسين العزل الحراري.

وتستخدم الطاقة الكهربائية في جميع مراحل الإنتاج، وقد انخفض استهلاك الطاقة الكهربائية من ١٣٠ كيلو وات ساعة لطن الإسمنت في ستينات القرن الماضي إلى ما دون ٩٠ كيلو وات ساعة لطن الإسمنت حالياً. وانخفض الاستهلاك في بعض المنشآت الحديثة إلى حوالي ٧٥ كيلو وات ساعة لطن الإسمنت نتيجة لاستخدام التجهيزات العالية الكفاءة. وتتنوع الطاقة الكهربائية المستهلكة في صناعة الإسمنت عموماً وفق النسب المؤوية

التالية: طحن المواد الخام ٢٤ في المائة؛ حرق وتبريد الكنكر ٢٢ في المائة؛ طحن الإسمنت ٣٨ في المائة؛ المقالع والكسارات والتغليف والتحميل ١٠ في المائة؛ الإنارة والخدمات الأخرى ٦ في المائة<sup>(٢٦)</sup>.

ويبين الشكل ٢ مخططاً رمزياً للمراحل الأساسية في صناعة الإسمنت<sup>(٢٧)</sup> في المنشآت التي تستخدم الطريقة الجافة والتقنيات الحديثة، والمواد الأولية المستخدمة في هذه الصناعة ومتوسط استهلاك الطاقة فيها.

### الشكل ٢ - مخطط رمزي للمراحل الأساسية في صناعة الإسمنت والمواد الأولية المستخدمة وكميات الطاقة المستهلكة فيها



المصدر: EconoEnergy Ltd. *Energy Audit*, Syria. July 1994. Appendix 2.2

ويتبين من هذا المخطط أن متوسط استهلاك الطاقة الحرارية والكهربائية لإنتاج طن واحد من الإسمنت البورتلاندي يقدر بنحو ٩٤ كيلو غرام وقود سائل (٩٠ كيلو غرام مكافئ نפט) و ٩٢ كيلو واط ساعة من الطاقة الكهربائية أي ما يعادل ١١٤ كيلو غرام مكافئ نפט (٤,٨ جيجا جول لطن الإسمنت). ويتباين الاستهلاك النوعي لكل طن إسمنت بين بلد وآخر، حيث بلغ معدل استهلاك الطاقة ٥,٥ جيجا جول للطن في بلدان أوروبا الشرقية والاتحاد السوفييتي السابق، و ٥,٤ جيجا جول للطن في أمريكا الشمالية؛ و ٥,١ جيجا جول للطن في الشرق الأوسط<sup>(٢٤)</sup>. وعلى ضوء ما اتخذ من إجراءات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في العديد من البلدان المنتجة للإسمنت خلال الفترة السابقة، انخفض معدل استهلاك الطاقة بنسبة ١٠ في المائة تقريباً في الصين، التي تستحوذ على نحو ٤٠ في المائة من الإنتاج العالمي (من ٥,٦ جيجا جول لطن الإسمنت في عام ١٩٩٠ إلى حوالي ٥ جيجا جول لطن الإسمنت حالياً)، كما انخفض معدل الاستهلاك بنسبة ٤ في المائة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة ١٩٩٤-٢٠٠٠. وهذا الانخفاض يشير إلى أن المتوسط

العالمي للاستهلاك الأولي للطاقة قد انخفض بنسبة لا تقل عن ٥ في المائة أي إلى حوالي ٤,٦ جيجا جول لطن الإسمنت، بما يعادل ١١٠ كيلوغرام مكافئ نפט. ووفقا لذلك، تقدر الطاقة الأولية المستهلكة في إنتاج الإسمنت على الصعيد العالمي لعام ٢٠٠٣ بنحو ٨ ٦٠٠ مليون جيجا جول، أي ما يعادل ٢٠٥ ملايين طن مكافئ نפט، تمثل ٢,١ في المائة من استهلاك مصادر الطاقة الأولية و ٥ في المائة من مجمل استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي على مستوى العالم<sup>(١٨)</sup>.

## ٢- استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت في عدد من البلدان المنتجة للإسمنت

حققت صناعة الإسمنت إنجازات كبيرة، خلال الأعوام الماضية، في تحسين كفاءة استخدام الطاقة الحرارية والكهربائية. فقد انخفضت الطاقة الحرارية اللازمة لتصنيع الكلنكر إلى نحو ٣ جيجا جول للطن في المنشآت الحديثة التي تعتمد الطريقة الجافة وتقنيات التصنيع المتطورة، وانخفض استهلاك الطاقة الكهربائية إلى نحو ٩٠ كيلو وات ساعة لطن الإسمنت. وحققت بلدان عديدة في مختلف أنحاء العالم إنجازات ملموسة في استخدام الوقود البديل. وتشير دراسة حول صناعة الإسمنت في الهند (ثالث منتج للإسمنت في العالم) إلى تحقيق وفر قارب ٤٠ في المائة في استهلاك الطاقة حاليا بالمقارنة مع هذا الاستهلاك في فترة الخمسينات من القرن الماضي. وقد حددت صناعة الإسمنت الهندية أهدافا للمصانع الجديدة، يتوجب عليها بمقتضاها استيفاء مؤشر لا يتجاوز ٣ جيجا جول لطن الكلنكر في الاستهلاك النوعي للطاقة الحرارية، و ٧٥ كيلو وات ساعة لطن إسمنت في استهلاك الطاقة الكهربائية، بما في ذلك جميع أوجه الاستهلاك في المقالع والخدمات والإنارة<sup>(٢٨)</sup>.

ويبين التقرير الصادر عن إدارة الطاقة الأمريكية أن صناعة الإسمنت في الولايات المتحدة الأمريكية قد أحرزت تطورا كبيرا في تحسين كفاءة استخدام الطاقة في الفترة ١٩٧١-٢٠٠١، إذ حققت وفرا بنسبة ٣٣ في المائة<sup>(٢٩)</sup>. ويتباين الاستهلاك في منشآت الإسمنت حسب طريقة التصنيع، ووجود المسخن والمكلس المسبق. وقد أشار التقرير إلى أن استهلاك الطاقة الحرارية، في عام ٢٠٠١، كان ٥,٨٤ جيجا جول لطن الكلنكر في الطريقة الرطبة، و ٤,٩٩ جيجا جول لطن الكلنكر في الطريقة الجافة، و ٣,٦١ جيجا جول لطن الكلنكر في فرن مزود بمسخن مسبق. وتتراوح نسبة الفوائد في صناعة الإسمنت الأمريكية بين ٥٠,٤ في المائة في الطريقة الجافة و ٦٩,٥ في المائة في الطريقة الرطبة، مما يوضح المدى الفارق الذي يمكن تحقيقه في تحسين كفاءة الطاقة.

وحقق اليابان أفضل المؤشرات العالمية في استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت حيث بلغ الاستهلاك النوعي الإجمالي في عام ٢٠٠٢ نحو ٣,٥٧ جيجا جول لطن الإسمنت (٨٥ كيلوغرام مكافئ نפט). وقد توزع الاستهلاك بنسبة ٧٠ في المائة على الوقود الأحفوري المستخدم في إنتاج الإسمنت، و ٢٤ في المائة على الوقود الأحفوري المستخدم في توليد الكهرباء في المصنع، و ٦ في المائة كهرباء مشتراة<sup>(٣٠)</sup>. ويبلغ متوسط استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت الماليزية نحو ٤ جيجا جول لطن الإسمنت (٩٥,٥ كيلوغرام مكافئ نפט). وتركز صناعة الإسمنت الماليزية على تحسين الكفاءة وتخفيض الاستهلاك بحيث يصل إلى ٣,٦٥ جيجا جول لطن الإسمنت (٨٧ كيلوغرام مكافئ نפט)، وذلك باستخدام طاقة الكتلة الإحيائية في أعمال التجفيف والتسخين، واسترجاع الحرارة من غازات الاحتراق، والحد من التسرب، وتأمين العزل الجيد، واستخدام المحركات المتغيرة السرعة للمراوح والمضخات، وتخفيض التسرب في نظام الهواء المضغوط، وتحسين عمليات النقل والتخزين والتسليم<sup>(٣١)</sup>.

### ٣- استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا

تنتشر صناعة الإسمنت في جميع بلدان الإسكوا لتأمين الاحتياجات المحلية من هذه المادة. ويتوفر فائض للتصدير في بعض البلدان، مثل لبنان ومصر والمملكة العربية السعودية. ويتباين استهلاك معامل الإسمنت من الطاقة حسب التقنيات المستخدمة، وطريقة التصنيع، وعمر التجهيزات، والملكية. ووفقا لدراسات الحالة التي أجريت على بعض الشركات المصنعة للإسمنت في بلدان الإسكوا، جرى تقدير استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت في كل بلد ونسبته من استهلاك الطاقة الإجمالي، حيث تتراوح هذه النسبة بين ٠,٢٣ في المائة في البحرين و ٨ في المائة في الأردن. وقد بلغ استهلاك الطاقة الإجمالي في صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا نحو ١٠,٨ مليون طن مكافئ نפט، أي ما يعادل ٩,٥ في المائة من مجموع الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي و ٣,٤٦ في المائة من مجموع الطلب على الطاقة الأولية في عام ٢٠٠٢ (انظر الجدول ٦).

### الجدول ٦- حصة استهلاك صناعة الإسمنت من الطاقة من مجموع استهلاك الطاقة الأولية في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢

البلد	الاستهلاك الإجمالي للطاقة (ألف طن مكافئ نפט) <sup>(١)</sup>	إنتاج الإسمنت (ألف طن) <sup>(٢)</sup>	متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة (كيلوغرام مكافئ نפט لطن الإسمنت) <sup>(٣)</sup>	الطاقة المستهلكة في إنتاج الإسمنت (ألف طن مكافئ نפט)	حصة صناعة الإسمنت من الطاقة (النسبة المئوية)
الأردن	٥ ٢١٣	٣ ٦٣٠	١٠٦	٣٨٥	٧,٣٨
الإمارات العربية المتحدة	٤٧ ٢٠٠	٧ ٣٠٠	١٤٠	١٠٢٠	٢,١٦
البحرين	٩ ٨٠٠	١٨٠	١٣٠	٢٣	٠,٢٣
الجمهورية العربية السورية	١٥ ٠٦٨	٥ ٣٢٠	١٣٠	٦٩٢	٤,٦
العراق	٢٥ ٧٠٠	٤ ٢٥٠	١٣٠	٥٥٠	٢,١٤
عمان	٥ ٩٠٠	٢ ٠٥١	١٣٠	٢٤٠	٤
القطر	١٢ ٠٠٠	١ ٤٧٧	١٣٠	٢٦٦	٢,٢١
الكويت	١٨ ٦٠٠	٢ ٢٤٠	١٣٠	٢٩٠	١,٥٦
لبنان	٦ ١٠٥	٢ ٩٠٠	١٢٠	٣٤٨	٥,٧
مصر	٤٩ ٣١٨	٢٨ ٧٩٠	١٣٠	٣ ٧٤٢	٧,٧٤
المملكة العربية السعودية	١١٤ ٤٠٠	٢٣ ٢٥٩	١٣٠	٣ ٠٢٣	٢,٦٤
اليمن	٤ ٣٥٠ <sup>(*)</sup>	١ ٥٦١	١٣٠	٢٠٣	٤,٦٧
مجموع بلدان الإسكوا	٣١٠ ٩١٥	٨٢ ٩٥٨	١٣٠	١٠ ٧٨٢	٣,٤٦

المصدر: (أ) اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، "الطاقة"، المجموعة الإحصائية لمنطقة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، العدد الرابع والعشرون، ٢٠٠٥، E/ESCWA/SCU/2004/1، ص ١٠٥.

(ب) الاتحاد العربي للإسمنت ومواد البناء، صناعة الإسمنت في الوطن العربي والعالم ١٩٩٩-٢٠٠٢، كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٣.

(ج) حسابات تقديرية استرشادا ببيانات بعض الشركات المصنعة للإسمنت في عدد من البلدان الأعضاء.

ملاحظة: (\*) لم يحسب استهلاك الغاز الطبيعي في اليمن لعدم توفر مرجعية لهذا الاستهلاك.

### جيم- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الإسمنت

يتنامى الطلب على الطاقة في صناعة الإسمنت مترافقا مع تطور الطلب على هذه المادة في الأسواق العالمية. وعقب ارتفاع أسعار الطاقة، ازداد الاهتمام العالمي بتخفيض معدلات الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الإسمنت، وذلك بتحسين كفاءة استخدام الطاقة واستخدام تجهيزات أكثر كفاءة، والسعي إلى زيادة مساهمة مصادر الوقود البديلة والرخيصة الثمن في مكونات الطاقة المستخدمة، وخاصة الكوك البترولي والنفائات الصلبة، بما في ذلك النفائات الخطرة، إضافة إلى تخفيض نسبة الكلنكر/الإسمنت، وذلك بزيادة إنتاج

الإسمنت المخلوط (البوزولاني والجيري والخبثي...)، مما يخفض الاستهلاك النوعي للطاقة لكل طن من الإسمنت المنتج.

وتتركز الإجراءات المتعلقة بترشيد استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت بالاتجاهات الرئيسية التالية: تحسين كفاءة استخدام الطاقة في عمليات التصنيع؛ وتخفيض نسبة الكلنكر/الإسمنت وإنتاج الإسمنت المخلوط؛ واستخدام مصادر الوقود البديل والنفايات.

### ١- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في عمليات التصنيع

ساهم التحول من الطريقة الرطبة إلى الطريقة الجافة، واستخدام المسخنات المسبقة المتعددة المراحل، والمكلسات المسبقة، واستخدام محركات كهربائية ومطاحن ذات كفاءة عالية، في تحقيق وفر في استهلاك الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية اللازمة لصناعة الإسمنت. وفيما يلي استعراض لإجراءات تحسين كفاءة استخدام الطاقة الأكثر شيوعاً في هذه الصناعة:

(أ) تطوير نظم التحكم في العمليات الإنتاجية واستخدام نظم تحكم مؤتمتة، والتوسع في استخدام أجهزة الحاسوب وخاصة في مطاحن الكلنكر؛

(ب) استخدام المحركات الكهربائية العالية الكفاءة، وخاصة المحركات التي تعمل لأكثر من ٣٥٠٠ ساعة سنوياً، وكذلك استخدام وحدات التدوير (للمراوح) ذات السرعة المتغيرة، والتي تساعد على تخفيض سرعة المحرك عبر التحكم بتردد أو جهد أو تيار المحرك؛

(ج) تطوير تقنيات طحن المواد الخام وطحن الإسمنت، وذلك باستخدام نظام الطحن الاسطواني ودمجه مع نظام الطحن التقليدي، إضافة إلى استخدام فارزات دينامية عالية الكفاءة، مما يساهم في تحقيق خفض ملموس في استهلاك الطاقة الكهربائية؛

(د) استخدام طرق التصنيع الحديثة، وخاصة تلك التي تعتمد على استخدام المسخن المسبق المتعدد المراحل والمكلس المسبق؛

(هـ) استخدام المواد المساعدة لعملية الطحن مثل مونو اثيلين غليكول (Mono Ethylene Glycol) لتقليل كثافة المواد التي يلزم طحنها، وزيادة قابلية التوصيل وبالتالي تقليل الاستهلاك النوعي للطاقة؛

(و) تحسين كفاءة استخدام الطاقة في الأنظمة المساعدة، كمرجل البخار والعزل الحراري ونظام الإنارة.

### ٢- تخفيض نسبة الكلنكر/الإسمنت وإنتاج الإسمنت المخلوط

يتشكل الإسمنت نتيجة لطحن الكلنكر بعد مزجه بإضافات تختلف أنواعها ونسبها حسب نوع الإسمنت المطلوب. وينتشر على نطاق واسع استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي الذي تبلغ نسبة الكلنكر/الإسمنت فيه نحو ٩٥ في المائة، إذ تضاف إلى الكلنكر نسبة لا تتجاوز ٥ في المائة من مادة الجص.

ويمكن إنتاج أنواع أخرى من الإسمنت بتخفيض نسبة الكلنكر/الإسمنت مما يؤدي إلى تخفيض الاستهلاك النوعي من الطاقة الحرارية اللازمة. ويمكن إنتاج إسمنت بورتلاندي بوزولاني أو جيري أو مركب

بإضافة ٦ إلى ٢٠ في المائة من مادة البوزولانا أو الجير، أو كليهما إلى الكلنكر<sup>(٣٢)</sup>. كما يمكن إنتاج الإسمنت الخبثي بإضافة الخبث المتبقي من صناعة الحديد بنسبة ٢٥ إلى ٣٠ في المائة؛ ويضاف كذلك في بعض الأنواع الرماد المتطاير من صناعة الفحم. وتشير الإحصاءات المتوفرة إلى أن نسبة الإسمنت المخلوط في تشكل حوالي ١٩ في المائة من كمية الإسمنت المنتج في اليابان؛ وأن المواد المضافة إلى الكلنكر تشكل حوالي ١٥ في المائة من مجمل الإسمنت المنتج في فرنسا. وحيث أن عملية تصنيع الكلنكر تستهلك النسبة القصوى من الطاقة المستهلكة (٩٥ في المائة من الطاقة الحرارية و ٢٢ في المائة من الطاقة الكهربائية)، يساهم تخفيض نسبة الكلنكر/الإسمنت في تخفيض الاستهلاك النوعي من الطاقة لكل طن من الإسمنت. وتنتج معظم شركات صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا الإسمنت البورتلاندي بنسبة ٩٥ في المائة من الكلنكر/الإسمنت. إلا أن شركة مصانع الإسمنت الأردنية أفادت بإنتاج الإسمنت البوزولاني الذي يحتوي على نسبة ١٥ في المائة من البوزولانا. ومن المفيد دراسة هذا الموضوع وتطوير إنتاج الإسمنت المخلوط بما لا يتعارض مع الشروط الفنية المطلوبة لاستخدام هذه المادة في أعمال البناء والتشييد.

### ٣- استخدام مصادر الوقود البديل والنفائيات

انطلاقاً من الاعتبارات الاقتصادية والبيئية، ازداد اهتمام مصنعي الإسمنت باستخدام مصادر الوقود البديل والنفائيات بأنواعها (الصلبة والسائلة والخطرة)، والكوك البترولي، والسجيل الزيتي، باعتبارها مصادر رخيصة تؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية المستخدمة في هذه الصناعة.

فقد تزايد الاهتمام بحرق النفائيات في صناعة الإسمنت في العديد من البلدان، حيث يساهم حرق النفائيات بنسبة ٢٧ في المائة من مجمل مصادر الطاقة اللازمة لصناعة الإسمنت في فرنسا<sup>(٣٣)</sup>، كما ساهم بنسبة ٨ في المائة من مجمل مصادر الطاقة اللازمة لصناعة الإسمنت في الولايات المتحدة الأمريكية في عام ٢٠٠٠<sup>(٣٩)</sup>. وتعتمد بعض الشركات المصنعة للإسمنت في بلدان الإسكوا مصادر الوقود البديل، إذ تستخدم شركة الإسمنت الوطنية في الإمارات العربية المتحدة حرق إطارات السيارات في الأفران إلى جانب زيت الوقود، وتستخدم شركة مصانع الإسمنت الأردنية جفت الزيتون بنسبة ٥ في المائة ضمن مزيج الوقود المستهلك لتصنيع الكلنكر في معامل الشركة بالفحيص.

وحظي الكوك البترولي، باعتباره مصدراً للطاقة، باهتمام مصنعي الإسمنت، نظراً لرخص ثمنه وارتفاع قيمته الحرارية. وينتج الكوك البترولي في الجمهورية العربية السورية والكويت ومصر، ويصدر معظم الإنتاج، بينما يستخدم فعلياً في شركة هولسيم لصناعة الإسمنت في لبنان، حيث يعتبر المصدر الرئيسي للطاقة الحرارية اللازمة لإنتاج الإسمنت، وتستهلك الشركة ما يقارب ١٢١ ألف طن سنوياً من الكوك البترولي المستورد<sup>(٣٤)</sup>.

ويمكن استخدام السجيل الزيتي كمصدر للمواد الخام في صناعة الإسمنت. فقد بينت تجربة منطقة دوتر هاوسن الألمانية أن استخدام هذه المادة في الأفران الدوارة لصناعة الكلنكر يساهم في تأمين نحو ١٠ في المائة من المواد الخام، و ١٥ في المائة من الطاقة الحرارية المستهلكة<sup>(٣٥)</sup>. ويتوفر السجيل الزيتي في الأردن حيث تقدر كمية الاحتياطي الجيولوجي بنحو ٦٥ مليار طن<sup>(٣٦)</sup>، ويستخدم بكمية محدودة في مزيج المواد الأولية الداخلة في صناعة الكلنكر في مصنع الرشيدية التابع لشركة مصانع الإسمنت الأردنية؛ كما يتوفر في الجمهورية العربية السورية حيث يقدر الاحتياطي بنحو ٧٠٠ مليون طن<sup>(٣٧)</sup>. ونظراً لأهمية هذا البند الأخير، سيفرد له فرع أساسي خاص به.

### دال- الآثار البيئية لصناعة الإسمنت<sup>(٣٤)</sup>

تعتمد صناعة الإسمنت على حرق أنواع مختلفة من الوقود، وتنتج عنها ملوثات بيئية متنوعة مثل الغبار وأكاسيد الكربون والكبريت ونفايات سائلة وصلبة مختلفة. وإضافة إلى ذلك، ينتج من تفكك كل كيلوغرام من الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) ٠,٤٤ كيلوغرام من غاز ثاني أكسيد الكربون.

ويبين الجدول ٧ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن حرق الوقود الأحفوري حسب نوع الوقود وطريقة التصنيع ونسبة الكلنكر/الإسمنت، وعلى أساس أن كمية الوقود المستخدمة لكل طن من الكلنكر هي ٣,٣٥ جيجاجول في الطريقة الجافة، ٥,٤ جيجاجول في الطريقة الرطبة، وأن كمية الكهرباء المستخدمة في أي من الطريقتين هي ٠,٣٨ جيجاجول لطن الكلنكر.

#### الجدول ٧- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (بالطن لكل طن إسمنت)

الطريقة الرطبة				الطريقة الجافة				النسبة المئوية من الكلنكر/الإسمنت
نفايات	غاز	فيول	فحم	نفايات	غاز	فيول	فحم	
٠,٣٦	٠,٥٣	٠,٥٩	٠,٦٧	٠,٣٦	٠,٤٧	٠,٥	٠,٥٥	٥٥
٠,٤٧	٠,٦٩	٠,٧٧	٠,٨٨	٠,٤٧	٠,٦١	٠,٦٦	٠,٧٢	٧٥
٠,٥٧	٠,٩٠	٠,٩٥	١,٠٩	٠,٥٧	٠,٧٥	٠,٨١	٠,٨٩	٩٥ (بورتلاندي)

المصدر: IEA Green House R & D. Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry, p. 5. Available at: [www.iegreen.org.uk](http://www.iegreen.org.uk)

وتنبعث من صناعة الإسمنت غازات أخرى أيضا مثل أكاسيد الكبريت والنتروجين (SOx) و(NOx). ويتوقف مستوى انبعاث غازات أكاسيد الكبريت (SOx) على محتوى المادة الخام والوقود من الكبريت، وتنتج غازات أكاسيد النتروجين (NOx) خلال عملية الاحتراق عبر تفاعل الآزوت الموجود في الهواء مع الأكسجين، وتعتمد كميتها على درجة حرارة التفاعل وكمية الأكسجين الزائد، بينما ينتج أول أكسيد الفحم عند الاحتراق غير الكامل للوقود.

ويعد غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعث من صناعة الإسمنت الغاز الأكثر تأثيرا على البيئة. ويمكن تخفيض انبعاثاته بتخفيض نسبة الكلنكر في صناعة الإسمنت، وذلك بالاعتماد على الإسمنت المخلوط وزيادة الاعتماد على النفايات، باعتبارها مصدرا رخيصا للطاقة، وتحسين كفاءة الاستخدام بخفض الاستهلاك الحراري النوعي.

وتساهم عملية تكسير المواد الخام وطحنها في إنتاج كميات من الأتربة، يمكن التحكم بها بتغطية سيور النقل. كما تولد عملية الحرق كميات ضخمة من الأتربة تنبعث من المداخل مسببة تلوثا كبيرا للبيئة. وتقدر نسبة الأتربة المنبعثة بنحو ٥ في المائة من كمية المادة الخام الجاهزة للحرق. وبالاستعانة بالمرسبات الإلكترونية، يمكن تقليل نسبة الهواء المحمل بالأتربة الخارجة من المداخل، مما يساهم في الحد من الأضرار البيئية والصحية الناجمة عن تلك الأتربة. وتحدد المعايير المعتمدة في كل بلد الحد الأقصى المسموح به لمحتوى الغازات المنطلقة من العادم إلى الجو، وكذلك وزن الغبار المسموح بانبعثه. ولتخفيض الانبعاثات، تستخدم أنواع مختلفة من المصافي والمرشحات والسايلونات.

#### هاء- دراسات حالة عدد من شركات صناعة الإسمنت في عدد من بلدان الإسكوا

تشكل مادة الإسمنت العنصر الأساسي في قطاع الإنشاءات الذي يحقق نموا كبيرا في بلدان الإسكوا، مما أدى إلى انتشار صناعة الإسمنت في معظم هذه البلدان لتأمين الاحتياجات المحلية من هذه المادة. وتضم بلدان

الإسكوا نحو ٩٨ مصنعا للإسمنت كخطوط إنتاج كاملة أو كمطاحن. وفيما يلي عرض لدراسات حالة لعدد من شركات الإسمنت في عدد من بلدان الإسكوا حسب المعلومات الواردة رسميا من هذه البلدان.

### ١- استعراض بعض الحالات

#### (أ) شركة مصانع الإسمنت الأردنية<sup>(٣٨ و ٣٩)</sup>

هي شركة مساهمة تمتلك الحكومة ٤٩,٥ في المائة من أسهمها. أنشئت في عام ١٩٥١ ومنحت حق إنتاج واستيراد وتسويق الإسمنت، وللشركة مصنعان رئيسيان للإسمنت:

(١) مصنع الفحيص: يقع قرب عمان، ويبلغ إنتاجه الإجمالي السنوي نحو ١,٧ مليون طن من الإسمنت. وينتج أربعة أنواع من الإسمنت، منها الإسمنت البوزولاني، حيث تصل نسبة البوزولانا إلى ١٥ في المائة. ويستخدم المصنع زيت الوقود بنسبة ٩٥ في المائة، وجفت الزيتون بنسبة ٥ في المائة لتصنيع الكلنكر، كما يستخدم الطاقة الكهربائية في جميع مراحل الإنتاج. وفي عام ٢٠٠٣، بلغ الاستهلاك النوعي لهذا المصنع من الطاقة ٣,٢ جيجا جول، و ١١٦ كيلو وات ساعة لكل طن إسمنت، أي ما يعادل ١٠٦ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن إسمنت؛

(٢) مصنع الرشيدية: يقع على بعد ٢٠٠ كيلومتر جنوب عمان، ويبلغ إنتاجه الإجمالي السنوي نحو ١,٩ مليون طن إسمنت، ويبلغ الاستهلاك النوعي لهذا المصنع من الطاقة ١٠٦ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن إسمنت.

واعتمدت شركة مصانع الإسمنت الأردنية برنامجا لتطوير وتحديث خطوط إنتاجها وتحسين كفاءتها خلال الفترة ١٩٩٥-٢٠٠٢، وذلك بهدف زيادة الطاقة الإنتاجية، وتحسين مردود الطاقة بنسبة ١٥ في المائة عبر تخفيض استهلاك زيت الوقود والطاقة الكهربائية، وتخفيض نسبة الغبار المتطاير بحيث يستوفي المعايير العالمية.

#### (ب) مصنع الإمارات للإسمنت في مدينة العين (إمارة أبو ظبي)<sup>(٤٠)</sup>

هو شركة إماراتية يملكها القطاع العام، ويبلغ إنتاج المصنع نحو ١,١ مليون طن من الإسمنت، ويستخدم الغاز الطبيعي مصدرا للطاقة الحرارية اللازمة لحرق المواد الخام. ويقدر متوسط استهلاك المصنع من الطاقة الحرارية ١٢٥ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن من الإسمنت، ومن الطاقة الكهربائية ١١٢,٥ كيلو وات ساعة لطن المواد الخام والكلنكر وتأمين الاحتياجات الأخرى، أي إن الاستهلاك النوعي من الطاقة يبلغ ١٥٤ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن من الإسمنت. ويعتبر هذا الاستهلاك مرتفعا بالمقارنة بالاستهلاك النوعي العالمي. وتتوزع كلفة الإنتاج بنسبة ٢١ في المائة للطاقة، و ٣٨ في المائة للمواد الأولية، و ٩ في المائة للصيانة والتشغيل، و ٣٢ في المائة تكاليف أخرى.

#### (ج) شركة إسمنت الخليج (إمارة رأس الخيمة)<sup>(٤١)</sup>

هي شركة إماراتية يملكها القطاع الخاص. وفي عام ٢٠٠٤، بلغ إنتاجها نحو ١,٢٦ مليون طن من مادة الكلنكر. وتستخدم الشركة الغاز الطبيعي وزيت الوقود مصدرين للطاقة الحرارية، ويقدر متوسط استهلاك الطاقة بنحو ١١١ كيلو غرام من الوقود لكل طن من الكلنكر، و ١٣٦ كيلو وات ساعة لكل طن من الإسمنت، أي

إن الاستهلاك النوعي من الطاقة يبلغ ١٤٦ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن من الإسمنت. ويعتبر هذا الاستهلاك مرتفعاً مقارنة بالاستهلاك النوعي العالمي. وتتوزع تكاليف الإنتاج بنسبة ٣٩ في المائة للطاقة، و ١٨ في المائة للمواد الأولية، و ٢٢ في المائة للصيانة والتشغيل، و ٢١ في المائة تكاليف أخرى.

#### (د) المؤسسة العامة للإسمنت ومواد البناء-معمل إسمنت عدرا في الجمهورية العربية السورية

هي شركة سورية يملكها القطاع العام<sup>(٤٢)</sup>، وتنتج الإسمنت البورتلاندي العادي. ويبلغ متوسط إنتاجها السنوي نحو ٩٠٠ ألف طن. ويشكل الغاز الطبيعي والكهرباء المصدرين الرئيسيين للطاقة. ويقدر استهلاك المؤسسة من الطاقة بنحو ١٠٢,٢ متر مكعب من الغاز الطبيعي لكل طن من الكلنكر، و ١٦٥ كيلو واط ساعة لكل طن من الإسمنت، أي إن الاستهلاك النوعي من الطاقة يبلغ ١٣٥ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن من إسمنت. وتتوزع تكاليف الإنتاج في هذه الشركة بنسبة ٤٧ في المائة للطاقة (وفقاً لتعريفه الغاز الطبيعي المحلية ٢ سنت أمريكي للمتر المكعب)، و ٣٢,٨ في المائة للصيانة والتشغيل، و ٥,٧ في المائة للمواد الأولية، و ١٤,٥ في المائة خدمات ونفقات أخرى. وقد اتخذت الشركة عدداً من الإجراءات الهادفة إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة، وذلك بتحسين التحكم بالعمليات الصناعية عبر إدخال أنظمة البرمجة والحاسوب، والعمل على تحسين كفاءة الاحتراق وتحسين معامل القدرة إلى أعلى من ٩٠ في المائة، والعزل الحراري لشبكات البخار والمياه، وتطبيق أنظمة إدارة الطاقة. وقد ساهمت هذه الإجراءات في ترشيد استهلاك الطاقة بنسبة ٣٠ في المائة. إلا أن الاستهلاك النوعي من الطاقة لا يزال مرتفعاً مقارنة بالمعدلات العالمية. وأفادت الشركة بعدم وجود إجراءات لاسترجاع الطاقة الحرارية الضائعة، وتطبيق نظم التوليد المشترك للحرارة والكهرباء، واستخدام المحركات العالية الكفاءة، وكذلك أنظمة الإنارة الموفرة للطاقة، والتي سينجم عنها في حال تطبيقها تحقيق وفور ملموسة في الطاقة المستهلكة. ومن أهم عوائق تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في الشركة قدم المصانع والتقنيات المستخدمة في الإنتاج، وغياب الوعي بأهمية إجراءات تحسين الكفاءة، وتوفير الطاقة التقليدية بأسعار مدعومة. أما فيما يتعلق بالآثار البيئية الناتجة من الغبار وغاز ثاني أكسيد الكربون، فتقدر كمية الغبار المنبعثة من مصنع الشركة بحدود ١٠٣ آلاف طن سنوياً، وكمية غاز ثاني أكسيد الكربون بأكثر من ٦٠٠ ألف طن سنوياً، أي بمعدل ٠,٧٢ طن من ثاني أكسيد الكربون لكل طن من الإسمنت منتج، ويعتبر هذا المعدل ضمن الحدود المقبولة مقارنة بالمعدلات العالمية.

#### (هـ) شركة ترابة سبيلين في لبنان

شركة مساهمة لبنانية، يملكها القطاع الخاص<sup>(٤٣)</sup>. وفي عام ٢٠٠٤، أنتجت الشركة حوالي ٧٠٠ ألف طن من الإسمنت البورتلاندي. وتستخدم الشركة زيت الوقود والطاقة الكهربائية مصدرين للطاقة، ويتوزع استهلاكها وفق النسب التالية: تكسير واستخراج المواد الأولية والتعبئة والخدمات ٦,٦ في المائة، وطحن المواد الأولية ١٩ في المائة، وإنتاج الكلنكر داخل الأفران ٣٥ في المائة، ومطاحن الكلنكر ٣٩ في المائة. وفي عام ٢٠٠٣، بلغ الاستهلاك النوعي للشركة من الطاقة حوالي ١١٠ كيلو غرامات مكافئ نפט، وفقاً لتقديرات الشركة، وهو رقم يقارب المتوسط العالمي. ويعود ذلك إلى حداثة المعدات الرئيسية المستعملة في عملية التصنيع واهتمام إدارة الشركة بتنفيذ برامج الصيانة الوقائية والدورية. وقد توزعت تكاليف الإنتاج بنسبة ٦٠ في المائة للطاقة، و ١٠ في المائة للصيانة والتشغيل، و ١٠ في المائة للمواد الأولية، وتكاليف أخرى. وبهدف تحسين الشروط البيئية، عمدت الشركة إلى تجهيز بعض مراحل الإنتاج وتحديد المطاحن والأفران بفلاتر كهربائية وفلاتر ميكانيكية، لالتقاط الجزيئات وذرات الغبار الناتجة من عملية التصنيع حيث يعاد إدخال الغبار أو خلاصة الإسمنت في عملية التصنيع، مما يؤدي إلى خفض تكاليف الإنتاج. وكذلك يعاد تدوير بعض النفايات السائلة من زيوت ومواد تشحيم وأوراق وفضلات وأخشاب وحرقتها في الأفران. وقد نظمت حملات تشجير في

ضواحي المصنع للتخفيف من تأثير الملوثات المنبعثة منه. واعتمدت الشركة العديد من التقنيات لترشيد استهلاك الطاقة في عملية الإنتاج، ومنها استخدام التقنيات الحديثة والحاسوب، ونظم استرجاع الفاقد الحراري وتحسين كفاءة الاحتراق، وتحسين معامل القدرة، واعتماد محركات وأجهزة إنارة عالية الكفاءة، مما أدى إلى خفض ملحوظ في معدل استهلاك الطاقة، ووصل إلى نحو ٧٠ في المائة، وقد أجرت الشركة مراجعة لحساب الطاقة في مطلع العام ٢٠٠٤. كما تعتمد معايير الجودة الصادرة عن المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO 9001/2000)، وهي حائزة على شهادة معهد البحوث الصناعية في لبنان.

وأهم المشاكل والعوائق التي تواجه الشركة في محاولتها لترشيد الاستهلاك وخفض كلفة الإنتاج تتمثل في عدم توفر رأس المال اللازم لإجراء تحديث جذري في المصنع، وارتفاع أسعار الطاقة وخاصة الطاقة الكهربائية. وفي عام ٢٠٠٥، أنشأت الشركة خط إنتاج جديد يعتمد على استخدام الكوك البترولي مصدرا للطاقة الحرارية، وذلك في محاولة لتخفيض كلفة الإنتاج وترشيد استهلاك الطاقة، وزيادة القدرة التنافسية في الأسواق العالمية. وتعد الشركة دراسات عن إمكانية استعمال النفايات الصلبة لتشغيل الأفران.

#### (و) شركة هولسيم في لبنان

شركة مساهمة لبنانية يملكها القطاع الخاص<sup>(٣٤)</sup>. وفي عام ٢٠٠٤، بلغ إنتاجها ١,٤ مليون طن من الإسمنت. وتعتمد الشركة على استهلاك الفحم والكوك البترولي المستورد باعتبارهما مصدرين رئيسيين للطاقة الحرارية وعلى الطاقة الكهربائية المنتجة ذاتيا باستخدام زيت الوقود. وبلغ الاستهلاك النوعي للشركة من الطاقة ٩٧ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن من الكلنكر و ١٣٥ كيلو وات ساعة لكل طن من الإسمنت، أي بكمية إجمالية متوسطها ١٣٢ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن من الإسمنت. وقد بلغت الطاقة الكهربائية المستهلكة ١٨٩ مليون كيلو وات ساعة في عام ٢٠٠٤، موزعة بنسبة واحد في المائة لتكسير المواد الأولية، و ٣٥ في المائة لطحن المواد الخام، و ٢٢ في المائة للحرق في الفرن، و ٤١ في المائة لطحن الإسمنت، وواحد في المائة للتعبئة والشحن.

وتتميز شركة هولسيم باستخدامها للكوك البترولي في صناعة الإسمنت، مما يساهم في تخفيض تكاليف الإنتاج عموما وتكاليف الطاقة خصوصا. وقد توزعت تكاليف الإنتاج الإجمالية بنسبة ٥٢ في المائة للطاقة، و ١٣ في المائة للمواد الأولية، و ٢١ في المائة للصيانة والتشغيل، و ١٤ في المائة للأمر الأخرى.

وقد اعتمدت الشركة إجراءات عديدة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة منها: رفع كفاءة التصنيع باستخدام التقنيات الحديثة والتسيير الآلي لكل خط إنتاج، واسترجاع الطاقة الحرارية من مخرج الفرن وإعادة استعمالها في تسخين المواد الأولية، وتحسين كفاءة الاحتراق باستخدام حراقات متطورة، واستخدام غازات العادم لوحداث التوليد لتسخين زيت الوقود، واستخدام محركات كهربائية حديثة عالية الكفاءة، واستخدام أجهزة بخار الصوديوم للإنارة مع أجهزة توقيت زمني لتقنين الاستهلاك، وتحسين معامل القدرة باستعمال المكثفات. كما اعتمدت الشركة عدة إجراءات للتخفيف من آثار الملوثات البيئية التي تنجم عن هذه الصناعة ومنها: تحديث المصافي وتحسين أدائها، وتحسين مواصفات الوقود، والحد من الهدر في المواد الأولية وفي المحروقات، وفرز وإعادة استعمال النفايات القابلة للتدوير داخل المصنع.

#### (ز) شركة مصر بني سويف للإسمنت

هي شركة مصرية يملكها القطاع الخاص<sup>(٤٤)</sup>. وفي عام ٢٠٠٣، بلغ إنتاجها ١,٢٢ مليون طن من الكلنكر. وهي تعتمد على الطاقة الكهربائية والغاز الطبيعي مصدرين رئيسيين للطاقة، بحيث استهلكت ١١٨ متر مكعب من الغاز الطبيعي لكل طن من الكلنكر و ١٠٠ كيلو وات ساعة لكل طن من الإسمنت تتوزع على النحو التالي: ٢٨,٨٥ في المائة لطحن وتكسير المواد الخام، ٢٤,٨٨ في المائة لحرق وتبريد الكلنكر، و ٣٧,٩٩ في المائة لطحن الإسمنت، والتعبئة، و ٨,٢٨ في المائة للخدمات. وبذلك بلغ الاستهلاك النوعي لهذه الشركة من الطاقة ١٣٦ كجم م.ن كل طن من الإسمنت المنتج، وهو رقم مرتفع مقارنة بمتوسط مؤشرات الاستهلاك النوعي العالمي. وقد أوضحت الشركة أنها بصدد إعداد نظام للصيانة الوقائية وتحسين معامل القدرة بحيث لا يقل عن ٩٥ في المائة، واستخدام أنظمة لإدارة الطاقة، وذلك بهدف تخفيض الاستهلاك الحراري اللازم لإنتاج الكلنكر. ويلاحظ عدم تطبيق الشركة حالياً لأنظمة متطورة في مجال التحكم في العمليات الصناعية وغياب أنظمة استرجاع الحرارة الضائعة والإنارة الموفرة للطاقة.

### (ح) شركة إسمنت حلوان في مصر<sup>(٤٥)</sup>

هي شركة مصرية يملكها القطاع العام، وتنتج الإسمنت البورتلاندي والإسمنت المقاوم للكبريتات والإسمنت الأبيض. وتستخدم الشركة زيت الوقود والغاز الطبيعي والكهرباء مصادر للطاقة. ويقدر الاستهلاك النوعي للطاقة بنحو ٩٠ كيلو غراما من الوقود و ١٣٠ كيلو وات ساعة من الطاقة الكهربائية. وقد ساهمت الإجراءات التي اتخذتها الشركة في تخفيض الاستهلاك النوعي للطاقة في إنتاج الإسمنت البورتلاندي من ١٢٥ إلى ٩٠ كيلو غراما من الوقود لكل طن من الإسمنت، وتخفيض الطاقة الكهربائية المستهلكة من ١٥٩ إلى ١٣٠ كيلو وات ساعة لكل طن من الإسمنت، أي باستهلاك نوعي قدره ١٢٥ كيلو غرام مكافئ نפט لكل طن من الإسمنت المنتج. وتخطط الشركة لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية إلى ١١٦ كيلو وات ساعة لكل طن بتعديل وتحديث مطاحن الإسمنت. وتتوزع تكاليف الإنتاج الإجمالية بنسبة ٣٠ في المائة للطاقة، ٢٧ في المائة للصيانة والتشغيل، و ١٠ في المائة للمواد الأولية.

## ٢- مؤشرات استهلاك الطاقة في عدد من شركات صناعة الإسمنت في بعض بلدان الإسكوا

### الاستهلاك النوعي من الطاقة

يبين الجدول ٨ بعض المؤشرات الخاصة باستهلاك الطاقة في عدد من شركات صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا التي تعتمد الطريقة الجافة، وذلك مقارنة بمتوسط الاستهلاك النوعي في بعض البلدان المنتجة الرئيسية للإسمنت في العالم.

### الجدول ٨- مؤشرات استهلاك الطاقة في عدد من مصانع الإسمنت في بلدان الإسكوا ومقارنتها بالشركات العالمية التي تستخدم الطريقة الجافة

الشركة	استهلاك الوقود (كيلو غرام مكافئ نפט لطن الكلنكر)	استهلاك الكهرباء (كيلو وات ساعة لطن الإسمنت)	الاستهلاك النوعي للطاقة		نوع الوقود
			النسبة من المتوسط العالمي	كيلو غرام مكافئ نפט لطن الإسمنت	
شركة مصانع الإسمنت الأردنية <sup>(أ)</sup>	٧٦,٥	١١٦	٩٦	١٠٦	سائل
مصنع الإمارات للإسمنت <sup>(ب)</sup>	١٢٥	١١٢,٥	١٤٠	١٥٤	غاز
شركة إسمنت الخليج <sup>(ج)</sup>	١١١	١٣٥,٨٥	١٣٣	١٤٦	غاز ووقود سائل

غاز	٤٧	١٢٤	١٣٦	١٦٥,٤	٩٥	معمل إسمنت عدرا سورية <sup>(د)</sup>
سائل	٦٠	١٠٠	١١٠	١٠٧	٧٩	شركة ترابة سبيلين لبنان <sup>(هـ)</sup>
فحم+كوك	٥٢	١٢٠	١٣٢	١٣٥	٩٧	هولسيم لبنان <sup>(و)</sup>
وقود سائل	٣٠	١١١	١٢٢	١٣٠	٩٠	شركة إسمنت حلوان <sup>(ز)</sup>
غاز		١١٥	١٢٧	١٠٠	١٠٣	شركة مصر بني سويف للإسمنت <sup>(ح)</sup>
		٨٦	٩٥	٨٩	٧٣,٣	الهند <sup>(ط)</sup>
		٨٦	٩٥	٩٠	٨٤	ماليزيا <sup>(ي)</sup>
		٧٩	٨٧	١١٠	٦٠	اليابان <sup>(ك)</sup>
فحم+كوك+نفائيات		١١٤	١٢٥	٥٠	١١٢	الولايات المتحدة الأمريكية <sup>(ل)</sup>
		١١٥	١٢٧	-	-	الصين
		١٠٠	١١٠	٨٨	٨٦	المتوسط العالمي
		٨٥	٩٣	٧٥	٧٣	أحدث التقنيات

المصدر: معلومات رسمية واردة من شركات تصنيع الإسمنت في بلدان الإسكوا. المعلومات المتوفرة حول استهلاك الطاقة في عدد من البلدان المنتجة والمشار إليها وإلى مراجعتها في سياق الدراسة.

- (أ) استبيان شركة مصانع الإسمنت الأردنية (مصنع الفحيص).
- (ب) استبيان مصنع الإمارات للإسمنت.
- (ج) استبيان شركة إسمنت الخليج، رأس الخيمة.
- (د) الاستبيان المتضمن المعلومات الواردة من المؤسسة العامة للإسمنت ومواد البناء، معمل إسمنت عدرا، الجمهورية العربية السورية.
- (هـ) الاستبيان المتضمن المعلومات الواردة من شركة ترابة سبيلين، لبنان.
- (و) استبيان شركة هولسيم لصناعة الإسمنت، لبنان.
- (ز) استبيان شركة إسمنت حلوان، مصر.
- (ح) الاستبيان المتضمن المعلومات الواردة من شركة مصر بني سويف للإسمنت، مصر.
- (ط) *Energy Management Policy - Guidelines for Energy Intensive Industry in India*, <http://www.teriin.org/reports>
- (ي) *Energy-use Benchmarks for the Cement Sector*. [www.ptm.org.my/mieeip](http://www.ptm.org.my/mieeip)
- (ك) *Data by Segment - Cement Business*. [www.taiheiyo-cement.jp/english](http://www.taiheiyo-cement.jp/english)

(ل) U.S. Department of Energy, *Energy and Emission Reduction Opportunities for the Cement Industry*, Industrial Technologies Program. 29 December 2003.

ويتضح من الجدول ٨ أن معدل استهلاك الوقود لإنتاج طن واحد من الكلنكر يتفاوت بين شركة وأخرى. ففي مصنع الإمارات للإسمنت، بلغ معدل الاستهلاك ١٢٥ كيلو غرام مكافئ لطن، أي ١,٤٥ أمثال المتوسط العالمي، و ١,٧١ أمثال معدل المصانع التي تستخدم أحدث التقنيات العالمية؛ وفي شركة ترابة سبيلين اللبنانية يبلغ معدل الاستهلاك ٧٩ كيلو غرام مكافئ لطن، أي ٩٢ في المائة من المتوسط العالمي و ١٠٨ في المائة من معدل المصانع التي تستخدم أحدث التقنيات. وقد يكون سبب هذا الفارق رخص استهلاك الوقود الذي أدى إلى زيادة هذا الاستهلاك في الحالة الأولى، واستهلاك الوقود بالسعر العالمي الذي أدى إلى ترشيد هذا الاستهلاك في الحالة الثانية.

ويتضح من الجدول ٨ كذلك أن معدل استهلاك الكهرباء لإنتاج طن واحد من الإسمنت يتفاوت بين شركة وأخرى. ففي شركة إسمنت عدرا السورية يبلغ معدل الاستهلاك ١٦٥ كيلو وات ساعة للطن، أي ما يعادل ١,٨٨ أمثال المتوسط العالمي، و ٢,٢ أمثال المصانع التي تستخدم أحدث التقنيات العالمية؛ وفي شركة ترابة سبيلين اللبنانية يبلغ معدل الاستهلاك ١٠٧ كيلو وات ساعة للطن، أي ما يعادل ١,٢٤ أمثال المتوسط العالمي و ١,٤٢ أمثال المصانع التي تستخدم أحدث التقنيات. وقد يكون السبب في هذا الفارق رخص تعريف الكهرباء وملكية الشركة العائدة للقطاع العام في الحالة، وملكية الشركة العائدة للقطاع الخاص في الحالة الثانية.

ويتضح من الجدول ٨ أيضاً أن معدل الاستهلاك النوعي الإجمالي من الطاقة (كمية الطاقة المستهلكة لإنتاج طن من الإسمنت) يتفاوت بين شركة وأخرى. ففي شركة الإسمنت الأردنية يبلغ المعدل ١٠٦ كيلو غرامات مكافئ لطن، وهو بنسبة ٤ في المائة من المتوسط العالمي وأعلى بنسبة ١٤ في المائة

من معدل الشركات التي تستخدم أحدث التقنيات؛ وفي مصنع الإمارات للإسمنت بلغ معدل الاستهلاك ١٥٤ كيلو غرام مكافئ لطن، أي ما يعادل ١,٤٠ أمثال المتوسط العالمي و١,٦٦ أمثال المصانع التي تستخدم أحدث التقنيات. وقد يكون السبب في هذا التفاوت ارتفاع أسعار الطاقة المستهلكة في الحالة الأولى، ورخص أسعارها في الحالة الثانية، مما يتطلب إعادة نظر في إجراءات الترشيد وتحسين الكفاءة حتى في الشركات التي تحصل على الطاقة بأسعار رخيصة. وما يدعم هذا التحليل هو أن كلفة الطاقة تشكل ٢١ في المائة من كلفة الإنتاج الإجمالية في شركة الإمارات.

وبوجه عام يتبين مدى التفاوت في مؤشرات استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت بين بلدان الإسكوا من جهة، وبينها وبين المؤشرات العالمية. فقد حققت عدة شركات مؤشرات مقبولة في استهلاك الطاقة، وخاصة الشركات التي يمتلكها القطاع الخاص والتي تحصل على مصادر الطاقة وفق الأسعار الاقتصادية العالمية مما دفعها إلى اتخاذ إجراءات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة، كما هي الحال في الشركات اللبنانية والشركة الأردنية. أما في الشركات التي تحصل على الطاقة بأسعار مدعومة أو تلك التي تعود ملكيتها للقطاع العام، فمؤشرات الكفاءة منخفضة بالمقارنة مع المؤشرات العالمية. والجدير بالذكر أن إنتاج الإسمنت في عدد من خطوط إنتاج الإسمنت في الجمهورية العربية السورية ومصر لا يزال يجري بالطريقة الرطبة، وأن استهلاك الطاقة الحرارية في بعض خطوط الإنتاج العاملة بالطريقة الرطبة في مصر يتراوح بين ٢٣٠ و ٢٥٠ متر مكعب من الغاز (٢١٤ و ٢٣٢ كيلو غرام مكافئ لطن)، مما يتجاوز ضعف الاستهلاك بالطريقة الجافة<sup>(٤٦)</sup>.

وتشكل كلفة الطاقة نسبة كبيرة من كلفة الإنتاج في صناعة الإسمنت، وتتراوح بين ٢١ و ٦٠ في المائة، وذلك حسب أسعار الطاقة المحلية وطريقة التصنيع المعتمدة وكلفة الصيانة والتشغيل. وقد اتضح من الجدول ٨ أن هذه النسبة منخفضة في شركة إسمنت حلوان في مصر وفي مصنع الإمارات للإسمنت وفي معمل إسمنت عدرا في الجمهورية العربية السورية، بسبب الدعم الكبير الذي تحظى به أسعار الطاقة في هذه البلدان، بينما هي مرتفعة في الشركات اللبنانية حيث تباع الطاقة بأسعار مرتفعة، وقد ساهم استخدام الكوك البترولي في شركة هولسيم لبنان بتخفيض نسبة كلفة الطاقة لدى هذه الشركة بنسبة ٨ في المائة بالمقارنة مع شركة ترابة سبيلين (باستخدام الوقود السائل) بالرغم من ارتفاع معدل الاستهلاك النوعي.

### ٣- تحسين كفاءة الطاقة في شركات الإسمنت

ويهدف تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا، عمدت معظم الشركات إلى اتخاذ إجراءات منها: (أ) رفع كفاءة التصنيع باستخدام التقنيات الحديثة والحاسوب والتسيير الآلي لخطوط الإنتاج؛ (ب) استرجاع الطاقة الحرارية من مخرج الفرن وإعادة استعمالها في تسخين المواد الأولية؛ (ج) تحسين كفاءة الاحتراق باستخدام حراقات متطورة؛ (د) استخدام غازات العادم لوحدة التوليد لتسخين زيت الوقود؛ (هـ) استخدام محركات كهربائية حديثة عالية الكفاءة؛ (و) استخدام أجهزة بخار الصوديوم للإنارة مع أجهزة توقيت زمني لتقنين الاستهلاك؛ (ز) تحسين معامل القدرة باستعمال المكثفات؛ (ح) العزل الحراري لشبكات البخار والمياه. وقد حققت هذه الإجراءات نتائج جيدة في بعض الشركات حيث ساهمت في تخفيض الاستهلاك النوعي من الطاقة في شركات صناعة الإسمنت في الأردن ولبنان حيث لا تتمتع أسعار الطاقة التقليدية بالدعم. ويبين الجدول ٩ إجابات الشركات المصنعة عن مدى تطبيق تقنيات ترشيد استهلاك الطاقة.

## الجدول ٩- إجابات الشركات المصنعة للإسمنت عن مدى تطبيق تقنيات ترشيد استهلاك الطاقة

التقنية	معمل إسمنت عدرا	مصانع الإسمنت الأردنية	مصر بني سويف للإسمنت	هولسيم لبنان
١- التحكم بعمليات التصنيع	نعم	نعم	لا	نعم
٢- استخدام نظم استرجاع الحرارة الضائعة	لا	نعم	لا	نعم
٣- تحسين كفاءة الاحتراق	نعم	نعم	نعم	نعم
٤- أنظمة إدارة الطاقة	نعم	نعم	نعم	نعم
٥- أنظمة التوليد المشتركة	لا	لا	لا	نعم جزئياً
٦- تحسين معامل القدرة	نعم	نعم	نعم	نعم
٧- المحركات العالية الكفاءة	لا	نعم	نعم	نعم
٨- العزل الحراري	نعم	نعم	نعم	نعم
٩- إنارة عالية الكفاءة	لا	-	لا	نعم جزئياً

المصدر: استبيانات الشركات المصنعة للإسمنت.

### ٤- عوائق تطبيق إجراءات تحسين كفاءة الطاقة في شركات الإسمنت

تتلخص العوائق التي تحول دون تنفيذ إجراءات فعالة لتحسين كفاءة الطاقة في صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا بما يلي: (أ) قدم المصانع والتقنيات المستخدمة في بعض البلدان؛ (ب) توفر الطاقة التقليدية بأسعار منخفضة؛ (ج) غياب الوعي بأهمية إجراءات تحسين الكفاءة؛ (د) عدم توفر رأس المال اللازم للتحديث، حتى لو وجدت الرغبة في ذلك.

### الجدول ١٠- عوائق ترشيد استخدام الطاقة وترتيبها حسب الأهمية

العائق	معمل إسمنت عدرا	تراية سبيلين للإسمنت	مصر بني سويف للإسمنت	مصانع الإسمنت الأردنية	هولسيم لبنان
غياب المعلومات والبيانات حول الاستهلاك السنوي وكثافة استهلاك الطاقة	١	-	٤	٤	٢
غياب الرأسمال اللازم لتطبيق التقنيات	٢	١	٣	٢	١
غياب الرقابة والمعايير من قبل مؤسسات الدولة	٤	-	١	٥	٥
غياب الوعي العام بأهمية الترشيد	٣	-	٥	٣	٣
توفر الطاقة التقليدية بأسعار منخفضة	٥	-	٢	١	٤

المصدر: استبيانات الشركات المصنعة للإسمنت.

### واو- بدائل الوقود في صناعة الإسمنت

#### ١- استخدام النفايات مصدراً للطاقة في صناعة الإسمنت

تحرق النفايات في أفران الإسمنت لتستخدم مصدراً للوقود، وخاصة في أوروبا، حيث تفرض قيود مشددة على حرق النفايات في المحارق ورمي النفايات في المطامر. واعتبر استخدام النفايات في صناعة الإسمنت في العديد من البلدان الأوروبية أحد سبل معالجة النفايات.

وقد أوجب التشريع الأوروبي، الصادر في عام ١٩٩٤ والخاص بحرق النفايات الخطرة<sup>(٤٧)</sup>، أن تحرق النفايات على درجات حرارة أعلى من ٨٥٠ درجة مئوية، وألا يقل زمن مكوث غازات الاحتراق على هذه الدرجة عن ثانييتين. وتحقق أفران الإسمنت هذه الشروط، حيث درجة الحرارة تصل إلى ١٤٥٠ درجة مئوية

وزمن مكوث غازات الاحتراق لا يقل عن خمس إلى ست ثوان لإنتاج الكلنكر. ولذلك يمكن اعتبار أفران الإسمنت ملائمة لحرق النفايات بأنواعها حتى الخطرة منها. وضمن هذه الشروط، يتجاوز معامل تحطيم الجزئيات العضوية ٩٩،٩٩ في المائة، وهو رقم يتوافق مع الشروط المشددة التي تفرضها وكالة حماية البيئة للولايات المتحدة الأمريكية.

ويتميز حرق النفايات الصناعية في أفران الإسمنت بعدد من المزايا الاقتصادية والبيئية أهمها: تفادي الأضرار الناجمة عن طمر النفايات في المطامر؛ والحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة لحرق النفايات في المحارق؛ وتوفير كميات كبيرة من الوقود الأحفوري كانت ستؤدي إلى إطلاق كميات إضافية من غاز ثاني أكسيد الكربون؛ وضمان حصول إتلاف كامل للنفايات، نظرا لشروط الحرق التي تستوفيها أفران الإسمنت، وخاصة درجات الحرارة العالية وزمن المكوث والتخلص من الرماد المتبقي الناجم عن حرق النفايات بدمجه في مادة الكلنكر مما يحوله إلى منتج مفيد اقتصاديا؛ وتخفيض تكاليف صناعة الإسمنت باستخدام مصادر وقود رخيصة، كما يمكن في بعض الحالات استيفاء رسم مادي من مولدي النفايات لقاء تخلصهم منها وإمكانية تحقيق خفض ملموس في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وذلك عند حرق بعض أنواع النفايات في أفران الإسمنت بدلا من حرقها في المحارق العادية.

وتعتبر فرنسا من البلدان الرائدة في استخدام النفايات في أفران الإسمنت. ففي عام ٢٠٠٠، جرى استخدام حوالي ٣٠٠ ألف طن مكافئ نפט من النفايات المستخدمة في أفران الإسمنت. وتساهم النفايات حاليا بنسبة ٢٧ في المائة من مجموع مصادر الطاقة اللازمة لصناعة الإسمنت في فرنسا<sup>(٣٣)</sup> وبنسبة ٨ في المائة من مجموع مصادر الطاقة المستهلكة لإنتاج الإسمنت في الولايات المتحدة الأمريكية<sup>(٣٩)</sup>، وبلغت كمية الطاقة المستخرجة من النفايات حوالي ٩٠٠ ألف طن ووقود مكافئ نפט. وفي عام ٢٠٠٢، استخدم اليابان حوالي ٦,٦٤ مليون طن من النفايات المختلفة كمواد خام ووقود في صناعة الإسمنت بحيث بلغ معدل مساهمة النفايات ٢٩٦ كيلوغرام لكل طن من الإسمنت، منها ٢٧٤,٩ كمود خام و٢٠,٧ كوقود. وتهدف الخطة إلى الوصول بالرقم إلى ٤٠٠ كيلوغرام لكل طن إسمنت في عام ٢٠١٠<sup>(٣٠)</sup>. وتتكون النفايات المستخدمة من الزيوت وإطارات السيارات المستعملة والمخلفات الحيوانية ومخلفات الصرف الصحي من محطات المعالجة والمذيبات.

## ٢- استخدام الكوك البترولي كمصدر للطاقة في صناعة الإسمنت

يعتبر الكوك البترولي (فحم الكوك) أحد المنتجات الثانوية في مصافي النفط التي تعتمد على تكرير النفط الخام الثقيل، حيث تفصل المشتقات النفطية الخفيفة من النفط الخام المكرر، وتتبقى كميات كبيرة من المخلفات الثقيلة التي تعالج حراريا بواسطة عملية التفحيم للحصول على منتجات خفيفة. وتتبقى نتيجة لذلك مادة قاسية تتألف من الكربون وبعض بقايا النفط، وتحتوي على نسبة عالية من الكبريت والمعادن الثقيلة مثل الفاناديوم والنيكل تسمى الكوك البترولي، ويتميز بقيمة حرارية عالية ومحتوى منخفض من المواد المتطايرة والرماد، ودرجة حرارة اشتعال مرتفعة ومحتوى مرتفع من الكبريت والنتروجين.

ويصنف الكوك البترولي إلى نوعين رئيسيين وفقا لمحتواه من الكبريت: (أ) كوك الأقطاب الكهربائية ويحتوي على أقل من ٢ في المائة من الكبريت، ويستخدم في صناعة الألمنيوم وال فولاذ والصناعات البتروكيميائية، وذلك بعد معالجته بطريقة الكلجنة لتحسين مواصفاته الفيزيائية؛ (ب) الكوك البترولي الأخضر، ويحتوي على أكثر من ٢ في المائة من الكبريت ويستخدم في صناعة الإسمنت كوقود بديل، وفي توليد الطاقة الكهربائية.

ويمكن زيادة ريعية الكوك البترولي باستخدام تقنية التغويز (Gasification) التي تعتمد على تسخين الكوك بوجود الأكسجين إلى درجة حرارة ٤٠٠ ١ درجة مئوية وتحويله إلى مزيج من الغازات الهيدروكربونية مثل الميثان والايثان والبروبان والهيدروجين. وبعد تخليصه من الشوائب الكبريتية في وحدات المعالجة يصبح جاهزا للاستخدام في الصناعات البتروكيميائية أو وقودا في محطات التوليد الكهربائية.

وحظي الكوك البترولي كمصدر للطاقة باهتمام متزايد من مصنعي الإسمنت نظرا لرخص ثمنه وارتفاع قيمته الحرارية وإمكانية امتصاص ما يحتويه من الكبريت بسهولة عبر الحجر الجيري، المكون الأساسي لمادة الكلنكر. وازدادت نسبة مساهمته في صناعة الإسمنت في الولايات المتحدة الأمريكية من ١ في المائة في عام ١٩٧٠ إلى ١٥ في المائة من مجمل كمية الطاقة المستهلكة في صناعة الإسمنت في عام ٢٠٠٠<sup>(٢٩)</sup>. كما ساهم بنسبة ١٣ في المائة من مجمل مصادر الطاقة اللازمة لصناعة الإسمنت في كندا في عام ١٩٩٨.

وينتج الكوك البترولي في ثلاثة من بلدان الإسكوا هي<sup>(٤٨)</sup>:

#### (أ) الجمهورية العربية السورية

يجري إنتاج الكوك البترولي في مصفاة حمص بكمية تتراوح بين ١٤٠ و ١٧٠ ألف طن سنويا وفقا لنوع وكمية النفط الخام المكررة. ويستخدم حاليا حوالي نصف الكميات المنتجة في السوق المحلية لأغراض تجارية وزراعية<sup>(٤٩)</sup> بينما تصدر الكميات المتبقية إلى الأسواق الخارجية بأسعار رخيصة جدا. وقد اقترح العديد من الخبراء والاستشاريين استخدام هذه المادة في صناعة الإسمنت المحلية، حيث يعتبر ذلك الأكثر جدوى من الناحية الاقتصادية.

#### (ب) الكويت

يجري إنتاج الكوك البترولي في مصفاة ميناء عبد الله، ويبلغ الإنتاج السنوي ٦٠٠ ألف طن من الكوك البترولي الأخضر الذي يصدر القسم الأكبر منه.

#### (ج) مصر

يجري إنتاج الكوك البترولي في شركة السويس لتصنيع البترول وكمية تصل إلى حوالي ١٠٠ ألف طن سنويا. وتصل نسبة الكبريت فيه إلى حوالي ٦ في المائة من الوزن، ويستخدم جزء منه في توليد الطاقة الكهربائية في المصفاة، ويبيع القسم المتبقي في السوق المحلية. كما تنتج شركة بترول الشرق الأوسط (ميدور) حوالي ٣٣٠ ألف طن سنويا وبنسبة كبريت تتراوح بين ٦ و ٧ في المائة من الوزن ويخطط لتصدير كامل الكميات المنتجة ولعشرة أعوام مقبلة إلى الولايات المتحدة الأمريكية.

وهذه البلدان الثلاثة المنتجة للكوك البترولي هي بلدان منتجة للنفط والغاز الطبيعي. ونظرا لتوفر الوقود التقليدي، لم تول اهتماما كبيرا لاستخدام هذه المادة في صناعة الإسمنت أو في توليد الطاقة الكهربائية. كما إن القائمين على صناعة الإسمنت لم يولوا هذا الموضوع أي اهتمام لتوفر زيت الوقود والغاز الطبيعي بأسعار مدعومة، هي أدنى من الأسعار العالمية، مما يضعف الدوافع لدى مصنعي الإسمنت في هذه البلدان للبحث عن مصادر بديلة للوقود.

ويستخدم الكوك البترولي فعليا في صناعة الإسمنت في شركة هولسيم لبنان، حيث يعتبر المصدر الرئيسي للطاقة الحرارية اللازمة لإنتاج الإسمنت، مما يساهم في تخفيض كلفة الإنتاج الإجمالية. وقد شكلت

كلفة الطاقة نسبة ٥٢ في المائة من الكلفة الإجمالية في هذه الشركة في حين بلغت ٦٠ في المائة في شركة ترابة سبلين اللبنانية علما بأن الشركتين تحققان معدلات منخفضة في الاستهلاك النوعي من الطاقة، تقارب المعدلات العالمية. وبادرت شركة ترابة سبلين في لبنان إلى إنشاء خط إنتاج جديد لاستخدام الكوك البترولي المستورد، وتسعى شركة الإسمنت الأردنية إلى الحصول على الموافقات اللازمة لاستيراد هذه المادة واستخدامها.

### ٣- استخدام السجيل الزيتي مصدرا للطاقة ومادة خام في صناعة الإسمنت

يتوفر السجيل الزيتي في الأردن والجمهورية العربية السورية. وبينت الدراسات أن استخدام هذا السجيل مصدرا للطاقة لا يزال مكلفا. وقد أشارت البيانات المتوفرة عن صناعة الإسمنت إلى إمكانية استخدام السجيل الزيتي مادة خام ومصدرا للطاقة في هذه الصناعة، كما تشير إلى ذلك التجربة الألمانية.

وتتوفر في منطقة دوتر هاوسن<sup>(٣٥)</sup> الألمانية رسوبيات من السجيل الزيتي بسماكة ٩ أمتار وعلى شكل طبقات قريبة من السطح، وقيمتها الحرارية الصغرى ٣٤٠٠ كيلو جول للكيلوغرام، ومحتوى الزيت فيها ٤٠-٤٥ ليترًا للطن، ومحتوى الرماد ٧١ في المائة. ووفقا لهذه الخصائص، لا يعد استثمار هذه المادة كمصدر للطاقة اقتصاديا. ولذلك جرى التوجه نحو استخدامها لصناعة الإسمنت منذ عام ١٩٣٠. ومع مرور السنين جرى تطوير الطرق المستخدمة. وحاليا يجري استخدام أسلوبين لإنتاج الإسمنت من هذه المواد: (أ) استخدام الأفران الدوارة لصناعة الكلنكر؛ (ب) استخدام وحدات السرير المائع لصناعة السجيل المحروق والمقسى بالماء، وكذلك توليد الطاقة الكهربائية. ويساهم السجيل الزيتي بتأمين حوالي ١٠ في المائة من المواد الخام اللازمة لإنتاج الكلنكر بالأفران الدوارة و١٦,٥ في المائة من الطاقة الحرارية المستهلكة. وينتج كل طن واحد من السجيل ٠,٧١ طن من السجيل المحروق المقسى بالماء و ٢٧٠ كيلو وات ساعة، وتحقق مواصفات السجيل المحروق المعيار الأوروبي لصناعة الإسمنت (EN-197-1)، كما إن الإسمنت المصنع بإضافة هذه المادة يتسم بنوعية عالية تنافس الإسمنت البورتلاندي العادي ويمكن استخدامه في جميع المجالات التي تتطلب استخدام الإسمنت. ويضاف السجيل المحروق إلى الكلنكر بنسبة ٣٥ في المائة كحد أقصى، بنسبة محتوى ثالث أكسيد الكبريت (SO3) في الإسمنت بحيث لا تتجاوز هذه النسبة ٤,٥ في المائة. ولا حاجة إلى إضافة أية مركبات كبريتية أخرى كالجص.

ويتوفر السجيل الزيتي في الأردن<sup>(٣٦)</sup> باحتياطيات كبيرة تنتشر في مواقع عديدة من البلد، حيث يوجه اهتمام كبير لاستثمار هذه المادة، وتقدر كمية الاحتياطي الجيولوجي بحوالي ٦٥ مليار طن. ويتميز السجيل الأردني بالموصفات التالية: نسبة المواد العضوية ١٨ إلى ٢٩ في المائة، محتوى الزيت الوسطي ٥,٧ إلى ١١ في المائة، نسبة الكبريت ٢,٤ إلى ٣,٢ في المائة، القيمة الحرارية ١١٠٠ إلى ١٨٠٠ كيلو كالوري للكيلوغرام، نسبة الرماد ٥٣,٢ إلى ٥٨,٤ في المائة. وهذه المواصفات تجعل السجيل الأردني ذا نوعية جيدة عالميا. وقد أجريت دراسات عديدة بالتعاون مع مراكز ومختبرات أبحاث عالمية أكدت على الجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام هذه المادة مصدرا من مصادر الطاقة. ويستخدم السجيل في مزيج المواد الأولية الداخلة في صناعة الكلنكر في مصنع الرشيدية، لشركة مصانع الإسمنت الأردنية. وتتوفر أيضا في الجمهورية العربية السورية<sup>(٣٧)</sup> احتياطيات محدودة من السجيل الزيتي تقدر بنحو ٧٠٠ مليون طن، يتراوح متوسط قيمته الحرارية بين ١١٠ و ١٥٠٠ كيلو كالوري للكيلوغرام، ومحتوى الزيت الوسطي ٨,٥ في المائة. ومن العوائق الرئيسية لاستخدام هذا المصدر الحاجة إلى أعمال منجمية وضرورة إزاحة كميات كبيرة من الصخور. وبالعودة إلى التجربة الألمانية وعلى ضوء الأسعار الحالية للوقود، يتبين أن دراسة إمكانية استخدام السجيل الزيتي المتوفر في الأردن بكميات اقتصادية كبيرة وفي الجمهورية العربية السورية بكميات محدودة مصدرا للطاقة وفي صناعة الإسمنت يعتبر أمرا مهما وخاصة في الأردن الذي يستورد مصادر الطاقة الأولية.

#### ٤- استخدام الفوسفو جيبسيوم

يعتبر الفوسفو جيبسيوم أحد المنتجات الثانوية لصناعة الأسمدة الفوسفاتية، ويسبب تراكمه مشاكل بيئية متعددة. ولذلك كان البحث في إمكانية الاستفادة من هذه المادة والحد من أضرارها البيئية محور اهتمام العديد من الباحثين والمهتمين. وقد ركزت بعض الأبحاث على حرق مزيج من الفوسفو جيبسيوم والسجيل الزيتي ومواد أخرى لإنتاج كلنكر الإسمنت. وقد نشر باحثون أتراك نتائج أبحاث أجريت في جامعة أنقرة خلال الفترة ١٩٩٧-٢٠٠١، حرقت خلالها عينة تحتوي على مادتي الفوسفو جيبسيوم والسجيل الزيتي لإنتاج الكلنكر بتكاليف رخيصة. وأشار إلى أن هذه التجربة أفضت إلى نتائج إيجابية<sup>(٥٠)</sup>.

#### ٥- استخدام الوقود البديل في صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا

إضافة إلى ما ذكر عن استخدام الكوك البترولي في صناعة الإسمنت في شركة هولسيم لبنان، أفادت شركة مصانع الإسمنت الأردنية بأنها تستخدم جفت الزيتون بنسبة ٥ في المائة ضمن مزيج الوقود المستهلك لتصنيع الكلنكر في معامل الشركة في الفحيص. وتعتمد شركة الإسمنت الوطنية في دولة الإمارات العربية المتحدة حرق إطارات السيارات في الأفران إلى جانب زيت الوقود.

### ثالثاً- صناعة الحديد والصلب

صناعة الحديد والصلب هي من الصناعات الرئيسية التي تساهم في تحقيق النمو والتطور التقني. ويشكل استهلاك المنتجات الحديدية والفولاذية مؤشراً على درجة التقدم والنمو الصناعي في البلدان، إذ تستخدم هذه المنتجات في مجالات واسعة تتدرج من صناعة علب حفظ الأغذية إلى صناعة التجهيزات الإنشائية والمنزلية والأسلحة والمركبات. وتتوفر المادة الخام في الطبيعة على شكل فلزات معدنية ناعمة، تجري معالجتها في الأفران العالية والأفران الكهربائية للاستفادة منها، وذلك على مراحل تصنيع متعددة تؤدي إلى الحصول على المنتجات النهائية من صفائح وأبواب وقضبان حديد للتسليح ومنتجات أخرى. وفيما يلي عرض طرق تصنيع الحديد والصلب واستهلاك الطاقة في هذه الصناعة ومؤشرات هذا الاستهلاك وتحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذه الصناعة بالإضافة إلى الآثار البيئية الناجمة عنها.

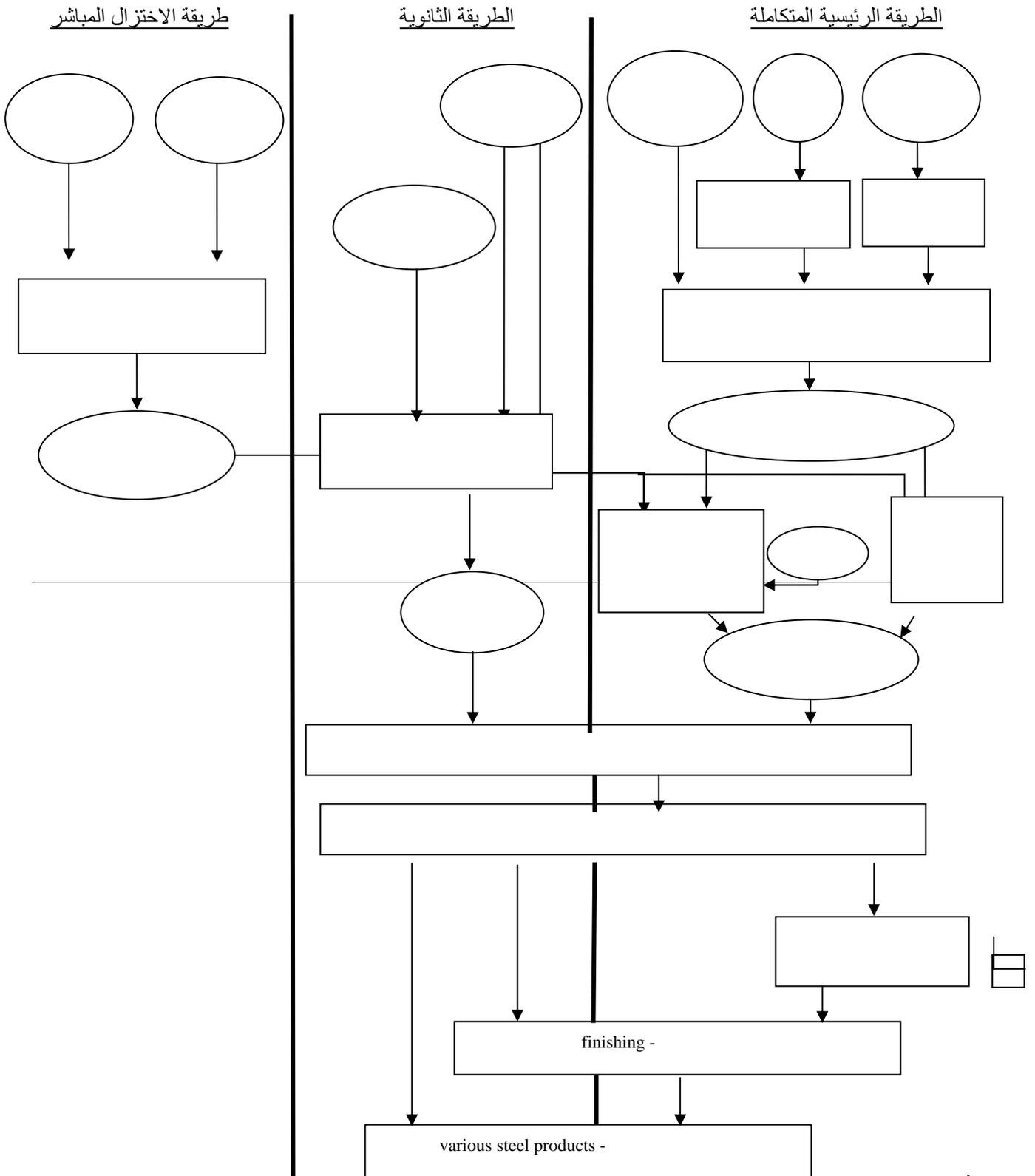
#### ألف- طرق تصنيع الحديد والصلب (الفولاذ)

ينتج الفولاذ على طريقتين. الطريقة الأولى تعرف بالمتكاملة وتعتمد على استخدام فلزات الحديد مع إضافة كمية من خرقة الحديد. ووفقاً لهذه الطريقة، يجري الاختزال الكيميائي لفلزات الحديد الخام داخل الفرن العالي وتحويلها إلى حديد زهر باستخدام الحجر الجيري والكوك كوسيط للاختزال، ويستخدم الفحم والغاز الطبيعي والفيول كوقود. ثم تستكمل عملية التصنيع باستخدام محولات الأكسجين، حيث يؤدي حقن الأكسجين النقي إلى احتراق المواد غير المرغوب فيها، وإزالة الكربون من الحديد على شكل غاز أول أكسيد الكربون، ويتحول المعدن المنصهر إلى فولاذ سائل بنسبة كربون تقل عن ١,٩ في المائة، وبحيث يصبح قابلاً للدرفلة والتشكيل. أو يجري الاختزال الكيميائي للفلزات بطريقة الاختزال المباشر وباستخدام الغاز الطبيعي كوسيط للاختزال وكوقود، حيث تساعد عملية تكسير الغاز الطبيعي الساخن في إنتاج أول أكسيد الكربون وغاز الميثان والهيدروجين التي تتفاعل مع خامات الحديد لاسترجاع الحديد. ويتفاعل الحمض الناتج من الخامات مع الحجر الجيري لتشكيل رواسب (خبث) تسحب تدريجياً من الفرن. وبهذه العملية يتم إنتاج الحديد الأسفنجي وتعرف هذه الطريقة بطريقة (Midrex and Hill)، وتستكمل عملية تصنيع الحديد وتحويله إلى فولاذ عبر أفران القوس

الكهربائية مع إضافة كمية من خرده الحديد. والطريقة الثانية تعرف بالطريقة الثانوية، حيث يعتمد حصرا على خرده الحديد التي يجري صهرها في أفران القوس الكهربائية للحصول على الفولاذ السائل. ويرسل الفولاذ السائل المنتج في الطرق الثلاث إلى وحدات الصب المستمر ووحدات الدرفلة للحصول على منتجات الفولاذ النهائية. وقد توزع إنتاج الفولاذ العالمي بنسبة ٦٠ في المائة باستخدام محولات الأكسجين، وبنسبة ٣٤ في المائة في الأفران الكهربائية، والكمية المتبقية والتي تشكل حوالي ٦ في المائة أنتجت باستخدام الأفران ذات الموقد المفتوح وطرق أخرى، وتساهم خرده الحديد بفعالية في مزيج المواد الخام المستخدمة وتقدر كمية خرده الحديد المستهلكة عالميا في عام ٢٠٠١ بنحو ٣٧٣ مليون طن.

ويوضح الشكل ٣ مخطط طرق تصنيع الحديد والفولاذ<sup>(٥١)</sup>.

الشكل ٣- مخطط طرق تصنيع الحديد وال فولاذ



المصدر: Ernest Orlando Lawrence Berkely, National Laboratory. *Energy Efficiency and Carbon Dioxide Emissions Reduction. Opportunities in the U.S. Iron and Steel Sector*, July 1999.

## باء- إنتاج واستهلاك الحديد والصلب في العالم والبلدان العربية وفي بلدان الإسكوا

بلغ الإنتاج العالمي لفلزات الحديد في عام ٢٠٠١ نحو ١ ٠٥١ مليون طن<sup>(٥٢)</sup>. أنتجت الصين منها ٢١٧ مليون طن، وهي تعد البلد المنتج الرئيسي للحديد، تليها البرازيل ٢٠٩ ملايين طن، وأستراليا ١٨٠ مليون طن. وبلغ إنتاج الفولاذ الخام نحو ٩٠٢ مليون طن في عام ٢٠٠٢، ويقدر الاستهلاك العالمي من المنتجات الفولاذية النهائية للعام ذاته بحوالي ٨١٩ مليون طن، وقد استهلكت أوروبا ٣٨ في المائة، والصين ٢٥,٧٥ في المائة من إجمالي الاستهلاك العالمي. وفي عام ٢٠٠٢، بلغ استهلاك البلدان العربية من المنتجات النهائية حوالي ٢١ مليون طن<sup>(٥٣)</sup>، تمثل نسبة ٢,٥٦ في المائة من الاستهلاك العالمي. ويتراوح معدل استهلاك الفرد في البلدان الصناعية المتقدمة بين ٢٥٠ و٦٠٠ كيلوغرام سنوياً، ويبلغ حده الأقصى في تاوان حيث يصل إلى ١ ١٠٩ كيلوغرامات في السنة<sup>(٥٤)</sup>. ويبلغ متوسط معدل استهلاك الفرد في البلدان العربية حوالي ٧٨ كيلوغراماً في السنة، في حين يبلغ متوسط معدل استهلاك الفرد في العالم إلى ١٣٢ كيلوغراماً سنوياً. وخلال الأعوام الثلاثين الماضية، حققت هذه الصناعة تطوراً تقنياً ملموساً ساهم في ارتفاع إنتاجية العامل في البلدان الصناعية الرئيسية من ٢٠٠ طن إلى ٦٠٠ طن لكل عامل في السنة.

وتعتمد البلدان العربية في تصنيع المنتجات الحديدية والفولاذية على المواد الخام والمواد نصف المصنعة المستوردة، لأن إنتاج خامات الحديد في العالم العربي محدود، بحيث لم يتجاوز نحو ١٥,٥ مليون طن في عام ٢٠٠٢ (١,٤ في المائة من الإنتاج العالمي). وقد أنتجت موريتانيا نسبة ٦٧ في المائة منه وأعدت تصديرها بالكامل، بينما أنتجت مصر ١٦,٦ في المائة، وأنتجت بلدان المغرب العربي النسبة المتبقية. وأنتجت البحرين حوالي ٣,٥ مليون طن من مكورات الحديد في عام ٢٠٠٢، معتمدة على المواد الخام المستوردة من أستراليا والبرازيل والهند، وصدرت ٨٠ في المائة منها إلى قطر والمملكة العربية السعودية وبلدان أخرى.

وتستخدم الأفران العالية في مصانع الشركة المصرية للحديد والصلب في حلوان لإنتاج حديد الزهر بينما تستخدم وحدات الاختزال المباشر لإنتاج الحديد الإسفنجي في قطر وفي شركة الإسكندرية في مصر وفي المملكة العربية السعودية. وبلغت كمية الحديد الإسفنجي المنتج في عام ٢٠٠٢ في هذه البلدان حوالي ٦,٥٦ مليون طن، أي بما يعادل ١٤,٦ في المائة من الإنتاج العالمي لهذه المادة. وينتج الصلب الخام (الفولاذ) في عدد من شركات بلدان الإسكوا حيث تستخدم محولات الأكسجين في الشركة المصرية للحديد والصلب بينما تستخدم أفران القوس الكهربائي في الشركات الأخرى. ويتضمن الجدول ١١ بيانات عن إنتاج الفولاذ، واستهلاك المنتجات الفولاذية والحديدية، وحصص الفرد من هذه المنتجات في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢. وقد ازداد إنتاج منتجات الحديد والصلب الوسيطة والنهائية في تلك البلدان من ٣٢ مليون طن في عام ٢٠٠١ إلى ٣٥,٢ مليون طن في عام ٢٠٠٢، مسجلاً نمواً بنسبة ١٠ في المائة، واستمرت هذه الزيادة في عام ٢٠٠٣ بسبب استمرار انتعاش قطاع التشييد في بعض البلدان الأعضاء مثل الكويت ومصر والمملكة العربية السعودية.

### الجدول ١١ - إنتاج الفولاذ واستهلاك منتجات الفولاذ والحديد وحصص الفرد من هذه المنتجات في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٢

الدولة	إنتاج الفولاذ (الصلب الخام)		استهلاك المنتجات الفولاذية والحديدية (ألف طن) <sup>(١)</sup>	حصص الفرد من المنتجات الفولاذية الحديدية (كغ للفرد سنوياً) <sup>(ب)</sup>
	ألف طن <sup>(١)</sup>	نوع المنتج		
الأردن	٣٠	صلب كهربائي	٣٤٨	٦٥,٣
الإمارات العربية المتحدة	٩٠	صلب كهربائي	١ ٩٦٦	٥٢٣

## الجدول ١١ (تابع)

الدولة	إنتاج الفولاذ (الصلب الخام)			حصاة الفرد من المنتجات الفولاذية الحديدية (كغ للفرد سنوياً) <sup>(ب)</sup>
	ألف طن <sup>(أ)</sup>	نوع المنتج	الحديد الخام	
البحرين	-	-	-	٣٨,٧
الجمهورية العربية السورية	٦٥	صلب كهربائي	خردة حديد	٩٥,٧
عمان	-	-	-	٥٥
قطر	١٠٤٥	صلب كهربائي	حديد اسفنجي	٣٢٣
الكويت	-	-	-	٨٩
لبنان	٣٠	صلب كهربائي	خردة حديد	١٠,٧
المملكة العربية السعودية	٣٥٢١	صلب كهربائي	حديد اسفنجي	١٣٤
مصر	٣٠٤٤	صلب كهربائي	حديد اسفنجي	٩٢,٧
	١٠٨٩	صلب اكسجيني	حديد زهر	
اليمن	-	-	-	١٦,٦٤
بلدان الإسكوا	٨٩١٤	-	-	٧٨,٦
البلدان العربية	١١١٩١	-	-	٧٨
نسبة بلدان الإسكوا إلى البلدان العربية (النسبة المئوية)	٧٩,٦	-	-	١

المصدر: (أ) جمعت الأرقام بالاستناد إلى بيانات من الاتحاد العربي للحديد والصلب، ١٩٩٨-٢٠٠٢. (ب) التقرير الاقتصادي العربي الموحد، أيلول/سبتمبر ٢٠٠٤، عدد السكان.

ملاحظة: لا تتوفر معلومات عن العراق وفلسطين.

### جيم- استهلاك الطاقة في صناعة الحديد والصلب

صناعة الحديد هي من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة، فهي تستخدم الطاقة كمادة خام لإنتاج الكربون اللازم في عملية اختزال خامات الحديد، أو كوقود لتأمين الحرارة اللازمة لعمليات الصهر، كما تستخدم الطاقة الكهربائية في جميع مراحل الإنتاج في عمليات الصهر والصب المستمر والدرفلة والتشكيل. ويعتبر الفحم المصدر الرئيسي للطاقة في البلدان المصنعة الرئيسية حيث يستهلك بنسبة ٩٥ في المائة في أفران الكوك، ويستهلك الجزء المتبقي لتوليد الطاقة الكهربائية في الموقع وعبر عملية تحويل الفحم إلى كوك ينتج غاز فرن الكوك وغاز الأفران العالية الذي يستخدم كمصادر إضافية للطاقة. ويعتبر الغاز الطبيعي المصدر الرئيسي الثاني للطاقة في صناعة الحديد والذي يستخدم في وحدات الاختزال المباشر وأفران التسخين وفي توليد الطاقة الكهربائية والبخار. وقد تنامي استهلاك الغاز في الأفران العالية في الأعوام الأخيرة. وتعتبر الكهرباء المصدر الرئيسي الثالث للطاقة وتستخدم بشكل رئيسي في أفران القوس الكهربائي وفي تشغيل وحدات الإنتاج المختلفة، بينما يستخدم زيت الوقود وقوداً مساعداً في الأفران العالية وفي إنتاج البخار.

ويختلف استهلاك الطاقة حسب الطريقة المستخدمة، حيث تراوحت كثافة استهلاك الطاقة في صناعة الحديد والصلب في البلدان الصناعية المتقدمة وفقاً للطريقة الرئيسية المتكاملة والتي تعتمد على استخدام الأفران العالية ومحولات الأكسجين بين ٢٠ و ٢٦ جيجا جول لكل طن من الفولاذ المنتج (٤٨٠-٦٢٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن) بينما بلغت هذه الكثافة ٣٦ جيجا جول لكل طن في الصين (٨٦٠ كيلو غرام مكافئ نפט) وفي الولايات المتحدة حوالي ٢٦ جيجا جول للطن (٦٢٠ كيلو غرام مكافئ نפט). وقد بلغ هذا الاستهلاك في أفضل التجارب العالمية ١٨ جيجا جول للطن (٤٣٠ كيلو غرام مكافئ نפט)<sup>(١)</sup>.

وتعتبر عملية اختزال الحديد في الأفران العالية أو وحدات الاختزال المباشر المستهلك الرئيسي للطاقة. وساهم استخدام محولات الأكسجين في تخفيض كمية الطاقة المستهلكة بالمقارنة مع الأفران

القديمة ذات الموقد المفتوح، المستخدمة حتى الآن في الصين والهند وبعض بلدان أوروبا الشرقية. كما تستخدم حالياً وعلى نطاق واسع وحدات الصب المستمر لإعداد العروق والبلاطات، وتعتبر هذه الطريقة ذات كفاءة طاقة أعلى من الطريقة التي تعتمد على تصنيع الكتل والتي يصل استهلاكها من الطاقة إلى ثلاثة أضعاف. ويقدر استهلاك الطاقة الأولية في أفضل التجارب العالمية في مرحلة الاختزال والصب المستمر بنحو ١٥,٥ كيلوجول للطن (٣٧٠ كيلوغرام مكافئ نפט) بينما بلغت في الصناعة الأمريكية ١٩,٦٢ كيلوجول للطن (٤٦٨ كيلوغرام مكافئ نפט) مع الأخذ في الاعتبار مساهمة الطاقة الكهربائية المنتجة عبر التوليد المشترك للحرارة والكهرباء.

وتستهلك عملية الدرفلة والإنهاء على الساخن، التي تتم بإحماء الفولاذ وتمريه عبر مدرجات ثقيلة لتخفيض السماكات، حوالي ٣ كيلوجول للطن وفق أفضل التجارب العالمية، كما يمكن تخفيض السماكة باستخدام الدرفلة على البارد مما يخفض استهلاك الطاقة إلى حوالي ٢,٥ كيلوجول للطن. وفي التكنولوجيات الحديثة يمكن الحصول على شرائح قليلة السماكة في مرحلة الصب المستمر مما يقلل الحاجة إلى الدرفلة على الساخن ويخفض استهلاك الطاقة في عملية الدرفلة إلى حوالي ٠,٦ كيلوجول للطن.

وفي الطريقة الثانوية حيث تستخدم الأفران الكهربائية لصهر الخرقة فقط وتحويلها إلى فولاذ سائل يرسل إلى وحدات الصب المستمر ومن ثم إلى وحدات الدرفلة لتصنيع حديد التسليح أو المسطحات، تقدر كمية الطاقة المستهلكة بحوالي ٣٠ في المائة من الطاقة المستهلكة بالطريقة المتكاملة. وهذا مؤشر على مدى الأهمية التي يجب إيلاءها لزيادة مساهمة خرقة الحديد في مزيج المواد الخام.

ويتضمن الجدول ١٢ بيانات عن متوسط معدلات استهلاك الطاقة في مراحل التصنيع المختلفة للحديد والفولاذ والتي تظهر تبايناً كبيراً حسب التقنيات المستخدمة<sup>(٥٥)</sup>. ويقدر المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة الحديد بحوالي ٦٠٠ كيلوغرام مكافئ نפט للطن المنتج. ووفقاً لذلك يمكن تقدير كمية الطاقة المستهلكة في صناعة الحديد عالمياً بحوالي ٥٠٠ مليون طن مكافئ نפט وبما يمثل ٥,٥ في المائة من استهلاك الطاقة الأولية العالمية في عام ٢٠٠٣. وهكذا يمكن اعتبار قطاع صناعة الحديد من القطاعات الصناعية الرئيسية المستهلكة للطاقة.

#### الجدول ١٢ - متوسط معدلات استهلاك الطاقة في مراحل تصنيع الحديد

المادة المنتجة	استهلاك الطاقة جيجاجول/طن	كجم م.ن./طن
إنتاج حديد الزهر (الأفران العالية)	١٨,٦-١٢,٧	٤٤٤-٣٠٣
إنتاج حديد إسفنجي (وحدات الاختزال المباشر)	١٦,٩-١٠,٩	٤٠٣-٢٦٠
أفران الموقد المفتوح	٥-٣,٩	١١٩-٩٣
محولات الأكسجين	١-٠,٧	٢٤-١٧
أفران القوس الكهربائي	٦,٧-٤	١٦٠-٩٥
صب الكتل Ingots	٣,٢-١,٢	٧٦-٢٨
الصب المستمر	٠,٣-٠,١	٧,٢-٢,٤
صب الشرائح قليلة السماكة	٠,٩-٠,٦	٢١,٥-١٤,٤
الدرفلة على الساخن	٥,٤-٢,٣	١٢٩-٥٥
الدرفلة على البارد	٢,٨-١,٦	٦٧-٣٨

والصين هي أكبر البلدان المنتجة والمستهلكة للفولاذ، ويمثل استهلاك الطاقة في صناعة الفولاذ في هذا البلد ١٠ في المائة من مجمل استهلاك الطاقة الأولية، وبمتوسط بلغ ٣٦ جيجا جول في عام ٢٠٠٠، أي ٨٦٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن المنتج من الفولاذ.

واليابان هو من أكبر البلدان المنتجة للفولاذ. ففي عام ٢٠٠٢، بلغ إنتاجه حوالي ١١٠,٨ مليون طن من الفولاذ الخام، ويقدر متوسط الاستهلاك النوعي للطن المنتج بنحو ١٢,٦ جيجا جول و ٣٠٥ كيلو وات ساعة، أي ما يعادل ٣٨١ كيلو غرام مكافئ نפט. وهذا المعدل هو من افضل معدلات الاستهلاك النوعي من الطاقة وقد ساهم استخدام خرده الحديد، الذي بلغ حوالي ٤٠ مليون طن في عام ٢٠٠٢، في تخفيض الاستهلاك النوعي من الطاقة<sup>(٥٦)</sup>.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية، أنتج في عام ١٩٩٨، حوالي ٤٤,٥ مليون طن باستخدام الأفران الكهربائية و ٥٤ مليون طن باستخدام أفران الأكسجين. ويقدر متوسط استهلاك الطن المنتج من الفولاذ الخام وفق الطريقة المتكاملة باستخدام الأفران العالية بحوالي ٦٢٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن، بينما يبلغ متوسط الاستهلاك النوعي الإجمالي حوالي ٥٠٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن، حيث تحقق مساهمة خرده الحديد التي تصل إلى حوالي ٥٠ في المائة من المواد الخام المستخدمة تخفيضاً ملموساً في متوسط الاستهلاك النوعي من الطاقة.

وتقدر كمية المنتجات الحديدية الوسيطة والنهائية بأنواعها المختلفة في بلدان الإسكوا بنحو ٣٥ مليون طن. ويقدر مجموع استهلاك الطاقة في مراحل التصنيع المختلفة بحوالي ١٠ ملايين طن مكافئ نפט، أي ما يعادل ٩ في المائة من مجموع استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي في بلدان الإسكوا و ٣ في المائة من إجمالي الطلب على الطاقة الأولية في تلك البلدان لعام ٢٠٠٣<sup>(١٨)</sup>. وعلى ضوء التوجهات الحالية في عدد من بلدان الإسكوا لزيادة طاقتها التصنيعية وخاصة قطر والمملكة العربية السعودية، ستزداد حصة صناعة الحديد في مجموع الطاقة المستهلكة باطراد. ويلخص الجدول ١٣ مؤشرات الاستهلاك النوعي من الطاقة في عدد من الشركات المصنعة للحديد والصلب في بلدان الإسكوا ومقارنتها مع صناعة الحديد العالمية، حيث يستنتج أن الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة الحديد في الشركات المصرية والسورية أعلى منه في البلدان الصناعية المتقدمة. ويفترض أن الصناعات القائمة حالياً في قطر والمملكة العربية السعودية والتوسعات المرتقبة سوف تستخدم تقنيات متطورة وذات كفاءة طاقية مرتفعة في استخدام الطاقة.

### الجدول ١٣ - الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة الحديد والصلب

طريقة التصنيع	الاستهلاك النوعي للطاقة			الشركة	
	كيلو غرام مكافئ نפט للطن	كيلو وات ساعة للطن	جيجا جول للطن		
درفلة قضبان تسليح	٦٩	٩٢	١,٨٨	الشركة العربية لصناعة الحديد الأردنية	
صهر خرده الحديد + قضبان تسليح	٢٣٦	٦٥٠	٢,١	الشركة العامة للحديد في سورية	
أفران عالية (الغاز الطبيعي والكهرباء + الفحم المستخدم لصناعة الكوك (تقديري)	حديد مسطحات	٤٠٠+٣٤٤ فحم ٧٤٤ = تقديري	٢٠٠	١٢,٣ غاز طبيعي + (٥ غاز أفران)	شركة الحديد والصلب المصرية
	حديد قضبان تسليح	٤٠٠+٢٧٨ فحم = ٦٧٨	٢٠٠	٩,٦ غاز طبيعي ٣,٦ غاز أفران	
اختزال مباشر	قضبان تسليح	٥٥٩	٨٨٣	١٤,٣	شركة الإسكندرية الوطنية للحديد والصلب
	حديد مسطحات	٦٥١	١٠٠٠	١٧	

## الجدول ١٣ (تابع)

طريقة التصنيع	الاستهلاك النوعي للطاقة			الشركة
	كيلو غرام مكافئ نפט للطن	كيلو وات ساعة للطن	جيجا جول للطن	
أفران عالية ومحولات أوكسجين	٦٢٠	٢٧٠	٢٣,٠٤	صناعة الحديد الأمريكية
أفران عالية	٨٦٠			صناعة الحديد في الصين
أفران عالية ومحولات أوكسجين	٧٨٨			صناعة الحديد في الهند
مختلف	٣٨١	٣٠٥	١٢,٦	صناعة الحديد في اليابان

المصدر: استبيانات الشركات المصنعة.

وتتباين نسبة كلفة الطاقة المستهلكة في صناعة الحديد من كلفة الإنتاج الكلية حسب طريقة التصنيع وأسعار الطاقة وكفاءة الاستهلاك. وقد بلغت كلفة الطاقة ٣١,٢ في المائة من كلفة الإنتاج في شركة الحديد والصلب المصرية في حلوان التي تستخدم الأفران العالية والمحولات الأوكسجينية، و٧ في المائة في شركة الإسكندرية التي تعتمد طريقة الاختزال المباشر.

### دال- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الحديد<sup>(٥١)</sup>

تستهلك الطاقة في صناعة الحديد والصلب باعتبارها مصدرا لتأمين وتحضير المواد الخام؛ ومصدرا لتحويل المواد الخام إلى معدن مصهور؛ وطاقة حرارية وكهربائية تستهلك في مراحل الإنتاج المختلفة لتوليد البخار والهواء المضغوط وتشغيل وحدات الصب المستمر ووحدات الدرفلة.

وانطلاقا من الاستهلاك الكثيف للطاقة في هذه الصناعة، أولت البلدان الصناعية المتقدمة اهتماما بالغا لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة في مراحل الإنتاج المختلفة. وتشير التقارير إلى تحقيق إنجازات كبيرة في عدد من البلدان. ففي الولايات المتحدة تحقق تخفيض كبير في كثافة الطاقة (الطاقة المستهلكة لكل دولار من المنتج) اللازمة لإنتاج الفولاذ بنسبة ٢٧ في المائة في الفترة ١٩٥٨-١٩٩٤.

وتركزت الجهود في عدة مجالات اشتملت على تطوير وتحسين كفاءة التصنيع والاستخدام الأمثل للموارد، وكذلك على الطرق التكنولوجية المستخدمة. وفيما يلي عدد من الإجراءات الموصى بها والتي حققت وفورات ملموسة في استهلاك الطاقة.

- ١- اعتماد أنظمة الصيانة الوقائية التي تتضمن تأهيل العناصر البشرية وتدريبها على اتباع برامج محددة لتحسين الكفاءة وتخفيض نسب الهدر في المواد الأولية.
- ٢- وضع برامج لإدارة الطاقة بما في ذلك استرجاع الطاقة الضائعة.
- ٣- استعمال وقود أنظف (مثل النفط أو الغاز الطبيعي بدل فحم الكوك) وتحسين فعالية أفران الصهر.
- ٤- منع تسرب الحرارة من داخل الفرن باستعمال مواد سيراميك عازلة للحرارة وإعادة استعمال الطاقة الحرارية التي تتسرب من الأفران مع الغازات.
- ٥- اعتماد الدورات المركبة لإنتاج الطاقة الكهربائية والبخار داخل المصنع.

- ٦- التحكم بكمية الهواء اللازمة لعملية الصهر داخل الأفران، وذلك باعتماد معدل للهواء بحيث لا تزيد كمية الهواء المستعملة عن الكمية النظرية اللازمة للاشتعال بأكثر من حوالي ٢٥ في المائة، لأن ازدياد معدل الهواء عن هذه النسبة يؤدي إلى نقص في كفاءة الأفران.
- ٧- التحكم بمستوى ضغط الهواء داخل الأفران لأن أي انخفاض في مستوى الضغط يؤدي إلى تسرب الهواء من خارج الفرن إلى داخله عند إدخال المواد الأولية لإتمام عملية الصهر. وهذا التسرب يؤدي إلى انخفاض الحرارة داخل الفرن، وبالتالي إلى تدني كفاءة عملية الصهر بالإضافة إلى نتائج سلبية أخرى.
- ٨- تحسين أجهزة مراقبة عملية الصهر التي تؤدي إلى خفض في استهلاك الطاقة.
- ٩- التسخين المسبق للهواء المستعمل في عمليات الاحتراق باستخدام غازات العادم.
- ١٠- اعتماد التقنيات الحديثة وإنشاء أنظمة لمراقبة استهلاك الطاقة داخل المعامل.
- ١١- إعادة تدوير المنتجات الحديدية المستعملة حيث توفر عملية إعادة التدوير كميات كبيرة من الفلزات الخام ومصادر الطاقة. ويعتبر الفولاذ من أكثر المواد قابلية لإعادة التدوير، وتشير التقديرات إلى أن حوالي ٧٠ مليون طن من المواد الحديدية والفولاذية أعيد تدويرها في عام ٢٠٠٣ في الولايات المتحدة الأمريكية.

#### هاء- الآثار البيئية لصناعة الحديد<sup>(٥٧)</sup>

تسبب صناعة الحديد انبعاث عدد من الغازات والملوثات الهوائية بالإضافة إلى، تولد الفضلات والنفايات الصلبة. وحسب تقرير البنك الدولي حول منع التلوث، تصدر عمليات التسخين كميات كبيرة من الغبار تصل إلى ٢٠ كيلوغرام لطن الفولاذ، وعمليات التكوير تصدر كميات من الغبار تصل إلى ١٥ كيلوغرام للطن من الفولاذ.

وتحتوي الانبعاثات الناتجة من تصنيع حديد الزهر في الأفران العالية على جزيئات دقيقة بمعدل ١٠ إلى ٤٠ كيلوغرام للطن المصنع، و١,٥ كيلوغرام للطن من أكاسيد الكبريت، و٢,١ كيلوغرام للطن من أكاسيد النتروجين وملوثات أخرى مثل أكسيد الكربون، وفلورين الهيدروجين، كما تحتوي انبعاثات الهواء الصادرة في مرحلة تصنيع الفولاذ في محولات الأكسجين على جزيئات تتراوح بين ١٥ و ٣٠ كيلوغرام للطن من الفولاذ.

وفي العمليات التقليدية التي لا تتضمن إعادة تدوير، تقدر كمية المياه المالحة المتسربة بنحو ٨٠ مترا مكعبا لكل طن من الفولاذ المصنع. وتحتوي هذه المياه على الكربون العضوي بنسبة ١٠٠ إلى ٢٠٠ ملغرام للتر، والمعلقات الصلبة بنسبة ٧٠٠٠ ملغرام للتر، والسيانيد والمواد الصلبة غير المذابة بنسبة ١٥ ملغرام للتر، والفلوريدات بنسبة ١٠٠٠ ملغرام للتر، والزنك بنسبة ٣٥ ملغرام للتر.

وتقدر النفايات الصلبة الناتجة عن صناعة الفولاذ وفق الطريقة التقليدية وبالاعتماد على أفران الأكسجين بما في ذلك خبث الأفران والغبار المجمع بحوالي ٣٠٠-٥٠٠ كجم/طن فولاذ مصنع من ضمنها حوالي ٣٠ كجم يمكن اعتبارها من النفايات الخطرة. ويمكن إعادة استعمال حوالي ٦٥ في المائة تقريبا من خبث الأفران في صناعة مواد البناء.

## واو- دراسات حالة لعدد من مصانع الحديد والصلب في بعض بلدان الإسكوا

### ١- شركة الحديد والصلب المصرية، حلوان، مصر<sup>(٥٨)</sup>

يعتبر مجمع الحديد والصلب في حلوان، مصر، المنشأة الوحيدة في بلدان الإسكوا التي تستخدم الأفران العالية ومحولات الأكسجين لإنتاج الحديد بالاعتماد على خامات الحديد المحلية، حيث تتوفر مناجم الحديد في منطقة الواحات البحرية، ويبلغ إنتاجها السنوي ٣,٣ مليون طن، وباحتياطي يصل إلى ٢٠٠ مليون طن.

وتطحن الخامات وتمزج مع الكوك والإضافات، وتخضع لعملية حرق أولي لتكثيف الحبيبات الناعمة التي يتم نخلها وتنظيفها من بقايا الاحتراق قبل إرسالها إلى الأفران العالية، حيث يتم تسخين الهواء إلى ١٣٠٠ درجة مئوية لتأمين حرق الكوك الذي ينتج منه أول أكسيد الكربون الضروري لاختزال أكاسيد الحديد إلى حديد، ويجري تفريغ الحديد المصهور والخبث دوريا من الثقوب الخاصة.

ويضم المجمع أربعة أفران عالية، ووحدين لصب الزهر، ووحدين لتجهيز الجلب المحبب (الخبث)، ووحدة للخبث المنفوش. ويبيع الجزء الأكبر من الخبث إلى مصانع الإسمنت. وفي عام ١٩٧٧، جرى تطوير تشغيل الأفران العالية بإدخال الغاز الطبيعي. وفي عام ١٩٨٧، جرت تغذية الأفران بالأكسجين بهدف زيادة الإنتاج وتخفيض معدلات استهلاك الكوك.

ويجري تحويل الحديد الزهر، الذي يحتوي عادة على نسبة ٤ إلى ٤,٥ في المائة من الكربون والذي تصعب درفله إلى فولاذ بنسبة كربون لا تتجاوز ١,٩ في المائة، باستخدام ثلاثة محولات أكسجين، ثم يحول الفولاذ السائل إلى وحدات التقليل بالأرجون حيث تضاف مزيلات الأكسدة لإزالة الشوائب العالقة والحصول على التركيب الكيميائي المطلوب، وتحول المواد بعد ذلك إلى وحدات الصب المستمر لتصنيع البلاطات والعروق. وتقدر الطاقة الإنتاجية لوحدات إنتاج الفولاذ بنحو ١,٥ مليون طن سنويا.

ويحتوي المجمع على وحدات لدرفلة الكتل والبلاطات والعروق وتشتمل كل وحدة على فرن لإعادة التسخين تؤمن رفع درجة حرارة المادة وتحقيق التوزيع المنتظم لدرجة الحرارة السطحية، وتنتج عبر الدرفلة صفائح وقضبان حديد تسليح بمقاطع مختلفة، وتجري درفلة البلاطات على الساخن أو على البارد، كما تنتج المسطحات بكميات وأطوال مختلفة كما هو مبين في الجدول ١٤.

وفي عام ٢٠٠٤، توزعت كلفة الإنتاج على النحو التالي: ٣١,٢ في المائة للطاقة، و ٢٧,١ في المائة الصيانة والتشغيل، و ٩,٢ في المائة للمواد الأولية، و ٣٢,٥ في المائة نفقات أخرى.

### الجدول ١٤ - الإنتاج والطاقة المستهلكة لكل نوع من المنتجات في مصانع شركة الحديد والصلب المصرية ٢٠٠٣-٢٠٠٤

نوع المنتج	كمية الإنتاج (طن)	نوع وكمية الوقود المستهلك		استهلاك الوقود (متر مكعب/طن)	الطاقة الكهربائية المستهلكة (كيلو وات ساعة)	معدل استهلاك الكهرباء (كيلو وات ساعة للطن)
		النوع	الكمية (مليون متر مكعب)			
١- حديد زهر	١٠٦٩٤٧٧	غاز طبيعي	١٠٦,٧٠٤٥٤٠	٩٩,٧٨	١٨٢٣٧٣٨٠	١٧,٠٥
		غاز أفران	٨٥٠,٢٣٨٠٠٠	٧٩٥		
٢- إنتاج الصلب والصب	٩٦٧١٩٠	غاز طبيعي	٩٤,١٢٥١٥٠	٩٧,٣	٥٥١٧٧٧٦٠	٨٢,٦٦

المستمر					
					٣- درفلة الشرائط
٨٢,٦٦	٤٠ ٨١٢ ٠٠٠	١٧,٨٩	٨,٨٣٧ ٠٨٠	غاز طبيعي	٤٩٣ ٧٣٧
		٥٢٠,٤٦	٢٥٦,٩٦٩ ٠٠٠	غاز أفران	
٢٥٢,٩٧	٣٤ ٢٦١ ٠٨٠	٣١,٨٩	٤,٣٢٠ ٢٠٠	غاز طبيعي	١٣٥ ٤٣٤
		٣٠٩,٣٣	٤١,٨٩٤ ٠٠٠	غاز أفران	
٨٧,٣٤	٨٢٥ ٦٧٤	--	--	--	التشكيل على البارد
١٠٤,٦٥	٢٨٩ ٢٩١	٨١,٣٥	٢٢,٤٨٧ ٩٤٠	غاز طبيعي	٢٢٦ ٤٤٧
		٣٧٠,٧٧	١٠٢,٤٩٧ ٧٧٠	غاز أفران	٤- درفلة المسطحات

المصدر: استبيان شركة الحديد والصلب المصرية، حلوان، مصر.

ملاحظة: تقدر القيمة الحرارية الصغرى للوقود المستخدم على النحو التالي: الغاز الطبيعي ٩ ٣٤٠ كيلو كالوري للمتر المكعب، والوقود الثقيل ٩ ٦٠٠ كيلو كالوري للمتر المكعب، وغاز الأفراد ٨٩٠ كيلو كالوري للمتر المكعب.

### (أ) إجراءات تحسين كفاءة استخدام الطاقة

اتخذت الشركة عددا من الإجراءات الهامة في مجال تحسين كفاءة استخدام الطاقة يذكر منها:

- (١) الاستفادة القصوى من الطاقة الحرارية المنتجة ثانويا (مثل غاز الأفران العالية - غاز محولات الصلب ...) حيث يجري استخدام الغاز المنتج في إنتاج البخار وتسخين أفران إعادة التسخين لوحدة الدرفلة، وبما يخفض استهلاك الغاز الطبيعي؛
- (٢) تركيب أجهزة تحسين معامل القدرة على مستوى المصانع، وتحديث أنظمة التحكم في شبكات الكهرباء والغاز؛
- (٣) وضع أهداف لمعدلات استهلاك حوامل الطاقة ومراجعتها دوريا، وإجراء الصيانات اللازمة في الوقت المناسب؛
- (٤) مراجعة شبكات عناصر الطاقة المختلفة (بخار - غاز - هواء مضغوط - أكسجين ... الخ) باستمرار لمنع أي هدر أو تسرب.

وقد ساهمت هذه الإجراءات في تخفيض نسبة كلفة الطاقة من ٥٣ في المائة في عام ١٩٩٨ إلى حوالي ٣١,٢ في المائة في عام ٢٠٠٤.

### (ب) عوائق برنامج الترشيد

يتطلب تنفيذ إجراءات فعالة لتحسين كفاءة الطاقة في الشركة توظيف الاستثمارات اللازمة لتحديث عدد من الوحدات وإجراء وإنشاء وحدات أخرى.

### (ج) الملوثات البيئية

يتضمن الجدول ١٥ بيانات عن الملوثات البيئية الناجمة عن صناعة الحديد في شركة الحديد والصلب المصرية.

### الجدول ١٥ - الملوثات البيئية الناجمة عن صناعة الحديد في شركة الحديد والصلب المصرية

المادة الملوثة	محولات الأوكسجين جم/م <sup>٣</sup>	الدرفلة جم/م <sup>٣</sup>
----------------	------------------------------------	---------------------------

المادة الملوثة	مخالات الأوكسجين جم/م <sup>3</sup>	الدرفلة مجم/م <sup>3</sup>
الجزينات المعدنية	١٣٨	١١٧
أول أكسيد الكربون	١٠٦	٢١
أكاسيد الكبريت	٧٤	١٨
أكاسيد النتروجين	٢٢	٢٥

المصدر: استبيان شركة الحديد والصلب المصرية، حلوان، مصر.

## ٢- شركة الاسكندرية الوطنية للحديد والصلب، مصر<sup>(٥٩)</sup>

شركة خاصة تنتج حديد التسليح والصلب المسطح باستخدام طريقة الاختزال المباشر. وفي عام ٢٠٠٤، بلغ إنتاج الشركة حوالي ١,٧ مليون طن من حديد التسليح و ٨٠٠ ألف طن من حديد المسطحات. وتساهم الشركة بنسبة ٣٥ في المائة من إنتاج الصلب المصهور في مصر.

وتستهلك الشركة الغاز الطبيعي في وحدات الاختزال المباشر والكهرباء في أفران الصهر. وفي عام ٢٠٠٤، بلغ مجموع استهلاكها ٩٦٠ مليون متر مكعب من الغاز الطبيعي و ٢,٣ مليار كيلو واط ساعة من الكهرباء. ويقدر متوسط الاستهلاك النوعي لكل طن منتج نهائي بنحو ٣٨٥ متر مكعب من الغاز الطبيعي و ٩٢١ كيلو واط ساعة من الكهرباء، أي ما يعادل حوالي ٥٨٣ كيلو غرام مكافئ لنت لكل طن. ويوضح الجدول ١٦ توزيع استهلاك الطاقة على مراحل الإنتاج في هذه الشركة وفقا لبيانات عام ٢٠٠٤.

### الجدول ١٦ - استهلاك الطاقة في شركة الإسكندرية لصناعة الحديد

البيان	الكمية المنتجة طن	الطاقة الكهربائية المستهلكة ك.و.س/طن	الغاز الطبيعي متر مكعب/طن
مصنع كلسنة الجير	٨١ ٦٦٤	٣٧,٨	٩٣,١
الاختزال المباشر	٣ ٠٢١ ٣١٠	٩٦	٢٧٤,٣
أفران صهر حديد التسليح	١ ٨٢٢ ٨٧٩	٦٣٤,٢٢	٢,٣٧
فرن صهر المسطحات	٨٨٥ ٧٢٤	٦٥٨,٦٦	٤٨,٥٤
درفلة حديد التسليح	١ ٧٠٠ ١٣٢	٨٦,٨	٣٠,٦
الصب المستمر للمسطحات	٨٥٤ ٨٠٣	٤,٢٣	٠,٩٢
درفلة المسطحات	٨٤٤ ٧٥٣	١٢٣,١٣	١٥,٣٨
إنهاء المسطحات	٨٠٠ ٨٦١	١٩,٤٤	٢٩

المصدر: استبيان شركة الاسكندرية الوطنية للحديد والصلب، مصر.

ويتضح من هذا الجدول أن الاستهلاك يتفاوت حسب المنتج النهائي وقد استهلكت وحدات الاختزال المباشر حوالي ٨٥ في المائة من مجمل كمية الغاز المستهلكة، ٩٨ في المائة من هذا النسبة لتأمين غاز الاختزال ٢ في المائة كوقود. كما استهلكت هذه الوحدات ١٢,٥ في المائة من الطاقة الكهربائية في حين استهلكت أفران الصهر ٧٥ في المائة من الطاقة الكهربائية الإجمالية المستهلكة و ٥ في المائة من الغاز. وبلغت نسبة المنتجات النهائية ٧٣ في المائة من المواد الخام عدا الطاقة. وتتنوع تكاليف الإنتاج الإجمالية على النحو التالي: ٧ في المائة من الطاقة؛ و ٧ في المائة للصيانة والتشغيل؛ ٤١ في المائة للمواد الأولية؛ و ٤٥ في المائة نفقات أخرى.

(أ) إجراءات تحسين كفاءة استخدام الطاقة

تشتمل الإجراءات التي اتخذتها الشركة على إدخال العديد من النظم التي تساهم في تحسين كفاءة استخدام الطاقة ومنها:

- (١) مبادلات حرارية لاسترجاع الطاقة الحرارية لغازات عوادم الاحتراق؛
- (٢) أجهزة ودوائر تحكم أوتوماتيكية لضبط نسب خلط الوقود في الهواء ولضبط درجة الحرارة والضغط داخل الحيز الذي يجري فيه الاحتراق، وذلك لضمان تحقيق الكفاءة القصوى للاحتراق؛
- (٣) الوصول بمعامل القدرة الكهربائية إلى ٠,٩٥ في المائة؛
- (٤) استخدام الحواسيب الآلية للتحكم بالعمليات الإنتاجية؛
- (٥) إجراء مراجعات سنوية للطاقة؛
- (٦) إيجاد نظم متطورة ومتكاملة للصيانة الدورية، وتوعية العاملين باستمرار بأهمية ترشيد الطاقة وخفض الكلفة.

وتؤكد الشركة على الحرص على تطبيق الأسس والمعايير التي تكفل الاستخدام الأمثل للطاقة في التوسعات المستقبلية.

#### (ب) الملوثات البيئية

يوضح الجدول ١٧ أنواع وكميات الملوثات البيئية الناجمة عن صناعة الحديد في شركة الاسكندرية والإجراءات المتخذة لخفضها. وتعتبر طريقة الاختزال المباشر المستخدمة في شركة الاسكندرية ذات انعكاسات بيئية أقل، لأنها لا تتطلب تصنيع الكوك.

#### الجدول ١٧ - الملوثات البيئية الناجمة عن صناعة الحديد في شركة الإسكندرية

نوع الملوثات	المصدر الملوث	الكمية	الوحدة	إجراءات خفض التلوث
الجزئيات والغبار	تداول الخامات وأفران القوس الكهربائية	١٧	مجم/م <sup>٣</sup>	فلاتر لجمع الأتربة
أكسيد النيتروجين	أفران القوس الكهربائية وكسنة الجير وإعادة التسخين	٥٤,٣	=	
أكسيد الكبريت		٢,٧	=	
أول أكسيد الكربون		٤٤,٩	=	
نفايات سائلة	محطة معالجة المياه الصناعية	٨٥٦ ٨٠٠	م <sup>٣</sup>	يتم صرفها إلى البحر بعد المعالجة
نفايات صلبة	مصانع الاختزال والدرفلة	٢٨٢ ٦٧٦	طن	البيع
مواد أخرى	محطة معالجة مياه الصرف الصحي	١ ٧٠٠	طن	الصرف إلى مناطق مخصصة

المصدر: استبيان شركة الاسكندرية الوطنية للحديد والصلب، مصر.

#### ٣- شركة الفولاذ القطرية<sup>(٦٠)</sup>

بدأت الشركة بإنتاج الفولاذ في عام ١٩٧٩ باستخدام أربع وحدات رئيسية: وحدة الاختزال المباشر، فرن القوس الكهربائي، وحدات الصب المستمر، وحدات الدرفلة، إضافة إلى أقسام المراقبة والقيادة والخدمات.

وتنتج الشركة ١,٢ مليون طن من الفولاذ المصهور سنويا وتبلغ قدرة وحدات الدرفلة ٧٤٠ ألف طن سنويا. وقد تعاقدت الشركة لإنشاء وحدة اختزال مباشر جديدة بطاقة إنتاج قدرها ١,٥ مليون طن من الفولاذ سنويا، ستبدأ العمل في النصف الأول من عام ٢٠٠٧، كما وقعت الشركة اتفاقية مع شركة أيسار الهندية لإنتاج ٤ ملايين طن من الفولاذ حيث تتولى الشركة الهندية تزويد المنشأة بمكورات الحديد. ومن المخطط أن تبدأ هذه الوحدة الإنتاج في النصف الأول من عام ٢٠٠٨. وتستهلك الشركة الغاز الطبيعي في وحدات الاختزال والطاقة الكهربائية في أفران الصهر.

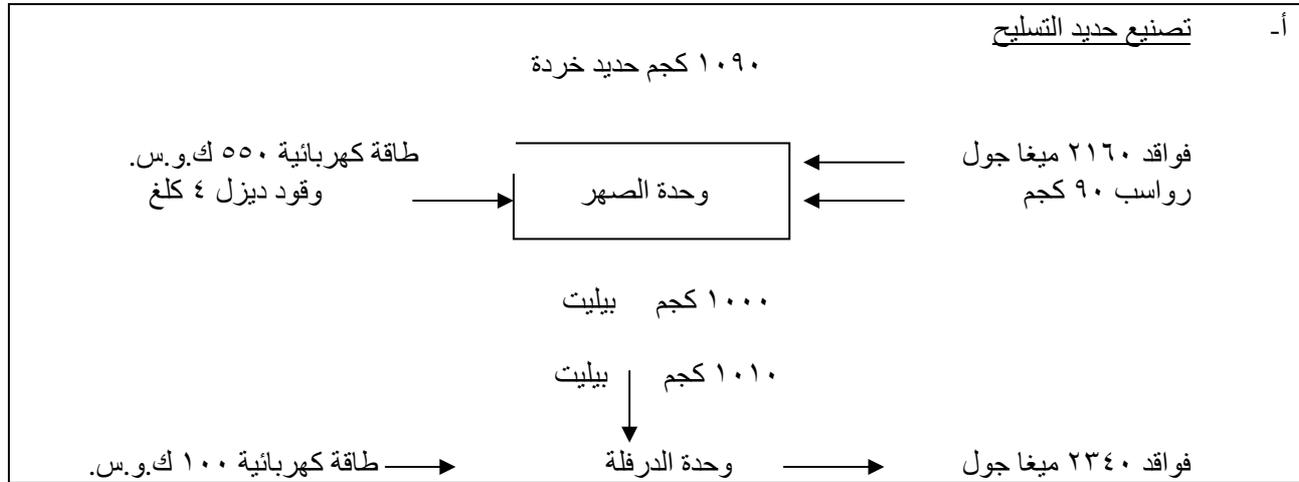
#### ٤- الشركة العامة للحديد والصلب في الجمهورية العربية السورية<sup>(٢٧)</sup>

تعتمد الشركة على إعادة صهر حديد الخردة في الأفران الكهربائية، ولديها ثلاث وحدات رئيسية: وحدة لصهر المعادن، ووحدة الدرفلة بقدرة ١٢٠ ألف طن سنويا، لكل منهما، ووحدة لتصنيع الأنابيب بقدرة ٤٠ ألف طن سنويا لإنتاج الأنابيب المغلقة. ويتوزع استهلاك الطاقة كما هو مبين في الشكل ٤.

#### ٥- الشركة العربية لصناعة الحديد والصلب في المملكة الأردنية الهاشمية<sup>(٢٨)</sup>

شركة يملكها القطاع الخاص، مختصة بدرفلة الحديد وإنتاج حديد التسليح. وتنتج الشركة كمية تتراوح بين ٤٠ و ٥٠ ألف طن سنويا وتستخدم كامل الكمية المنتجة محليا، وتعتمد الشركة على الطاقة الكهربائية وعلى زيت الوقود كمصادر للطاقة وبمعدل متوسطه ٩٢ كيلو وات ساعة و ٤٥ كيلوغرام ووقود سائل للطن المنتج، ويعتبر هذا الاستهلاك ضمن حدود المعدلات العالمية. واتخذت الشركة عدة إجراءات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة وتخفيض التكلفة. ومن تلك الإجراءات الحد من استخدام الطاقة خلال ساعات الذروة؛ واستعمال أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة؛ وإعادة استخدام الهواء الساخن في العمليات الإنتاجية؛ ورفع كفاءة التصنيع باستخدام الحاسوب وتحسين معامل القدرة باستخدام المكثفات، وعزل شبكات البخار والمياه، وذلك للحد من فقدان الطاقة، واستخدام المحركات العالية الكفاءة وتحسين كفاءة الاحتراق، وذلك بالتحكم بنسبة الوفر والهواء داخل الأفران. ويبين الجدول ١٨ إجابات الشركات المصنعة عن مدى تطبيق تقنيات ترشيد استهلاك الطاقة.

#### الشكل ٤- مخطط إنتاج حديد التسليح وإنتاج الأنابيب في الشركة العامة للحديد والصلب في الجمهورية العربية السورية





### الجدول ١٨ - إجابات الشركات المصنعة عن مدى تطبيق تقنيات ترشيد استهلاك الطاقة

الحديد		التقنية
الحديد الأردنية	الإسكندرية للحديد والصلب	
نعم	نعم	١ - التحكم بالعمليات التصنيعية
نعم	نعم	٢ - استخدام نظم استرجاع الحرارة الضائعة
نعم	نعم	٣ - تحسين كفاءة الاحتراق
نعم	نعم	٤ - أنظمة إدارة الطاقة
لا	لا	٥ - أنظمة التوليد المشتركة
نعم	نعم	٦ - تحسين معامل القدرة
نعم	نعم	٧ - المحركات العالية الكفاءة
نعم	نعم	٨ - العزل الحراري
نعم	نعم	٩ - إنارة عالية الكفاءة

المصدر: استبيانات الشركات المصنعة.

## رابعاً- صناعة الأسمدة

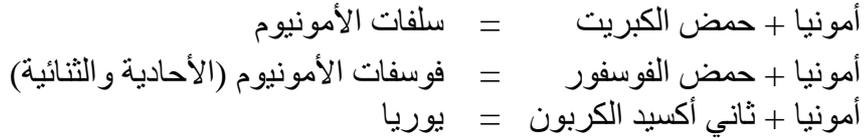
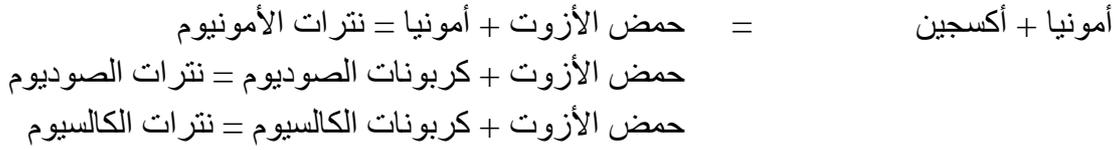
تعتمد الزراعة الحديثة على استخدام الأسمدة باعتبارها مواد مغذية تؤمن الخصوبة اللازمة للتربة. والنتروجين والفوسفات والبوتاس هي المصادر الرئيسية لإنتاج هذه الأسمدة. ويتنامى الطلب العالمي على الأسمدة مع ازدياد الطلب على المحاصيل الزراعية حيث أشارت دراسات منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة<sup>(٦٢)</sup> إلى أن إنتاج المحاصيل الزراعية سيزداد، في الفترة ١٩٩٥-٢٠٣٠، بنسبة ٥٧ في المائة، وأن الطلب على الأسمدة سيزداد بمعدل متوسطه ١,٣ في المائة سنوياً حتى عام ٢٠٣٠. وفيما يلي استعراض لأنواع الأسمدة وطرق تصنيعها وإنتاجها في العالم وفي البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا، ومؤشرات استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذه الصناعة بالإضافة إلى الآثار البيئية الناجمة عنها.

### ألف- أنواع الأسمدة وطرق تصنيعها

فيما يلي عرض للأصناف الرئيسية من الأسمدة التي ينتشر استخدامها في الزراعة.

#### ١- الأسمدة الأزوتية

تعتبر الأمونيا المكون الرئيسي لهذه الأسمدة، وتتشكل نتيجة للتفاعل بين النتروجين المستخرج من الهواء والهيدروجين المستخرج من المواد الهيدروكربونية كالفحم والنفط الخام والغاز الطبيعي والماء. ويعتبر الغاز الطبيعي الخيار الأفضل، اقتصادياً وبيئياً، للحصول على المادة الأولية اللازمة لصناعة الأمونيا وعلى الوقود لإتمام عملية التفاعل. وتساهم الأمونيا، التي تحتوي على نسبة ٨٢ في المائة من النتروجين عند مزجها مع مواد أخرى، في تصنيع أنواع متعددة من الأسمدة الأزوتية وفق ما يلي:



#### ٢- الأسمدة الفوسفاتية

تعتبر صخور الفوسفات المادة الخام الرئيسية في صناعة الأسمدة الفوسفاتية. ويجري إنتاج هذه الأسمدة بإضافة الحمض إلى صخور الفوسفات، حيث ينتج سماد السوبر فوسفات الأحادي الذي يحتوي على نسبة ١٦ إلى ٢١ في المائة من خامس أكسيد الفوسفور عند إضافة حمض الكبريت، بينما ينتج سماد السوبر فوسفات الثلاثي الذي يحتوي على نسبة ٤٣ إلى ٤٨ في المائة من خامس أكسيد الفوسفور عند إضافة حمض الفوسفور<sup>(٦٣)</sup>.

#### ٣- الأسمدة البوتاسية

يستخرج البوتاسيوم كمادة قابلة للذوبان ممزوجا مع جزيئات الكبريت أو الكلور، وتجري تنقية هذه المواد بإزالة كلوريد الصوديوم وتركيزها قبل الاستخدام، وتستخدم المواد المنتجة مباشرة كسماد بوتاسي أو على شكل كلور البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم. وتستخدم الطاقة الكهربائية والوقود السائل مصدرا للطاقة في إنتاج هذا السماد.

## باء- إنتاج الأسمدة في العالم وفي البلدان العربية وفي بلدان الإسكوا

قدر الطلب العالمي على الأسمدة في عام ٢٠٠٣ بنحو ١٦٨ مليون طن عنصر غذائي، شكل النتروجين (N) نسبة ٦٥ في المائة منها، وخامس أكسيد الفوسفور (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ٢١ في المائة، وأكسيد البوتاس (K<sub>2</sub>O) ١٤ في المائة. وفي العام ذاته، بلغ الإنتاج العالمي من مادة الأمونيا ١٣٣ مليون طن، ومن صخر الفوسفات ١٣٦,٦ مليون طن، ومن البوتاس ٤٦ مليون طن، ومن الكبريت ٦٤ مليون طن، أي ما مجموعه ٣٨٠ مليون طن من المواد الخام اللازمة لصناعة الأسمدة<sup>(٦٤)</sup>.

وتساهم البلدان العربية بنسب مختلفة في الإنتاج العالمي للأسمدة. ففي عام ٢٠٠٣ ساهمت تلك البلدان بنسبة ٧ في المائة من إنتاج الأمونيا، و ٩ في المائة من إنتاج اليوريا، و ٣٢ في المائة من إنتاج صخر الفوسفات، و ٤ في المائة من إنتاج البوتاس، و ٨ في المائة من إنتاج الكبريت. ووفقا لما يبينه الجدول ١٩، يشكل إنتاج بلدان الإسكوا ٨٤ في المائة من إنتاج الأمونيا و ٩١,٦ في المائة من إنتاج اليوريا في البلدان العربية.

### الجدول ١٩ - إنتاج الأسمدة الرئيسية في بلدان الإسكوا لعام ٢٠٠٣ (ألف طن)

البلد	الأمونيا	اليوريا	نترات الأمونيوم	سوبر فوسفات أحادي ثلاثي	البوتاس ألف طن	فوسفات الأمونيوم	الأسمدة المركبة
الأردن					١٩٦٠		٢٠٧
الإمارات العربية المتحدة	٤٧٤	٦٥٤					٥١
البحرين	٣٨٠	٥٦٧					
الجمهورية العربية السورية	١٦١	١٩٧	١٠٥	١٩٩			
العراق	م.غ.					٧	
قطر	١٤٤٢	١٧٨٠					
الكويت	٥٤٠	٧٦٢					
لبنان				م.غ.			م.غ.
مصر	٢١٣٦	٢٣٩٤	١٥٢٣	١٣٥١			١٧
المملكة العربية السعودية	٢١٠٦	٢٧٠٨				٢٦٥	٤٩
مجموع بلدان الإسكوا	٧٢٣٩	٩٠٦٢	١٦٢٨	١٥٤٩	١٩٦٠	٢٧٢	٣٢٤
مجموع البلدان العربية	٨٦١٩	٩٨٨٧	١٩٢٨	٢٩٩٠	١٩٦٠	٣٨٢٦	٨٧٥
الإنتاج العالمي	١٣٣٠٠٠	١١٦٠٠٠	٤٠٠٠٠	م.غ.	٤٦٠٠٠	٢١٢٥٠	م.غ.
بلدان الإسكوا إلى البلدان العربية (النسبة المئوية)	٨٤	٩١,٦	٨٤,٤	٥١,٨	١٠٠	٧,١	٣٧
بلدان الإسكوا إلى العالم (النسبة المئوية)	٥,٤	٧,٨	٤		٤,٢٦	١,٣	م.غ.

المصدر: الاتحاد العربي للأسمدة، التقرير الإحصائي السنوي، ٢٠٠٣، ص ٨ و ١٧ و ٢٣ و ٤٢ و ٤٥.

### جيم- استهلاك الطاقة في صناعة الأسمدة

## ١ - معدلات الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة الأسمدة

### (أ) الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة الأمونيا

صناعة الأمونيا هي من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة، إذ تبلغ الطاقة النظرية اللازمة لتصنيع طن الأمونيا ١٩,١ جيغا جول، بينما يتجاوز الاستهلاك الفعلي هذا الرقم بكثير، ويتوقف حجم الاستهلاك على التكنولوجيا المستخدمة وحجم المنشأة. وخلال الأعوام الثلاثين الماضية، حدث تحسن كبير في كفاءة استخدام الطاقة في هذه الصناعة، فانخفض الاستهلاك النوعي من الطاقة في البلدان الأوروبية من ٦٠-٥٠ جيغا جول لطن الأمونيا في سبعينات القرن الماضي إلى ٣٦ جيغا جول للطن (٨٦٠ كيلوغرام مكافئ نפט) حالياً<sup>(٦٥)</sup>. ويتوزع هذا الاستهلاك بمقدار ٢٠,٩ جيغا جول للطن كمادة مغذية، و ١٥,١ جيغا جول للطن كوقود. وقد توصلت التكنولوجيات الحديثة في مجال صناعة الأمونيا إلى تحقيق استهلاك لا يتجاوز ٢٨,٧ جيغا جول لطن الأمونيا السائلة (٦٨٥ كيلوغرام مكافئ نפט). ويقدر المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي من الطاقة لإنتاج طن من الأمونيا السائلة حالياً بنحو ٣٩,٤ جيغا جول (٩٤١ كيلوغرام مكافئ نפט). وعلى صعيد بلدان الإسكوا، قدر متوسط الاستهلاك النوعي في شركة الرويس لصناعة الأسمدة في الإمارات العربية المتحدة، للفترة ١٩٩٥-١٩٩٩، بنسبة ٣٧,٨ جيغا جول، أي ما يعادل ٩٠٠ كيلوغرام مكافئ نפט<sup>(٦٦)</sup>.

### (ب) الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة اليوريا

تنتج اليوريا بتفاعل الأمونيا مع ثاني أكسيد الكربون، ويقدر المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي من الطاقة لإنتاج طن من اليوريا بنحو ٢٧,٦ جيغا جول (٦٦٠ كيلوغرام مكافئ نפט)، والمتوسط الأوروبي بنسبة ٢٢,١ جيغا جول (٥٢٨ كيلوغرام مكافئ نפט)، والاستهلاك النوعي وفق أفضل التقنيات بنحو ١٩,٢ جيغا جول (٤٥٨ مكافئ نפט). وعلى صعيد بلدان الإسكوا، بلغ الاستهلاك النوعي في صناعة اليوريا في شركة الأسمدة السورية، مثلاً ٦٠٠ متر مكعب من الغاز الطبيعي للطن و ٢٢٠ كيلو وات ساعة (١٤٩٤ كيلوغرام مكافئ نפט)، أي بما يزيد عن ضعف المتوسط العالمي؛ وبلغ الاستهلاك النوعي في شركة أبو قير للأسمدة المصرية ٧٨٠ متر مكعب من الغاز الطبيعي للطن و ١٣٣ كيلو وات ساعة (٧٥٧ كيلوغرام مكافئ نפט للطن)، وهو معدل يتجاوز المتوسط العالمي بنسبة ١٥ في المائة، مما يظهر توفر إمكانات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذه البلدان.

### (ج) الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة الأسمدة الفوسفاتية

يقدر متوسط الاستهلاك النوعي الأوروبي في صناعة سماد السوبر فوسفات الثلاثي بنحو ٢,٥ جيغا جول للطن المنتج (٥٩ كيلوغرام مكافئ نפט للطن) بينما تساعد التقنيات الحديثة في تحقيق فائض في الطاقة يقدر بنحو ٢,٩ جيغا جول للطن المنتج عبر عملية إنتاج الحمض. ويقدر متوسط الاستهلاك النوعي الأوروبي للطاقة في إنتاج السوبر فوسفات الأحادي بنحو ٠,٣ جيغا جول للطن المنتج (٧,٢ كيلوغرام مكافئ نפט) بينما تساهم التقنيات الحديثة في تحقيق فائض قدره ٠,٨ جيغا جول للطن<sup>(٦٥)</sup>.

### (د) الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة الأسمدة البوتاسية

بلغ متوسط الاستهلاك النوعي من الطاقة في شركة البوتاس العربية ٥١ كيلو غراما من الوقود السائل و ١٥٥ كيلو وات ساعة لكل طن منتج من كلوريد البوتاسيوم (٨٩ كيلو غرام مكافئ لطن)<sup>(٦٧)</sup>، بينما يقدر متوسط الاستهلاك النوعي الأوروبي بنحو ٣ جيغا جول للطن من كلوريد البوتاسيوم (٧١ كيلو غرام مكافئ لطن)<sup>(٦٥)</sup>، دون حساب الفواقد في توليد الطاقة الكهربائية. ويقدر متوسط الاستهلاك النوعي العالمي بنحو ٥,٨٨ جيغا جول للطن (١٤٤ كيلو غرام للطن)، ومتوسط الاستهلاك بالتكنولوجيا الحديثة ٢,٥٢ جيغا جول للطن (٦٠ كيلو غرام مكافئ لطن).

ويتضمن الجدول ٢٠ بيانات عن الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة بعض أنواع الأسمدة في العالم وفي بعض الشركات العاملة في هذا المجال في بلدان الإسكوا.

## الجدول ٢٠ - الاستهلاك النوعي من الطاقة في صناعة بعض أنواع الأسمدة في العالم وفي بعض شركات صناعة الأسمدة في بلدان الإسكوا

كلوريد البوتاسيوم	الأسمدة الفوسفاتية					اليوريا		الأمونيا		
	الثلاثية		الاحادية			كلغ.م.ن جول طن/طن	جيغا جول طن/طن	كلغ.م.ن جول طن/طن	جيغا جول طن/طن	
	كلغ.م.ن جول طن/طن	جيغا جول طن/طن	كلغ.م.ن جول طن/طن	كلغ.م.ن جول طن/طن	جيغا جول طن/طن					
١٤٤	٦,٠٢	٨٠	٣,٣٦	-	-	٦٦٠	٢٧,٦	٩٤١	٣٩,٤	المتوسط العالمي <sup>(١)</sup>
٧١	٢,٩٧	٦٠	٢,٥	٧,٢	٠,٣	٥٢٨	٢٢,١	٨٦٠	٣٦	الاتحاد الأوروبي <sup>(١)</sup>
٦٠	٢,٥٢	٦٩-	٢,٩-	١٩-	٠,٨-	٤٥٨	١٩,٢	٦٨٥	٢٨,٧	التكنولوجيا الحديثة <sup>(١)</sup>

شركات بلدان الإسكوا<sup>(٢)</sup>

٨٩	٣,٧٢									شركة البوتاس العربية الأردنية
								٩٠٠	٣٧,٨	الرويس الإماراتية
		١٦٧	٧			١٤٩٤	٦٢,٥			الأسمدة السورية
				١٢	٠,٥					المالية والصناعية المصرية
						٧٥٧	٣١,٧			أبو قير المصرية
				٤٢	١,٧٥					أبو زعبل

المصدر: (أ) <http://www.Fertilizer.org/G.KongShang,HydroAgriEuropeNorway.EnergyConsumptionandGreenhouseGas:ifa/publicate>

(ب) استبيانات الشركات المصنعة للأسمدة في دول الإسكوا.

ملاحظة: افترض أن مردود تحويل الكهرباء بنسبة ٣٥ في المائة والقيمة الحرارية للغاز الطبيعي في مصر ٩٣٠٠ كيلو كالوري للمتر المكعب.

## ٢ - الاستهلاك الإجمالي من الطاقة في صناعة الأسمدة

بلغ، في عام ٢٠٠٣، حجم استهلاك الطاقة في صناعة الأسمدة ١٤١ مليون طن مكافئ لطن. وشكل هذا الرقم ١,٤٥ في المائة من الاستهلاك العالمي للطاقة الأولية. وقد استهلكت صناعة الأسمدة الأزوتية نحو ٩٢ في المائة من مجموع الطاقة المستهلكة في صناعة الأسمدة، بينما استهلكت الأسمدة الفوسفاتية والبوتاسية ٤ في المائة لكل منها. ويتيح استخدام التقنيات الحديثة في صناعة الأسمدة الأزوتية خفض متوسط

الاستهلاك النوعي بنسبة لا تقل عن ٣٧,٥ في المائة من الطلب الإجمالي على الطاقة. كما يمكن أن تساهم صناعة الأسمدة الفوسفاتية في توليد الطاقة وفقا للتقنيات الحديثة عبر إنتاج الأحماض المختلفة، وهذا ما يبينه الجدول ٢١.

### الجدول ٢١ - الاستهلاك العالمي للأسمدة: مجموع الطاقة المستهلكة في صناعة الأسمدة ومتوسط الاستهلاك النوعي لعام ٢٠٠٣

إجمالي الطاقة المستهلكة في صناعة الأسمدة		متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة		الاستهلاك العالمي للأسمدة	العنصر الغذائي المنتج
مليون جيغا جول		جيغا جول/طن		(مليون طن)	
وفق أحدث تكنولوجيا	العالمي	أحدث التقنيات	المتوسط العالمي		
٣ ٩٢٧	٥ ٤١٢	٣٥,٧	٤٩,٢	١١٠	النتروجين
٣٢٢-	١٩٣	٩,٢-	٤,٧	٣٥	خامس أكسيد الفوسفور
٨٥	٢١٤	٣,٦	٩,٢	٢٣,٣	أكسيد البوتاسيوم
٣ ٦٩٠	٥ ٨١٩			١٦٨,٣	المجموع

المصدر: [http://www.Fertilizer.org/G. Kong Shang, Hydro Agri Europe Norway. Energy Consumption and Greenhouse Gas: ifa/publicate](http://www.Fertilizer.org/G.Kong%20Shang,Hydro%20Agri%20Europe%20Norway.Energy%20Consumption%20and%20Greenhouse%20Gas:ifa/publicate)

ملاحظة: استند إلى الدراسة المذكورة لعام ١٩٩٨ بعد تعديل الاستهلاك الإجمالي للطاقة بما يتناسب مع كميات الإنتاج في عام ٢٠٠٣ مع افتراض ثبات قيمة متوسط الاستهلاك النوعي.

جرى تقدير استهلاك الطاقة وفقا للاستهلاك النوعي لإنتاج طن من العناصر الغذائية الرئيسية وتختلف أنواع الأسمدة حسب نسبة تركيز العنصر الغذائي (اليوريا ٤٦ في المائة نتروجين، السوبر فوسفات الثلاثي ٤٨ في المائة من خامس أكسيد الفوسفور، وغير ذلك).

### ٣ - استهلاك الطاقة في صناعة الأسمدة في بلدان الإسكوا

بلغ، في عام ٢٠٠٣، إنتاج بلدان الإسكوا ٧,٢٤ مليون طن من الأمونيا و٩ ملايين طن من اليوريا وكميات مختلفة من الأسمدة الفوسفاتية والبوتاسية والمركبة. اعتمد متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة وفق المؤشرات العالمية لكل نوع من أنواع الأسمدة، يمكن تقدير الطلب الإجمالي على الطاقة في صناعة الأسمدة في بلدان الإسكوا بنحو ١٠ ملايين طن مكافئ نפט، وهذا الرقم يمثل ٩ في المائة من الطلب الإجمالي على الطاقة في القطاع الصناعي و٣ في المائة من الطلب الإجمالي على الطاقة الأولية في بلدان الإسكوا.

### ٤ - كلفة الطاقة في صناعة الأسمدة

يعتبر الغاز الطبيعي المادة الرئيسية في صناعة الأسمدة الأزوتية، حيث يستخدم كمادة مغذية لتصنيع الأمونيا وكوقود لإتمام التفاعلات الكيميائية. وتتراوح كلفة الغاز الطبيعي بين ٧٠ و٩٠ في المائة من كلفة إنتاج الأسمدة الأزوتية. وتتباين هذه الكلفة بين منطقة وأخرى من العالم حسب أسعار الغاز. وفي عام ٢٠٠٥، سجلت أسعار الأمونيا ارتفاعا كبيرا بلغ ٧٠ في المائة مقارنة بمتوسط الأسعار في الفترة ١٩٩٠-٢٠٠٠، وذلك بسبب الارتفاع الحاد في أسعار الغاز الطبيعي في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية. وعلى صعيد بلدان الإسكوا، تقدر كلفة الطاقة في صناعة اليوريا في شركة أبو قير للأسمدة المصرية بنسبة ٣٣ في المائة من كلفة الإنتاج الكلية انطلاقا من الأسعار المحلية للغاز التي تحظى بدعم كبير. أما صناعة الأسمدة الفوسفاتية، فتعتبر من الناحية النظرية مصدرا لإنتاج الطاقة. وتشكل كلفة الطاقة المستهلكة في إنتاج هذه الأسمدة نسبة ضئيلة من تكاليف الإنتاج. وعلى صعيد بلدان الإسكوا، تقدر كلفة الطاقة في الشركة المالية

والصناعية المصرية بنسبة ٧ في المائة من كلفة الإنتاج، وتقدر كلفة الطاقة في صناعة الأسمدة البوتاسية في الشركة العربية للبوتاس الأردنية بنسبة ١٧ في المائة من كلفة الإنتاج.

### دال- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الأسمدة

يمكن ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في صناعة الأسمدة بطريقتين رئيسيتين:

١- تخفيض الاستهلاك النوعي للطاقة بتحسين كفاءة التقنيات المستخدمة واستخدام تقنيات حديثة مثل: استخدام وحدات لإنتاج الأمونيا ذات قدرات كبيرة؛ والاستفادة من الحرارة الضائعة واسترجاع الهيدروجين؛ وتقليل الفاقد في الطاقة الكهربائية وتحسين معامل القدرة. وقد بينت المؤشرات التي سبق استعراضها أن هذه الطريقة تتيح إمكانات كبيرة لتوفير حوالى ثلث الطاقة المستهلكة في صناعة الأسمدة.

٢- تحسين كفاءة استخدام الأسمدة لدى المستهلك النهائي وترشيد استهلاكها مما يساهم في تخفيض كمية الطاقة الإجمالية اللازمة لتصنيع الأسمدة. وقد بينت دراسات أجريت عن هذا الموضوع أن هناك إمكانات كبيرة لتحسين كفاءة استخدام الأسمدة الأزوتية في المحاصيل الرئيسية حيث يمكن تخفيض معدل التسميد من ٢٢٨ كيلوغرام نتروجين للهكتار إلى ١٢٨ كيلوغرام نتروجين للهكتار، مما يخفض الطلب على الطاقة في صناعة الأسمدة بنسبة ٤٤ في المائة. وأوصت دراسات عديدة باتخاذ إجراءات تساهم في الحد من الطلب على الأسمدة المصنعة ومن هذه الإجراءات: زيادة مساهمة الأسمدة العضوية لاحتوائها على نسبة كبيرة من المخصبات؛ والاستفادة من المخلفات الزراعية في الحصول على السماد العضوي وعلى الطاقة من خلال الغاز الحيوي؛ والتقيد بكميات الأسمدة الأزوتية والفسفاتية الموصى بها فنيا لوحدة المساحة ولكل محصول وعدم الإسراف في استخدامها.

وعمدت الشركات العاملة في مجال صناعة الأسمدة في بلدان الإسكوا إلى اعتماد برامج لتحسين كفاءة استخدام الطاقة وذلك بالتركيز على: الاستفادة القصوى من البخار الضائع واسترجاع الحرارة الضائعة؛ والاستفادة من الطاقة المولدة ذاتيا عبر وحدات إنتاج الحمض؛ وتقليل الفاقد في الطاقة الكهربائية بتحسين معامل القدرة واستخدام المحركات ذات الكفاءة العالية ونظم الإنارة الموفرة للطاقة.

### هاء- الآثار البيئية لصناعة الأسمدة<sup>(٦٥)</sup>

تؤدي صناعة الأسمدة إلى انبعاث غازات في الجو أهمها ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين. وتشير تقديرات منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي لعام ١٩٩٧، إلى أن إنتاج الأسمدة ساهم بنسبة ١,٢ في المائة من مجمل انبعاثات هذين الغازين على الصعيد العالمي، أي ما يعادل ٢٨٠ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون مكافئ في السنة، إضافة إلى تسبب هذه الصناعة في انبعاث غازات أخرى مثل ثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون.

وقد توزعت الانبعاثات الناجمة عن الأسمدة على النحو التالي:

- ١٣٣ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة (٤٨ في المائة من الكمية الإجمالية) على شكل غاز منبعث في الجو؛

- ٧٤ مليون طن ثاني أكسيد الكربون مكافئ (٢٦ في المائة من الكمية الإجمالية) على شكل أكسيد نتروجين؛

- ٧٥ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة (٢٦ في المائة من الكمية الإجمالية) على شكل غاز ثاني أكسيد الكربون النقي ويستخدم ١٢ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون النقي المنتج من صناعة الألمونيا في تطبيقات فنية.

ويقدر معدل الغازات المنبعثة من صناعة الألمونيا على النحو التالي:

- ثاني أكسيد الكربون ٥٠٠ كيلو غرام للطن من الألمونيا؛
- أكسيد النتروجين ٠,٦-١,٣ كيلو غرام للطن من الألمونيا؛
- ثاني أكسيد الكبريت أقل من ٠,١ كيلو غرام للطن من الألمونيا.

وتتوقف كمية أكسيد النتروجين المنبعثة على عملية التصنيع، فتقل عندما تنخفض كمية الأكسجين الزائد وتضع المنشآت الحديثة أهدافا بالأمتياز تتجاوز انبعاثات أكسيد النتروجين ٠,٥ كيلو غرام للطن. وللحد من الآثار البيئية لصناعة الأسمدة الأزوتية يوصى بزيادة استخدام الغاز الطبيعي كمادة مغذية، وإعادة استخدام الغاز الساخن الناتج من المحول الثانوي، وإجراء الصيانات المناسبة للتجهيزات.

وتنتج من صناعة الأسمدة الفوسفاتية كميات كبيرة من الغبار والفوسفو جيبسيوم ومركبات الفلور، بينما تنتج من صناعة الأسمدة البوتاسية المستخلصة من الأملاح المعدنية للبحر الميت كميات كبيرة من أملاح كلور الصوديوم.

#### واو- دراسات حالة لعدد من شركات تصنيع الأسمدة في بلدان الإسكوا

تعمل في صناعة الأسمدة حوالي ٢٤ شركة في بلدان الإسكوا، يمتلك نصفها القطاع العام، والنصف الآخر يمتلكه القطاع الخاص أو يخضع للملكية المشتركة. وينتج القسم الأكبر من هذه الشركات الألمونيا واليوريا، يتخصص بعضها في إنتاج الأسمدة الفوسفاتية أو البوتاسية أو المركبة. وفيما يلي استعراض لحالة عدد من الشركات.

#### ١- شركة الرويس لصناعة الأسمدة في الإمارات العربية المتحدة<sup>(٦٦)</sup>

هي شركة مشتركة، بين شركة نفط أبو ظبي الوطنية (أدنوك) وبحصة الثلثين وشركة توتال فيينا ألف بحصة الثلث. أنشئت في عام ١٩٨٠ بطاقة تصميمية يومية قدرها ١٠٠٠ طن أمونيا و ١٥٠٠ طن يوريا. وفي مرحلة لاحقة، ازدادت قدرة وحدة الألمونيا إلى ١٠٥٠ طن في اليوم بإدخال وحدة استرجاع الهيدروجين. والمادة الخام المستخدمة هي الغاز النظيف الذي ينقل إلى المصنع بواسطة أنابيب من حقول النفط التي تقع على بعد ١٥٠ كيلومترا. ويتضمن الجدول ٢١ بيانات عن إنتاج الألمونيا واليوريا في الشركة المذكورة.

#### الجدول ٢٢ - إنتاج الألمونيا واليوريا في شركة الرويس لصناعة الأسمدة

العام	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨	١٩٩٩
إنتاج الألمونيا طن/سنة	٤٤١	٤٠٣	٤٥٣	٤٠٤	٤٦٣
إنتاج اليوريا طن/سنة	٦٣٨	٥٦٢	٦٥١	٥٦٤	٥٩١

وعلى الرغم من توفر الطاقة الرخيصة في الإمارات العربية المتحدة، اتخذت الشركة إجراءات ملموسة لاستخدام التجهيزات ذات الكفاءة العالية. ويقدر متوسط استهلاك الطاقة حالياً بنحو ٣٧,٨ جيغا جول للطن من الأمونيا، وهذا الرقم أقل من المتوسط العالمي البالغ ٣٩,٤ جيغا جول للطن. وتعمل المنشأة، منذ تاريخ وضعها في الخدمة في أواخر عام ١٩٨٣، بقدرة تتجاوز القدرة التصميمية. وقد ساهمت البرامج المتتالية لتحسين الكفاءة في تأمين استمرارية عمل المنشأة بكفاءة عالية ومن أهم الإجراءات المتخذة: تحسين أداء مراحل الحرارة الضائعة؛ تبريد إضافي لضواغط ثاني أكسيد الكربون؛ تطوير نظام التحكم والحد من أسباب توقف الوحدات؛ استبدال أنابيب المحول الرئيسي بعد أن تعمل لفترة ١١٦ ألف ساعة بنوعية مواد أفضل؛ زيادة القدرة المولدة ذاتياً وتحسين الاستفادة من القدرة المركبة داخل المنشأة.

## ٢- الشركة المالية والصناعية المصرية<sup>(٦٨)</sup>

هي شركة مساهمة مصرية تابعة للقطاع خاص، تنتج حمض الكبريت التجاري والنقي بتركيز ٩٨ في المائة وسماد السوبر فوسفات الأحادي الناعم والمحبيب والمخلوط المركب للاستهلاك المحلي وللتصدير. وفي عام ٢٠٠٤، بلغ إنتاج الشركة نحو ٣٦٢ ألف طن من حمض الكبريت و ٩١٠ ألف طن سماد.

والطاقة الكهربائية هي المصدر الرئيسي للطاقة، وهي تؤمن من الشبكة العامة وبالتوليد الذاتي عبر عنفتين بخاريتين بقدرة ٣٧١٥ كيلو وات تستفيد من البخار المنتج من وحدة حمض الكبريت، وأربع مجموعات توليد بالديزل بقدرة ٣٦٠٠ كيلو وات. وقد استهلكت الشركة حوالي ٢٤,٤ مليون كيلو وات ساعة في إنتاج الحمض و ٢٦,٨ مليون كيلو وات ساعة في إنتاج السماد، وساهمت العنفات البخارية بنسبة ٦٦ في المائة ومجموعات الديزل بنسبة ٧,٦٥ في المائة، و ٢٦,٣٥ في المائة من الشبكة العامة. ويتوزع استهلاك الطاقة الكهربائية في الشركة على النحو التالي: نسبة ٤١ في المائة لمرحلة الطحن، و ٧ في المائة للمزج، و ٥١ في المائة للتعبئة، و ١ في المائة للتعبئة. ويستخدم الوقود السائل للمجففات ووسائل النقل والاستخدامات الأخرى غير الإنتاجية. وفي عام ٢٠٠٣، بلغت الكمية المستخدمة حوالي ١٥,٥ مليون ليتر من مادة السولار. وتتوزع نفقات الإنتاج على النحو التالي: نسبة ٦٠ في المائة للمواد الأولية، و ٧ في المائة للطاقة، و ٢٣ في المائة للصيانة والتشغيل، و ١٠ في المائة مستلزمات أخرى.

ويهدف تحسين كفاءة استخدام الطاقة، أنشأت الشركة لجنة لمراقبة الطاقة وترشيد استهلاكها وحددت مهمتها بما يلي: المراقبة الدائمة لاستخدامات الطاقة عبر تجميع بيانات الاستهلاك من الأقسام والإدارات وتدقيقها ومقارنتها مع الإنتاج شهرياً؛ العمل على الاستفادة القصوى من البخار المفقود وذلك بإصلاح وصيانة مصائد البخار وتبديل غير الصالح منها، ومراجعة عزل خطوط البخار والمياه الساخنة؛ تقليل الفاقد في الطاقة الكهربائية المستهلكة، وذلك بتحسين وتطوير نظم الإنارة، والاستغلال الأمثل للمحركات ورفع كفاءتها، وتحسين معامل القدرة بحيث لا يقل عن ٠,٩.

## ٣- شركة قطر للأسمدة (قافكو)<sup>(٦٩)</sup>

تنتج الشركة مادتي الأمونيا واليوريا باستخدام الغاز الطبيعي والمصاحب، ويقدر إنتاجها السنوي بنحو ١,٤ مليون طن أمونيا و ١,٧ مليون طن يوريا، وذلك عبر ثلاث خطوط إنتاج قدرة كل منها ١١٤٠ و ١١٥٠ و ١٥٠٠ طن أمونيا، و ١٢٢٥ و ١٤٠٠ و ٢٠٠٠ طن يوريا على الترتيب. وقد تعاقدت الشركة على توسيع الخط الثالث، وأدخلت تحسينات على الخطين الأول والثاني لزيادة كفاءة المنشأة التي تعمل حالياً بحمولة تبلغ ١١٠ في المائة من الحمولة الاسمية. كما تعتمد الشركة برامج صيانة دورية ووقائية متطورة وتتابع عمليات التطوير والتحديث واستخدام أحدث التكنولوجيات العالمية.

#### ٤- الشركة العامة للأسمدة في الجمهورية العربية السورية<sup>(٧٠)</sup>

هي شركة يملكها القطاع العام، وتنتج ثلاثة أنواع من الأسمدة هي اليوريا والكالنتر باستخدام الغاز الطبيعي المحلي كمادة مغذية وكوقود، والسوبر فوسفات الثلاثي بالاعتماد على الفوسفات الخام المحلي. وفي عام ٢٠٠٣، قدر إنتاج الشركة بنحو ١٩٧ ألف طن يوريا، و ١٠٥ آلاف طن كالنترو، و ١٩٨ ألف طن سماد فوسفاتي. ويقدر استهلاك الطاقة لإنتاج اليوريا بنحو ٢٢٠ كيلو وات ساعة، و ٦٠٠ متر مكعب من الغاز، أي بمعدل ٦٣ جيغا جول للطن من يوريا، وهو رقم يعادل ثلاثة أمثال متوسط الاستهلاك في أوروبا البالغ ٢٢ جيغا جول للطن، و ٣,٣ أمثال استهلاك المنشآت الحديثة البالغ ١٩ جيغا جول للطن. وفيما يتعلق بالسماد الفوسفاتي، يقدر الاستهلاك النوعي بنحو ٣٠٠ كيلو وات ساعة و ٢٢ لترات مازوت و ٧٥ كيلو غرام فيول لكل طن، أي بمعدل ٧ جيغا جول للطن، بينما يقدر متوسط الاستهلاك العالمي بنحو ٣,٣٦ جيغا جول للطن والاستهلاك الأوروبي بنحو ٢,٥ جيغا جول للطن، مما يوضح مدى الحاجة إلى اتخاذ إجراءات فعالة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الأسمدة السورية.

#### ٥- شركة أبو قير للأسمدة والصناعات الكيماوية في مصر<sup>(٧١)</sup>

هي شركة يملكها القطاع الخاص، وتنتج الأسمدة الأزوتية (اليوريا والنترات). وفي عام ٢٠٠٣، بلغ إنتاج الشركة حوالي ٥٩٠ ألف طن يوريا و ٨١٠ آلاف طن نترات النشادر و ٦٥٠ ألف طن يوريا المخصوص. وتعتمد الشركة على الغاز الطبيعي المحلي كمادة مغذية وكوقود وعلى الطاقة الكهربائية، ويقدر الاستهلاك النوعي لإنتاج طن اليوريا بنحو ٧٨٠ متر مكعب من الغاز و ١٣٣ كيلو وات ساعة؛ ولإنتاج طن نترات النشادر بنحو ٤٤٦ متر مكعب من الغاز و ٦٥ كيلو وات ساعة؛ ولإنتاج طن يوريا مخصص بنحو ٦٤٢ متر مكعب من الغاز و ١٧٣ كيلو وات ساعة.

وبالمقارنة مع متوسط المؤشرات العالمية والاستهلاك النوعي للمنشآت الحديثة، تبدو هذه الأرقام مرتفعة، وبالتالي هناك إمكانات كبيرة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذه الصناعة. وقد أشارت الشركة إلى عدم توفر تشريعات وسياسات ترتبط بترشيد استهلاك الطاقة لديها، وإنما تعتمد على إجراء المقارنات مع القيمة التصميمية للاستهلاك. ويساهم انخفاض أسعار الغاز الطبيعي المستخدم كمادة مغذية وكوقود في عزوف الشركة عن إتباع إجراءات صارمة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة. وتقدر كلفة الطاقة بحوالي ٣٣ في المائة من متوسط كلفة الإنتاج الكلية.

#### ٦- شركة البوتاس العربية في الأردن<sup>(٧٢)</sup>

أنشئت شركة البوتاس العربية في عام ١٩٥٦ لاستثمار مياه البحر الميت الغنية بالأحماض المعدنية مثل المغنيزيوم والصوديوم والكالسيوم، حيث يصل معدل الملوحة إلى ٣٤٥ غراما في اللتر، ويقدر حجم الأحماض بنحو ٤٣ مليار طن. وفي عام ١٩٨٢ باشرت الشركة إنتاج كلوريد البوتاسيوم، وفي عام ٢٠٠٤ بلغت كمية الإنتاج حوالي ١٩٢٩ ألف طن. وتنفيد الشركة من الطاقة الشمسية عبر أحواض التبخير التي تعتبر من أكبر الأحواض الشمسية التي صنعها الإنسان، وتبلغ مساحتها ١٣١ كيلومترا مربعا. وتنتج من صناعة البوتاس كميات كبيرة من النفايات الصلبة، منها كلوريد الصوديوم، وتقدر بطن لكل طن بوتاس منتج، كما ينجم عنها انبعاث غازات مختلفة وكميات من الغبار. ويستخدم الوقود الثقيل ووقود الديزل والطاقة الكهربائية كمصادر للطاقة في عملية الإنتاج. وقد بلغ الاستهلاك النوعي للطاقة لكل طن منتج ٤٥,٦٦ كيلو غرام من الوقود الثقيل، و ٥,٧٧ كيلو غرام من الديزل، و ١٥٥ كيلو وات ساعة. وتمثل كلفة الطاقة نحو ١٧ في المائة من كلفة الإنتاج الكلية.

## ٧- شركة أبو زعبل للأسمدة والكيماويات<sup>(٧٢)</sup>

تنتج الشركة الأسمدة الفوسفاتية الأحادية والثلاثية وحمض الكبريت والفوسفور. وفي عام ٢٠٠٤ بلغ إنتاجها ٣٣٢ ٥٤٩ طن من حمض الكبريت والفوسفور و٥٤٣ ٩٥٦ طن من الأسمدة. وتعتمد الشركة على الطاقة الكهربائية كمصدر رئيسي للطاقة وبنسبة ٩٥ في المائة بينما يشكل الغاز حوالي ٥ في المائة. ويتباين استهلاك الطاقة حسب نوع المادة المصنعة حيث بلغ الاستهلاك الإجمالي للطاقة ٢٠,٠١٨ مليون كيلو وات ساعة في صناعة الحمض، وحوالي ١٤,١٥ مليون كيلو وات ساعة في صناعة الأسمدة. ويؤمن حوالي ٢٥ في المائة من الطاقة المستهلكة بالتوليد الذاتي عبر وحدات إنتاج حمض الكبريت، وتخطط الشركة لإنشاء وحدة جديدة لإنتاج الحمض ستساهم في تزويدها بطاقة كهربائية إضافية. كما يستخدم الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة الحرارية اللازمة لتشغيل المراحل والأفران، ويقدر الاستهلاك الشهري منه بحوالي ١,٣ مليون متر مكعب. وقد اتخذت الشركة عدة إجراءات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة منها تحسين معامل القدرة من ٠,٧ إلى ٠,٩ وتركيب مرجل لاسترجاع الحرارة الضائعة بقدرة ٣٢ طن.

## ٨- تطبيق إجراءات ترشيد الطاقة

يبين الجدول ٢٣ إجراءات ترشيد الطاقة في بعض الشركات المصنعة للأسمدة.

### الجدول ٢٣ - إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة في بعض الشركات المصنعة للأسمدة في بلدان الإسكوا

التقنية	الشركة العامة للأسمدة السورية	المالية والصناعية للأسمدة المصرية
١- التحكم بالعمليات التصنيعية	لا	-
٢- استخدام نظم استرجاع الحرارة الضائعة	نعم	نعم
٣- تحسين كفاءة الاحتراق	نعم	-
٤- أنظمة إدارة الطاقة	نعم	نعم
٥- أنظمة التوليد المشتركة	لا	لا
٦- تحسين معامل القدرة	نعم	نعم
٧- المحركات عالية الكفاءة	نعم	نعم
٨- العزل الحراري	نعم	نعم
٩- إنارة عالية الكفاءة	نعم	نعم

المصدر: استبيانات الشركات المصنعة للأسمدة.

## خامسا- صناعة الزجاج

تطورت صناعة الزجاج في العالم لتصبح إحدى الركائز الاقتصادية في معظم البلدان، وذلك بفضل المواصفات الفريدة التي تتمتع بها مادة الزجاج، والحاجة إليها في الكثير من التطبيقات الإنشائية والصناعية والمنزلية. ودخلت مادة الألياف الزجاجية إلى قطاعات حديثة مثل الإلكترونيات والاتصالات، كما اتخذت صناعة الزجاج العالمية عدة خطوات لزيادة قدرتها التنافسية، وذلك بتطوير أنواع من الزجاج المقاوم للحرارة، والزجاج الخفيف الوزن، والزجاج غير القابل للكسر.

## ألف- إنتاج واستهلاك الزجاج

ينقسم إنتاج الزجاج إلى أربعة أقسام رئيسية<sup>(١٩)</sup> هي: زجاج المستوعبات، ومن منتجاته الأوعية والقوارير وغيرها؛ والزجاج المسطح، ومن منتجاته ألواح زجاج الأبنية والسيارات والمرابا وغيرها؛ والزجاج المضغوط/المنفوخ، ومن منتجاته مصابيح الإنارة وأنابيب التلفزيون والأجهزة الإلكترونية وغيرها؛ والألياف الزجاجية المستخدمة في العزل (فيبر غلاس) والألياف البصرية المستخدمة في أنظمة الاتصالات والتي تتميز بقدرتها العالية على نقل المعلومات بسرعة فائقة.

وفي عام ٢٠٠٣، بلغ الطلب العالمي على الزجاج المسطح حوالي ٣٦ مليون طن، استخدم ٧٠ في المائة منه في نوافذ الأبنية و ١٠ في المائة في زجاج السيارات و ٢٠ في المائة في الأثاث والمفروشات<sup>(٧٣)</sup>. وقد شكل استهلاك أوروبا والصين وأمريكا الشمالية ٧٥ في المائة من الطلب العالمي، وقد تنامي الطلب خلال الأعوام العشرين الماضية بمعدل بلغ ٣,٨ في المائة سنويا، ولا سيما في الفترة الأخيرة، نظرا لازدياد الطلب في الصين.

ويقدر إنتاج زجاج المستوعبات بملايين القطع يوميا، تستخدم في حفظ الأدوية والعلطور والمواد الغذائية. وتنبأين حصة الفرد من الزجاج المستهلك بين مختلف بلدان العالم، فتبلغ حوالي ٧٥ كيلو غراما في السنة<sup>(٧٤)</sup> في الولايات المتحدة الأمريكية وبلدان الاتحاد الأوروبي، وتتندى إلى ٣,٥ كيلو غرام في الصين وحوالي ٠,٥ كيلو غرام في الهند<sup>(٧٥)</sup>.

وتتعرض صناعة زجاج المستوعبات لمنافسة حادة بسبب الاستخدام الواسع للعبوات البلاستيكية والمعدنية، وخاصة في البلدان النامية. ويعود السبب في ارتفاع معدل استهلاك زجاج المستوعبات في أوروبا إلى الأنظمة البيئية والصحية التي تحد من استخدام العبوات البديلة.

وتعد صناعة الزجاج من الصناعات المزدهرة والمنتشرة في عدد كبير من بلدان الإسكوا حيث تتنوع بين إنتاج المستوعبات والزجاج المسطح وزجاج المركبات، والمرابا، ومصابيح الإنارة وغيرها من المنتجات الزجاجية والبلورية. ووفقا للمعطيات المتوفرة، تعتبر حصة الفرد من الزجاج في بلدان الإسكوا متدنية بالمقارنة مع مثيلتها في بلدان الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية، إذ قدرت هذه الحصة في الجمهورية العربية السورية بنحو ٦ كيلو غرامات لنوعي الزجاج المسطح والمستوعبات في عام ٢٠٠٣، وقدرت حصة الفرد من استهلاك زجاج الأوعية والقوارير في مصر بنحو ٣ كيلو غرامات في عام ٢٠٠٤<sup>(٧٦)</sup>، وتصل حصة استهلاك الفرد من الزجاج إلى حوالي ١٥ كيلو غراما في لبنان، ويرجح أن يكون الرقم مماثلا في المملكة العربية السعودية وسائر بلدان مجلس التعاون الخليجي. ووفقا لهذه المعطيات، يمكن تقدير الطلب الحالي على الزجاج في بلدان الإسكوا بنحو ٢ إلى ٢,٥ مليون طن سنويا.

## باء- تصنيع الزجاج واستهلاك الطاقة في مراحل التصنيع<sup>(١٩)</sup>

تتكون المواد الأولية المستعملة في صناعة الزجاج من مادة السيليكا ( $SiO_2$ ) بنسبة ٦٩ إلى ٧٤ في المائة، ورماد الصودا ( $Na_2O$ ) بنسبة ١٢ إلى ١٦ في المائة، والحجر الجيري ( $CaO$ ) بنسبة ٥ إلى ١٢ في المائة، وأكاسيد الألمنيوم والمنغنيز بنسبة ٥ إلى ٩ في المائة. وتدخل إضافات أخرى على بعض الأنواع الخاصة من الزجاج مثل مادة الرصاص المستعملة في صناعة الكريستال. ويعتمد مصانع كثيرة في العالم إلى إعادة استعمال حطام الزجاج في تحضير المواد الأولية اللازمة للصناعة، مما يساهم في تخفيض استهلاك هذه المواد واستهلاك

الطاقة اللازمة لصهرها داخل الفرن. وتشير عدة تقارير إلى أن نسبة الزجاج المعاد تدويره تبلغ حاليا ٥٠ في المائة تقريبا من كمية المواد الأولية<sup>(٧٧)</sup>.

ويبين الشكل ٥ مخطط مراحل تصنيع الزجاج.

ويبين الجدول ٢٤ متوسط استهلاك الطاقة في مراحل تصنيع الزجاج وفقا لمصطلحات في صناعة الزجاج الأمريكية لعام ١٩٩٩.

**الجدول ٢٤ - متوسط استهلاك الطاقة في مراحل تصنيع الزجاج (كيلو غرام مكافئ نפט للطن)**

الألياف الزجاجية		الزجاج المضغوط والمنفوخ		زجاج المستوعبات		الزجاج المسطح		نوع الزجاج المصنع مرحلة التصنيع
النسبة المئوية	كغ م.ن/طن	النسبة المئوية	كغ م.ن/طن	النسبة المئوية	كغ م.ن/طن	النسبة المئوية	كغ م.ن/طن	
٧,٨	٨٩	٧,٨	٥٩	١٣,٧	٤١	٤,٦	٢١	تحضير الخلطة
٣٤,٨	٣٩٨	٢٧,٨	٢١١	٦,٠	١٨١	٥٣,٥	٢٤٣	الصهر والتنقية
٤٨,٨	٥٥٨	٥٤	٤٠٩	٦,٥	١٩	٢٥,٥	١١٦	التشكيل
٨,٦	١٠٠	١٠,٤	٧٩	١٩,٨	٥٩	١٦,٤	٧٤	ما بعد التشكيل
١٠٠	١١٤٥	١٠٠	٧٥٨	١٠٠	٣٠٠	١٠٠	٤٥٤	المجموع

المصدر: *Glass Industry of the Future. Energy and Environmental Profile of the USA Glass Industry. US Department of Energy, April 2002. Available at: [www.energymanagertraining.com/glass/pdf](http://www.energymanagertraining.com/glass/pdf)*

ملاحظة: افترض أن كل كيلو غرام مكافئ نפט = ١٠ آلاف كيلو كالوري، وأن كل كيلو وات ساعة = ٣٦٠٠ كيلو كالوري.

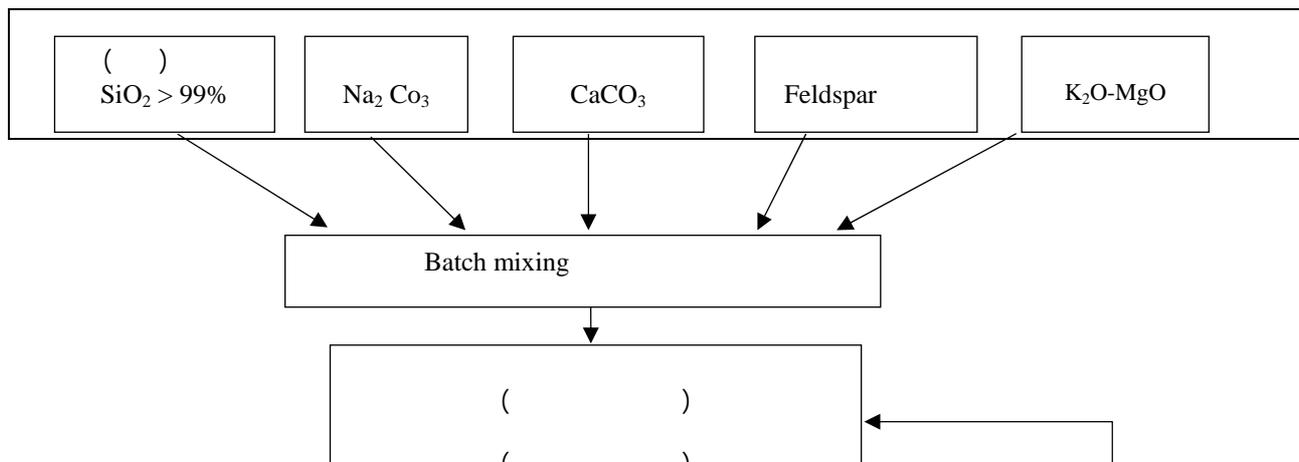
ويتضح من هذا الجدول أن كمية الطاقة المستهلكة في عملية الصهر والتنقية تراوحت بين ٥٣ و ٦٠ في المائة في صناعة الزجاج المسطح وزجاج المستوعبات، بينما تدنت هذه في صناعة أنواع الزجاج الأخرى.

### جيم- استهلاك الطاقة في صناعة الزجاج

#### ١- الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج

تعتبر صناعة الزجاج من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة بسبب الكمية الكبيرة من الطاقة الحرارية التي تتطلبها عمليات الصهر والتشكيل. ويعتبر استخدام الغاز الطبيعي في صناعة الزجاج الحل الأفضل من الناحيتين البيئية والاقتصادية، تليه الكهرباء التي تستعمل بشكل أساسي لتشغيل المحركات الكهربائية وغيرها من أجهزة المراقبة وأجهزة التدفئة والتبريد داخل المصانع، ثم زيت الوقود الذي يستخدم، وغيره من المشتقات النفطية، لأغراض التسخين وإنتاج البخار.

#### الشكل ٥- المخطط الصندوقي لمراحل تصنيع الزجاج<sup>(١٩)</sup>





ولا تتوفر معطيات كثيرة عن الاستهلاك العالمي للطاقة في صناعة الزجاج. وقد أشارت دراسة صدرت في نيسان/أبريل ٢٠٠٢<sup>(١٩)</sup>، إلى أن إنتاج الزجاج تجاوز ٢٠ مليون طن في عام ١٩٩٩، وأن الاستهلاك النوعي للطاقة كان ٥٢٤ كيلو غرام مكافئ نפט للطن المنتج، بعد احتساب الفواقد في توليد الطاقة الكهربائية ونقلها وتوزيعها. ويتباين الاستهلاك النوعي الإجمالي كثيرا حسب نوع الزجاج المصنع وحسب نوع الفرن المستخدم، فيتراوح متوسط هذا الاستهلاك بين ٣٠٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن من زجاج المستوعبات و٤٥٤ مكافئ نפט للطن من الزجاج المسطح، و١١٤٥ كيلو غرام مكافئ نפט للطن من الصوف الزجاجي.

وأشارت الدراسات الأوروبية إلى أن متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة في عام ٢٠٠٠ بلغ حوالي ٣٠٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن، بعد احتساب جميع الفوائد، محققا انخفاضا نسبته ٥٠ في المائة بالمقارنة مع متوسط الاستهلاك النوعي في الستينات من القرن الماضي. ويعزى هذا الانخفاض إلى ارتفاع نسبة زجاج المستوعبات ذي الاستهلاك المنخفض للطاقة، والذي يشكل نحو ٦٣ في المائة من الإنتاج الإجمالي، وكذلك ارتفاع نسبة حطام الزجاج المستخدم في خلطة المواد الأولية، والذي يشكل حوالي ٥٠ في المائة من المواد الأولية الداخلة في صناعة زجاج المستوعبات.

واستنادا إلى هذه المعطيات، يقدر متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج على الصعيد العالمي بنحو ٤٠٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن المنتج. ووفقا للمعطيات المتوفرة، يمكن تقدير الطلب العالمي على الزجاج برقم يتراوح بين ١٠٠ و ١٢٠ مليون طن، تستهلك من الوقود قدرا يتراوح بين ٤٠ و ٥٠ مليون طن، أي ما يمثل ٠,٥ في المائة من الاستهلاك العالمي للطاقة الأولية<sup>(٧٨)</sup>.

وبالاستناد إلى التقديرات التي أشير إليها آنفا عن استهلاك الزجاج في بلدان الإسكوا وبافتراض أن نسبة ٧٥ في المائة من الطلب على زجاج المستوعبات والزجاج المسطح تنتج محليا، أي حوالي ١,٥ إلى ٢ مليون طن سنويا، وأن متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج يصل إلى ٥٠٠ كيلو غرام مكافئ نפט للطن المنتج في تلك البلدان، يقدر مجموع الطاقة المستهلكة في هذه الصناعة بحوالي مليون طن مكافئ نפט سنويا أي ما يعادل واحد في المائة من الطلب الإجمالي على الطاقة في القطاع الصناعي في هذه البلدان.

## ٢- كلفة الطاقة إلى كلفة الإنتاج الكلية

تتباين كلفة الطاقة ونسبتها إلى كلفة الإنتاج في صناعة الزجاج وفقا لنوعية الزجاج المنتج والاستهلاك النوعي للطاقة لوحدة المنتج وأسعار الطاقة. وتشكل كلفة الطاقة نحو ٣٠ في المائة من كلفة الإنتاج في مصنع سوليفر لبنان، بينما تبلغ هذه الكلفة ٨ إلى ١٢ في المائة من كلفة الإنتاج في صناعة الزجاج الأمريكية، و ١٤ في المائة في صناعة الزجاج السورية.

## دال- الآثار البيئية لصناعة الزجاج<sup>(٧٩)</sup>

تتمثل الآثار البيئية لصناعة الزجاج في الملوثات الناجمة عن عملية الإنتاج والانبعاثات الناتجة من حرق الوقود الأحفوري. فالزجاج يصنع من مادة رئيسية هي السيليكات، ومواد أولية أخرى مثل الحجر الكلسي والصودا. وتنجم عن عمليات طحن هذه المواد وتحضيرها كميات كبيرة من الغبار، يمكن التقاطها بواسطة أجهزة الفلترة وإعادة استعمالها. وتقدر كمية الغبار المنبعث بحوالي ٢ كيلو غرام لكل طن منتج من الزجاج<sup>(٧٨)</sup>. وتشمل الانبعاثات كذلك أكاسيد الكبريت والنتروجين والجزئيات المعدنية التي قد تحتوي على معادن سامة مثل الزرنيخ والرصاص، بالإضافة إلى إمكانية انبعاث غازات أخرى مثل مركبات الفلور والأجسام الصلبة المعلقة، الناتجة من العمليات النهائية كالتقطيع والصقل. وتساهم أفران الصهر في إصدار نحو ٩٠ في المائة من الملوثات الهوائية الناجمة عن صناعة الزجاج، ويتفاوت معدل الانبعاثات ونوع الملوثات حسب نوعية الأفران وتكوين المواد الأولية ونوع الزجاج المصنع. وقد عملت جهات دولية عديدة على توصيف معدلات الانبعاثات، ويتضمن الجدول ٢٥ المعدلات التي ييجزها البنك الدولي.

## الجدول ٢٥ - معدلات الانبعاثات الهوائية المسموح بها في صناعة الزجاج

ملوث الهواء	أعلى معدل مسموح به (ملغ/م <sup>3</sup> )
الجزئيات	٥٠ (٢٠ عند وجود معادن سامة)
أكاسيد الكبريت	٧٠٠ (عند حرق الغاز) ١ ٨٠٠ (عند حرق النفط)
أكاسيد النيتروجين	١ ٠٠٠ (ترتفع إلى ٢ ٠٠٠ اعتمادا على تكنولوجيا الفرن)
ألفلوريدات	٥
الرصااص والكاديوم	٥
الزرنينخ	١
كلوريد الهيدروجين	٥٠

المصدر: World Bank/UNIDO, *Pollution Prevention and Abatement Handbook*. 1998, p. 322.

وسعت بلدان ومؤسسات صناعية عديدة إلى تطبيق برامج لخفض كمية الملوثات. وتهدف البرامج الصادرة عن وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية إلى خفض كمية الانبعاثات والملوثات الضارة إلى ٥٠ في المائة عن معدلاتها في عام ١٩٩٥.

### هاء- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الزجاج

تشير التجارب والدراسات المختلفة إلى وجود فرص سانحة لتحقيق وفر ملموس في الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج وتتركز الإجراءات في هذا المجال على ما يلي:

١- زيادة كفاءة الصهر في الأفران عبر استرجاع الحرارة المصاحبة لغازات العادم والتحكم في كمية الهواء الزائد وخفض معدل استهلاك البخار المستخدم في تسخين الوقود السائل الثقيل.

٢- زيادة نسبة الكوليت (حطام الزجاج المستعمل) في مزيج المواد الأولية، لأن استعمال حطام الزجاج بمعدل ١٠ في المائة في مزيج المواد الأولية يحقق خفضا نسبته ٣ في المائة من استهلاك الطاقة، إضافة إلى التوفير في استهلاك المواد الأولية.

٣- استخدام التقنيات المتطورة في زيادة القدرة الإنتاجية وخفض استهلاك الطاقة ومن الأمثلة على ذلك: التسخين الكهربائي الداعم في مرحلة الصهر عبر تمرير تيار كهربائي في المزيج داخل الأفران التي تستخدم الغاز، ويمكن أن تساهم الطاقة الكهربائية بنحو ١٠ إلى ١٥ في المائة من الطاقة المستهلكة وزيادة كفاءة الفرن بنسبة ١٠ في المائة؛ زيادة مردود الاحتراق وتخفيض الطلب على الطاقة عبر استخدام الهواء المشبع بالأكسجين مما يساهم في تحسين المردود وتخفيض نسبة أكاسيد النتروجين المنبعثة؛ التسخين المسبق للكوليت والتسخين المسبق للمزيج باستخدام حرارة الغازات المنبعثة في الجو.

وانخفض معدل الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج الأوروبية إلى النصف، بسبب التطور التكنولوجي وتطور أساليب التصنيع، مقارنة بما كان عليه هذا الاستهلاك في فترة الستينات من القرن الماضي. وقد أجريت دراسة في هولندا عن كفاءة استخدام الطاقة في أنواع عديدة من الأفران المستعملة في صناعة زجاج المستوعبات والزجاج المسطح وذلك في أواخر العام ١٩٩٩<sup>(٨٠)</sup>، بافتراض أن نسبة كسر الزجاج المستعملة في صناعة زجاج المستوعبات بلغت ٥٠ في المائة. وخلصت هذه الدراسة إلى عدد من النتائج الهامة أهمها: بلغت أعلى كفاءة لاستهلاك الأفران المستخدمة في صناعة زجاج المستوعبات حوالي ٨٣ كيلو غرام مكافئ نפט لكل

طن منتج، وتتميز الأفران ذات الكفاءة العالية بأن حجمها كبير وقدرتها الإنتاجية تتجاوز ٢٥٠ طن في اليوم، وبأنها مزودة بأجهزة تسخين مسبق وتعمل على الغاز الطبيعي؛ تعتمد كفاءة استهلاك الطاقة لصناعة الزجاج الألواح إلى حد كبير على حجم وقدرة الأفران، حيث يبلغ الاستهلاك النوعي للطاقة حوالي ١٤٨ كيلو غرام مكافئ نפט للطن في الأفران التي لا تتجاوز قدرتها الإنتاجية ٥٠٠ طن يوميا، وحوالي ١٢٣ كيلو غرام مكافئ نפט للطن في الأفران التي تزيد قدرتها الإنتاجية عن ٨٠٠ طن يوميا؛ لا يؤثر لون الزجاج المنتج على نسبة استهلاك الطاقة خلال عملية التصنيع؛ يؤثر عمر الفرن على معدل استهلاكه من الطاقة حيث يزيد بنسبة ٠,٨ إلى ٠,٩ في المائة كل سنة.

وفي العقد الأخيرة من القرن الماضي، انخفض معدل استهلاك الطاقة في صناعة الزجاج في الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة ٢٥ في المائة نتيجة للإجراءات المتخذة لتحسين كفاءة الطاقة وزيادة نسبة حطام الزجاج المستعمل في مزيج المواد الأولية. وجرى وضع برنامج لتحسين كفاءة الإنتاج في صناعة الزجاج حتى عام ٢٠٢٠ يلحظ: تخفيض كلفة الإنتاج بنسبة ٢٠ في المائة عن مستوى العام ١٩٩٥؛ وإعادة تدوير حطام الزجاج بالكامل واستعمالها كموا الأولية في التصنيع؛ وتحسين كفاءة الإنتاج بنسبة ٥٠ في المائة عن المستوى الحالي؛ وتخفيض كمية الانبعاثات الهوائية والمخلفات بنسبة ٢٠ في المائة عبر سلسلة من التدابير التقنية والتشريعات البيئية.

#### واو- دراسات حالة عدد من شركات صناعة الزجاج في بعض بلدان الإسكوا

##### ١- الشركة اللبنانية لصنع الزجاج واليورسلان المساهمة (سوليفر)<sup>(٢٠)</sup>

هي شركة مساهمة يملكها القطاع الخاص. لقد أنشئت في عام ١٩٥٧، وتضم حاليا نحو ١٦٠ عاملا وموظفا يعملون في ٣ ورديات يوميا. وتنتج الشركة حوالي ٣٤ ألف طن من المستوعبات الزجاجية سنويا، أي ما يعادل حوالي ٥٠ في المائة من مجموع الإنتاج الوطني. ويقدر معدل إنتاجية العامل الواحد في العام بنحو ٢١٠ أطنان، وهو من المعدلات الجيدة مقارنة بالمعدل الأوروبي. وتستخدم الشركة الكهرباء وغاز النفط المسيل والمازوت كمصادر للطاقة، ويعمل الفرن بدون انقطاع لمدة ستة أعوام يستعاض بعده عنه بفرن جديد. وبالرغم من أن تاريخ بدء العمل في الشركة يعود إلى عام ١٩٥٧، أدت برامج إعادة التأهيل المتتالية إلى تطور تقني وفني للمعدات الرئيسية مثل الفرن والمولدات الكهربائية والضواغط والمراوح.

وتتوزع الطاقة المستهلكة في عمليات الإنتاج على النحو التالي: ١,٤ طن من غاز البوتان يوميا لتشغيل الفرن وأجهزة التصنيع ومراقبة درجة حرارة الزجاج (تبريد تدريجي)؛ و ٩ ٠٠٠ لتر من المازوت (الديزل) يوميا، يستعمل حوالي ٦ ٠٠٠ لتر منها لتشغيل المولدات الكهربائية، ويستعمل الباقي في مختلف مراحل الإنتاج؛ و ١٨ ٠٠٠ لتر من زيت الوقود يوميا يستعمل معظمها لتسخين الفرن؛ و ٣٦ ألف كيلو وات ساعة من الطاقة الكهربائية يوميا تستعمل لتسخين الوقود قبل حرقه داخل الفرن، وكذلك في مراحل إنتاج أخرى، بالإضافة إلى استعمالها داخل الأبنية والمكاتب التابعة للشركة. ويبلغ الاستهلاك النوعي التقريبي للطاقة حوالي ٢٨٤ كيلو غرام مكافئ نפט و ٣٦٠ كيلو وات ساعة لكل طن منتج (باعتبار عامل تحويل الكهرباء يعادل ٢٥٠ غراما لكل كيلو وات ساعة). وتوزعت كلفة الإنتاج بنسبة ٣٠ في المائة للطاقة؛ و ٣٥ في المائة للمواد الأولية؛ و ٣٥ في المائة لليد العاملة والصيانة وقطع الغيار. ويعود السبب في ارتفاع كلفة الطاقة إلى ارتفاع تسعيرة الكهرباء وارتفاع كلفة تشغيل المولدات الخاصة.

(أ) الآثار البيئية

أهم الملوثات الهوائية الناتجة من حرق زيت الوقود والمازوت هي أكاسيد الكبريت والنتروجين والجزئيات، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج من مختلف عمليات الاحتراق بغض النظر عن نوعية الوقود. كما تخلف صناعة الزجاج نفايات سائلة نتيجة لعملية غسل المواد الأولية، وبعض النفايات الصلبة كالغبار. وتقتصر عمليات إعادة التدوير المعتمدة حالياً لدى الشركة على استعمال كسر الزجاج في تحضير المواد الأولية.

## (ب) ترشيد استهلاك الطاقة

حصلت شركة سوليفر في عام ٢٠٠٤ على شهادة المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO 9001/2000)، وتسعى الشركة حالياً إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة باتخاذ إجراءات عديدة من أهمها: اعتماد تقنيات حديثة لرفع كفاءة الإنتاج واسترجاع الطاقة الحرارية الضائعة، والتحكم بنسب الوقود والهواء داخل الأفران؛ وتحسين معامل القدرة بحيث لا يقل عن ٨٠ في المائة؛ واعتماد العزل الحراري والمحركات العالية الكفاءة؛ واعتماد أجهزة إنارة عالية الكفاءة. وتتمثل عوائق ترشيد استهلاك الطاقة في عدم كفاية التقنيات ذات الكفاءة العالية، وغلاء أسعار الطاقة، الأمر الذي أدى إلى ارتفاع كلفة الإنتاج، وبالتالي عدم توفر رأس المال اللازم لتحديث أجهزة وأنظمة الإنتاج.

## ٢- الشركة العامة للصناعات الزجاجية والخزفية، دمشق، الجمهورية العربية السورية<sup>(٨١)</sup>

يعود تاريخ إنشاء الشركة العامة للصناعات الزجاجية والخزفية إلى عام ١٩٧٨ ومركزها دمشق، وهي تنتج الزجاج المسطح والمحجر إضافة إلى زجاج القوارير والأواني الخزفية. كما تنتج السيليكاات وعلب الكرتون، ١ ٢٩١ عاملاً وموظفاً، وتعود ملكيتها إلى القطاع العام.

ويبلغ إنتاج الشركة السنوي ١٥ ألف طن من الزجاج المسطح، و١٥ ألف طن من الزجاج المحجر، و١٢ ألف طن من زجاج المستوعبات، و٦ آلاف طن من السيليكاات و٤٥٥ طن من الأواني الخزفية بالإضافة إلى حوالي ١ ٧٨٠ طن من الكرتون. ولا يتجاوز معدل إنتاجية العامل الواحد ٤٠ طناً في السنة، أي خمس إنتاجية العامل في معمل سوليفر اللبناني، وهذا ناجم عن قدم التقنيات المستخدمة.

وتستهلك الشركة مادة الوقود وغاز النفط المسيل والكهرباء كمصادر أساسية للطاقة في عملية الإنتاج، كما تستعمل مادة الديزل في بعض المراحل كوقود احتياطي للوقود والكهرباء. وتتفاوت كميات وأنواع الطاقة المستهلكة حسب نوعية الإنتاج، فتشكل مادة الوقود حوالي ٥٣ في المائة من الطاقة المستهلكة في إنتاج الزجاج السادة، بينما يشكل الغاز ٣٥ في المائة من الطاقة المستهلكة في إنتاج الزجاج المحجر، أما صناعة القوارير فتعتمد في معظمها على استعمال الطاقة الكهربائية التي تساهم بنسبة ٥٥ في المائة من مجموع الطاقة المستهلكة.

وتتوزع تكاليف الإنتاج الإجمالية في الشركة على النحو التالي: نسبة ٣٥ في المائة للصيانة والتشغيل (الأيدي العاملة وقطع غيار)؛ ونسبة ٢٥ في المائة للمواد الأولية؛ ونسبة ١٤ في المائة للطاقة؛ ونسبة ٢٦ في المائة للمتطلبات الأخرى. ويتفاوت معدل الاستهلاك النوعي للوقود حسب نوع الزجاج المصنع واستناداً إلى احصاءات الشركة، فيبلغ ٨٠٠ كيلوغرام مكافئ لطن من الزجاج السادة؛ وحوالي ٥٧٨ كيلوغرام مكافئ

النفط للطن المنتج من زجاج القوارير. وهذا المعدل يعتبر مرتفعاً، إذ يشكل حوالي ضعف معدلات الاستهلاك العالمية، وقد يكون السبب في ذلك ضعف كفاءة الأفران بسبب كثرة الفواقد.

#### (أ) الأثر البيئي

تتمثل الملوثات الهوائية في انبعاث أكاسيد الكبريت والنتروجين والجزئيات بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج من مختلف عمليات الاحتراق، كما إن عملية غسل الرمال والمواد الأولية تخلف نفايات سائلة تقدر بحوالي ٨ ٠٠٠ إلى ١٠ ٠٠٠ طن سنوياً. وتستهلك عمليات إعادة التدوير المعتمدة حالياً حوالي ٤ ٠٠٠ طن سنوياً من كسر الزجاج.

#### (ب) ترشيد استهلاك الطاقة

تعتمد الشركة المواصفات القياسية الخاصة بالزجاج المسطح والمحجر. وتتلخص أهم الإجراءات التي تعتمدها الشركة في الوقت الحاضر لترشيد استهلاك الطاقة بما يلي: استرجاع الطاقة الحرارية الضائعة وإعادة استعمالها؛ واستبدال مصائد البخار ومنع تسرب البخار؛ واستعمال المكثفات لتحسين معامل القدرة بحيث لا يقل عن ٩٢ في المائة؛ والعزل الحراري للأفران وتحسين كفاءة الاحتراق؛ واستخدام أجهزة إنارة عالية الكفاءة. وقد بينت دراسة التدقيق الطاقوي المنفذة بالتعاون مع مشروع تخطيط وحفظ الطاقة أن فرص الترشيد يمكن أن تحقق وفراً سنوياً بنسبة ٤٠ في المائة من مجموع الطاقة المستهلكة.

#### ٣- الشركة العامة لصناعة الزجاج، حلب، الجمهورية العربية السورية<sup>(٨٢)</sup>

هي شركة تابعة للقطاع العام. تنتج الزجاج المسطح وزجاج القوارير والأدوات الزجاجية المنزلية. وفي عام ٢٠٠٤، بلغ إنتاجها نحو ١٦ ٠٠٠ طن من الزجاج المسطح مثلت ٣٦ في المائة من الطلب المحلي، و ١٣ ٨٠٠ طن من زجاج القوارير مثلت ٣١,٥ في المائة من الطلب المحلي، وحوالي ٤ ٦٠٠ طن من الأواني الزجاجية المنزلية. وتستهلك الشركة الكهرباء والفيول والمازوت والغاز المسيل كمصادر للطاقة. وفي عام ٢٠٠٤، بلغ متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة فيها حوالي ٨٦٠ كيلوغرام مكافئ النفط للطن من الزجاج المسطح، و ٦٠٠ كيلوغرام مكافئ نפט للطن من زجاج القوارير، وهما رقمان مرتفعان بالمقارنة مع المعدلات العالمية.

#### ٤- شركة مصر للزجاج<sup>(٧٦)</sup>

بلغ إنتاج مصر من القوارير في عام ٢٠٠٤، حوالي ١٧٥ ألف طن، بينما تقدر حاجة السوق المحلية بنحو ١٩٠ ألف طن، أي بمعدل ٣ كيلوغرامات للفرد. وتساهم شركة مصر للزجاج حالياً بنسبة ٢٨ في المائة من هذا الإنتاج، بمعدل إنتاج شهري قدره ٤ آلاف طن حيث، يمثل إنتاج قوارير المياه الغازية ٦٧ في المائة منها، وقوارير العصائر ٣٣ في المائة. ويستهلك المصنع الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة ويقدر الاستهلاك الشهري بنحو ١,٧ مليون متر مكعب، أي ما معدله ٣٧٥ متر مكعب للطن من الزجاج، كما يستهلك حوالي ٥٥٠ كيلو وات ساعة من الكهرباء لكل طن منتج، أي ما يعادل ٥٠٠ كيلوغرام مكافئ نפט للطن، وهو معدل مرتفع بالمقارنة مع المعدلات العالمية.

ويتضمن الجدول ٢٦ بيانات عن مؤشرات استهلاك الطاقة ونسبة تكاليف الطاقة في صناعة الزجاج في عدد من الشركات المصنعة.

**الجدول ٢٦ - مؤشرات استهلاك الطاقة ونسبة تكاليف الطاقة في صناعة زجاج المستوعبات في عدد من الشركات المصنعة**

الشركة	استهلاك الوقود (ك.م.ن)	استهلاك الطاقة الكهربائية (ك.و.س)	مجموع الاستهلاك ووقود + كهرباء (ك.م.ن)	نسبة حطام الزجاج (النسبة المئوية)	تكلفة الطاقة (النسبة المئوية)
الشركة اللبنانية لصنع الزجاج "سوليفر" <sup>(١)</sup>	٢٨٤	٣٦٠	٣٧٢	١٢	٣٠
زجاج دمشق <sup>(١)</sup>	٣٨٠	٧٢٠	٥٥٧	١٠	١٤
زجاج حلب <sup>(١)</sup>	٣٥٥	٨٦٠	٥٦٦	١٠	١٤
مصر للزجاج <sup>(ب)</sup>	٣٥٠	٥٥٠	٥٠٠	-	-
الزجاج الأمريكي	١٧٩	٤٥٩	٣٠٠	٣٠	١٢-٨
الزجاج الأوروبي	-	-	٢٠٠	٥٠	-

المصدر: (أ) استبيانات الشركات المصنعة للزجاج.

(ب) صناعة العبوات الزجاجية في مصر، شركة مصر للزجاج<sup>(٧٦)</sup>.

## سادسا- مصادر التمويل الممكنة

يندرج الافتقار إلى مصادر التمويل اللازمة لعمليات التطوير والتحديث، وارتفاع تكاليف التجهيزات ذات الكفاءة العالية في استخدام الطاقة بين العوائق التي تحول دون تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المصانع القائمة وتحقيق المستوى الأمثل في استخدام الموارد المتاحة، وبالتالي دون خفض الانبعاثات من الغازات وتخفيف آثارها على البيئة. إلا أن آليات دعم دولية مختلفة يمكنها أن تساهم في تمويل دراسات تدقيق الطاقة والجدوى الاقتصادية، ومشاريع تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتحديث وتطوير الصناعات المحلية وفيما يلي عرض لهذه الآليات.

### آليات الدعم الدولية

#### ١- آلية التنمية النظيفة

هي إحدى آليات التعاون المنبثقة من بروتوكول كيوتو، وهي تهدف إلى إيجاد صيغة للتعاون بين البلدان الصناعية المتقدمة والبلدان النامية، وذلك لمساعدة البلدان الصناعية المتقدمة على تنفيذ التزاماتها حيال تخفيض الانبعاثات من الغازات من خلال تنفيذ مشاريع تساهم في تخفيض هذه الانبعاثات في البلدان النامية، وبما يتوافق مع أهداف التنمية المستدامة لهذه البلدان على أن يحتسب هذا التخفيض في رصيد البلدان الصناعية المستثمرة. ويشترط في المشروع المؤهل للاستفادة من هذه الآلية:

(أ) أن يلتزم بأهداف التنمية المستدامة في البلدان النامية المستفيدة، وهذا يعني أن تكون للمشروع أبعاد اجتماعية مثل تحسين الشروط المعيشية والحد من الفقر وتحقيق المساواة بين الجنسين، وأبعاد اقتصادية تحقق ريعا ماليا يحدث أثرا إيجابيا في ميزان المدفوعات، وأبعاد بيئية بحيث يساهم في تخفيض الانبعاثات والحد من استخدام الوقود الأحفوري؛

(ب) أن يحقق خفضا إضافيا في انبعاثات غازات الدفيئة، يحتسب من التزامات البلد الممول للمشروع؛

(ج) أن يوافق البلد المضيف والبلد المستثمر على المشروع وكيفية التشارك في الاستفادة منه أو خفض الانبعاثات؛

(د) أن تكون هناك صعوبة في تمويل المشروع في غياب آلية التنمية النظيفة.

ومن الأمثلة على إمكانات الاستفادة من آلية التعاون هذه في المجال الصناعي مشروع تحسين صناعة الإسمنت في أندونيسيا. فمن خلال هذا المشروع تساهم آلية التنمية النظيفة وعبر صندوق مشاريع الكربون التابع للبنك الدولي، وبمساهمة شركة هايدلبرغ لصناعة الإسمنت في تنفيذ مشروع بكلفة ١٠,٨ ملايين دولار يهدف إلى خفض انبعاثات ١١ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في غضون عشرة أعوام في ثلاثة معامل للإسمنت. ويتضمن المشروع مكونين رئيسيين. المكون الأول يهدف إلى زيادة إنتاج الإسمنت المخروط، وذلك بتخفيض نسبة الكلنكر في الإسمنت بإضافة الحجر الجيري والبوزولانا والرماد المتطاير؛ والثاني يهدف إلى تخفيض الانبعاثات من الغازات عبر استخدام بدائل الوقود مثل نفايات زيوت النخيل وجوز الهند والزيوت المستعملة وإطارات السيارات وقشور الأرز. ويتوقع أن تبلغ مساهمة النفايات نحو ٧ في المائة من مجموع الطاقة الحرارية اللازمة لصناعة الكلنكر. ويمكن الاطلاع على مزيد من

التفاصيل عن هذا المشروع على الموقعين التاليين على شبكة الإنترنت: ([www.cdmwatch.org/project](http://www.cdmwatch.org/project)) و(<http://carbonfinance.org/pcf>).

## ٢- مرفق البيئة العالمي

هو جهاز مالي مستقل يساعد البلدان على التصدي لمشاكل البيئة العالمية من خلال تزويد البلدان النامية بمنح تمكنها من تمويل المشاريع التي تحمي البيئة العالمية وتقدم منافع أساسية ومستدامة للمجتمعات المحلية. ويعتمد المرفق على القدرات الإدارية للمنظمات التنفيذية الثلاث المتمثلة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة والبنك الدولي. ويبلغ عدد البلدان الأعضاء في مرفق البيئة العالمي ١٧٦ بلداً، ويعمل على تعزيز فرص التعاون وتمويل العمليات الرامية إلى التصدي لأربعة مخاطر جسيمة تهدد البيئة العالمية، وهي فقدان التنوع البيولوجي، وتدهور المياه الدولية، وتآكل طبقة الأوزون، وتغير المناخ. ويسعى المرفق إلى تحقيق عدد من الأهداف، منها إزالة العقبات التي تعوق تحقيق كفاءة الطاقة والحفاظ عليها، وتخفيض التكاليف الطويلة الأجل المتعلقة بالطاقة التي تصدر قدرات أقل من الغازات الحافظة للحرارة، ودعم تطور النقل المستدام.

ويفترض بالمشروع المؤهل للحصول على تمويل من هذا المرفق استيفاء الشروط التالية:

- (أ) أن يجسد أولويات البلد المعني، ويستوفي اعتباراته، ويحظى بموافقة حكومته، وأن يصادق على المشروع المقترح الشخص الرئيسي المكلف بالاتصال نيابة عن المرفق أو مركز التنسيق في البلد المعني؛
- (ب) أن يصمم مقترح المشروع بحيث يوضح المشكلة، وماذا يحدث في حال عدم تنفيذ المشروع، ولا سيما بدون مساندة من المرفق، وما الذي سينجز عن طريق اشتراك المرفق في هذا المشروع، مع توضيح الفرق بين السيناريو الأول أي بمساندة من المرفق والسيناريو الثاني أي بدون مساندة من المرفق؛
- (ج) أن يراعي المشروع قابلية المحاكاة وتكون الخبرة العملية المكتسبة منه قابلة للنقل إلى مشاريع وبلدان أخرى.

وتقدم مقترحات المشاريع إلى أمانة المرفق بملء طلبات وتقديم مستندات خاصة حسب نوع التمويل المطلوب. وتتضمن الطلبات عادة معلومات عن نوعية المشروع وتأثيره الإيجابي المتوقع على البيئة، ومدة تنفيذه، والموافقة الحكومية عليه، والدعم المادي المطلوب. وكذلك يجب تقديم ملخص تنفيذي عن المشروع يتضمن كل هذه المعلومات. وتتولى أمانة المرفق مراجعة الطلب والتأكد من استيفائه كل شروط الأهلية المطلوبة، ثم يعرض الطلب على لجان علمية متخصصة تتولى دراسته، وتقدم الملاحظات والتوصيات اللازمة إلى أمانة المرفق. ولمزيد من المعلومات يمكن مراجعة موقع مرفق البيئة العالمي على الموقع التالي على شبكة الإنترنت: ([www.gefweb.org](http://www.gefweb.org)). وقد ساهم المرفق في تمويل عدد من مشاريع تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المنشآت الصناعية، وخاصة في مجال صناعة مصابيح الإنارة التي توفر الطاقة، والبرادات ذات الكفاءة العالية في استهلاك الطاقة في بولندا وتايلاند. ويساهم المرفق حالياً في تمويل عدد من المشاريع الهادفة إلى تحسين كفاءة الطاقة في عدد من بلدان الإسكوا.

## ٣- التعاون الأوروبي المتوسطي (برنامج المساعدة الفنية لدول الشراكة المتوسطية) (MEDA)

يعتبر برنامج "ميديا" الأداة المالية الرئيسية للاتحاد الأوروبي لتنفيذ الشراكة الأوروبية المتوسطية. فهو يقدم الدعم المالي والفني لبلدان الشراكة المتوسطية، لمساعدتها على تحقيق برامج الإصلاح والتحول الاقتصادي، ويهدف إلى المساعدة في إنشاء منطقة التجارة الحرة الأوروبية-المتوسطية. ويسعى البرنامج تحديداً إلى خلق فرص العمل وتطوير القطاع الخاص ودعم المنشآت الصغيرة والمتوسطة، وتشجيع الاستثمارات والتعاون الصناعي والتبادل التجاري بين بلدان الشراكة المتوسطية، وبينها وبين بلدان الاتحاد الأوروبي.

وقد مول البرنامج مشاريع لتحديث الصناعة في عدد من البلدان العربية المتوسطية. ومن هذه المشاريع مشروع تحديث الصناعة في مصر حيث ساهم البرنامج خلال الفترة ١٩٩٥-١٩٩٩ بحوالي ٢٥٠ مليون يورو، كما لحظ برنامج "ميديا ٢" للفترة ٢٠٠٠-٢٠٠٤ مبالغ إضافية لدعم الصناعة والقطاعات الأخرى في عدد من البلدان المتوسطية.

#### ٤- منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية

تعنى بتقديم المساعدة للبلدان النامية لمواجهة التحديات التي يتطلبها تحقيق تنمية صناعية مستدامة، بما في ذلك تحديث وتطوير الصناعات المحلية والحد من التلوث الصناعي وانبعاث غازات الدفيئة الناجمة عن العمليات الصناعية وتحسين كفاءة استخدام الموارد المتاحة ونشر المعلومات والمعرفة وبناء القدرات الوطنية.

#### ٥- المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين

تهدف إلى الإسهام في تنمية وتطوير الاقتصاد العربي وتوطيد قدراته في مجالات الصناعة والطاقة والتعدين والمواسفات والمقاييس، بما يعزز تطوير الإنتاج، وتحسين الإنتاجية، وتحقيق الجودة والقدرة التنافسية. وتشتمل اختصاصات المنظمة على التعاون مع المستثمرين ورجال الأعمال العرب في النشاط الصناعي عن طريق على المستوى الوطني من خلال تزويدهم بنتائج الدراسات القطاعية التي تجريها المنظمة، والعمل كبيت خبرة في مجالات اختصاصا لصالح الهيئات والمؤسسات الصناعية والتمويلية والتعدينية العربية وفي القطاعين العام والخاص.

#### ٦- وكالات التعاون الدولي

تساهم مجموعة من وكالات التعاون الدولي في تقديم الدعم الفني والمالي لتطوير وتحديث المنشآت الصناعية بهدف تحسين كفاءة استخدام الطاقة والحد من انبعاثات غازات الدفيئة. ومن هذه الوكالات الوكالة اليابانية للتعاون الدولي، والوكالة الكندية للتعاون الدولي، والوكالة الألمانية للتعاون التقني، ووكالة الولايات المتحدة الأمريكية للتنمية الدولية.

#### ٧- صناديق التمويل العربية والأجنبية

تلحظ برامج الإقراض لصناديق التمويل العربية والأجنبية تقديم مساعدات وقروض ميسرة لتحسين كفاءة المنشآت الصناعية القائمة وإنشاء صناعات جديدة ذات كفاءة عالية. ويساهم البنك الإسلامي للتنمية والصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي وبنك الاستثمار الأوروبي والبنك الدولي في دعم العديد من مشاريع التطوير والتحديث في القطاع الصناعي العربي، بما في ذلك إعداد دراسات التقييم والتدقيق الطاقوي والجوى الاقتصادية والفنية وتمويل المشاريع.



## سابعاً- الخلاصة والتوصيات

تؤدي الطاقة دوراً مهماً في الحياة المعاصرة وتحظى الأمور المتعلقة بتوفير إمدادات الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها واستخدام المصادر البديلة باهتمام بالغ من صانعي القرارات وواضعي السياسات والاستراتيجيات على المستويات المحلية والإقليمية والدولية. وقد استأثر قطاع الصناعة الذي تبلغ حصته ثلث الاستهلاك النهائي للطاقة في العالم باهتمام خاص في برامج تحسين كفاءة استخدام الطاقة. وانسجاماً مع مهام الإسكوا في دعم برامج التنمية الاقتصادية والاجتماعية في البلدان الأعضاء، جرى إعداد هذه الدراسة. وهي تتناول تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعات مختارة كثيفة الاستهلاك للطاقة، لما لهذا الأمر من حيز في خطط واستراتيجيات الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في تلك البلدان. وفيما يلي عرض لأهم ما خلصت إليه هذه الدراسة من نتائج وتوصيات.

### ألف- النتائج

تلخص أهم نتائج الدراسة بما يلي:

- ١- يؤدي قطاع الصناعة في بلدان الإسكوا دوراً مهماً في الاقتصاد الوطني، إذ ساهم بنسبة ٤١ في المائة من الناتج المحلي الإجمالي في عام ٢٠٠٣، وبلغت نسبة مساهمة الصناعات الاستخراجية ٣٠,٢ في المائة ونسبة مساهمة الصناعات التحويلية ١٠,٨ في المائة. كما بلغت حصة القطاع الصناعي نحو ٤٧ في المائة من الاستهلاك النهائي للطاقة.
- ٢- جرى تحديد صناعات الإسمنت، والحديد والصلب، والأسمدة، والزجاج باعتبارها صناعات تحويلية رئيسية كثيفة الاستهلاك للطاقة، وواسعة الانتشار في بلدان الإسكوا، تقارب حصتها ٢٥ في المائة من الاستهلاك النهائي للطاقة في القطاع الصناعي لهذه البلدان. وقد استند في هذا التحديد إلى استعراض الصناعات التحويلية المتوفرة في بلدان الإسكوا، وإلى عدد من المعايير والمؤشرات التي تأخذ في الاعتبار الاستهلاك النوعي للطاقة لوحدة المنتج وكمية الطاقة المستهلكة في كل صناعة ونسبة كلفة الطاقة من تكاليف الإنتاج الإجمالية.
- ٣- تشهد معظم بلدان الإسكوا نهضة صناعية وتطوراً متزايداً تماشياً مع أهداف خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وتعتمد في ذلك على مصادر الطاقة الرئيسية المتوفرة فيها، وخاصة الغاز الطبيعي الذي يشكل مدخلاً هاماً ورئيسياً في الصناعات التحويلية، باعتباره مادة مغذية ووقوداً. وتعتبر إجراءات تحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذه الصناعات المختارة ذات أثر إيجابي وفعال في الحفاظ على الطاقة وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.
- ٤- تعتبر صناعة الإسمنت من الصناعات الرئيسية في بلدان الإسكوا، باستثناء فلسطين التي تؤمن احتياجاتها من الاستيراد. ويتزايد الطلب على هذه المادة مع التطور الحاصل في قطاع البناء والتشييد. وتبلغ حصة هذه الصناعة ١٠ في المائة من الطاقة المستهلكة في القطاع الصناعي في المنطقة.
- ٥- تعتبر معدلات كفاءة استخدام الطاقة في العديد من منشآت صناعة الإسمنت في بلدان الإسكوا منخفضة بالمقارنة مع المعدلات العالمية، وذلك لأسباب متعددة منها قدم التقنيات، واستخدام الطريقة الرطبة ذات الاستهلاك المرتفع للطاقة في بعض البلدان المنتجة، وعدم إيلاء الاهتمام الكافي لإجراءات تحسين الكفاءة بسبب الدعم الواسع لأسعار بيع الطاقة في معظم البلدان الأعضاء.

٦- يتنامى استخدام الكوك البترولي المنتج في عدد من مصافي تكرير النفط كمصدر رئيسي من مصادر الطاقة في صناعة الإسمنت. وعلى الرغم من توفر هذه المادة في عدد من بلدان الإسكوا، وخاصة في الجمهورية العربية السورية والكويت ومصر، يقتصر استخدامه في صناعة الإسمنت على شركة واحدة هي شركة هولسيم لبنان التي تستورده من فنزويلا.

٧- يحظى استخدام النفايات الصلبة والسائلة كوقود بديل للحرق في أفران الإسمنت باهتمام متزايد عالميا مما يساهم في حل مشكلة النفايات من جهة، ويؤمن طاقة بديلة رخيصة من جهة أخرى. وتبلغ نسبة مساهمة النفايات حوالي ٢٧ في المائة ضمن مزيج الطاقة المستخدمة في صناعة الإسمنت الفرنسية. وتتوفر بعض التجارب في استخدام السجيل الزيتي كمصدر للمادة الخام والوقود، بينما لا تزال تجارب استخدام الوقود البديل في صناعة الإسمنت محدودة جدا ومتواضعة في بلدان الإسكوا.

٨- تعد صناعة المنتجات الحديدية والفولاذية من الصناعات المهمة الكثيفة الاستهلاك للطاقة، والتي تقاس بها درجة التقدم والنمو الصناعي لأي بلد. ولا تزال البلدان العربية متأخرة في هذا المجال حيث يقدر معدل استهلاك الفرد من تلك المنتجات بنصف المتوسط العالمي وبما لا يزيد عن ١٠ إلى ٢٠ في المائة من استهلاك الفرد في البلدان الصناعية المتقدمة. وتستورد بلدان الإسكوا جزءا كبيرا من احتياجاتها من المواد الخام أو المواد نصف المصنعة.

٩- يتزايد الاعتماد على الغاز الطبيعي باعتباره وسيطا لاختزال الفلزات ووقودا في صناعة الحديد، وتوفر هذه المادة في بلدان الإسكوا يسمح بتطوير هذه الصناعة لتلبية الاحتياجات المحلية وتحقيق عائدات تصدير تساهم في تنويع مصادر الدخل وزيادة القيمة المضافة.

١٠- تعتبر مادة الفولاذ من أكثر المواد قابلية لإعادة التدوير. وعملية إعادة التدوير تساعد في تقنين استهلاك كميات كبيرة من الفلزات الخامية ومصادر الطاقة. وتشير التقديرات إلى أن حوالي ٧٠ مليون طن من المواد الحديدية والفولاذية يعاد تدويرها في الولايات المتحدة الأمريكية.

١١- تعتبر صناعة الأسمدة من الصناعات المهمة والكثيفة الاستهلاك للطاقة في بلدان الإسكوا كونها تشكل أحد المدخلات الرئيسية للزراعة الحديثة. وتسعى بعض بلدان الإسكوا إلى تطوير هذه الصناعة لتلبية الطلب المحلي وتحقيق عائدات إضافية بالتصدير، وبما يحقق الاستثمار الأمثل للموارد الطبيعية المتاحة الداخلة في هذه الصناعة.

١٢- يقدر المحتوى العالي من الطاقة في عناصر الإنتاج، وخاصة في صناعة الأسمدة الأزوتية بطن واحد من المواد الهيدروكربونية لكل طن منتج من الأسمدة الأزوتية. وذلك يتطلب اتخاذ إجراءات فعالة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاك الأسمدة المصنعة لتخفيض الطلب على الطاقة. وانخفاض قيمة الغاز الطبيعي في الأسواق المحلية لا يبرر عدم الكفاءة في استخدام الطاقة في هذه الصناعة، خاصة مع الارتفاع الكبير في أسعار الطاقة الذي أدى إلى ارتفاع أسعار الأسمدة الأزوتية حاليا بنسبة ٧٠ في المائة بالمقارنة مع متوسط أسعار هذه المادة في فترة التسعينات.

١٣- يعتبر ترشيد استهلاك الأسمدة لدى المستهلك النهائي واستخدام الأسمدة العضوية من العوامل الهامة التي تساهم في تخفيض الطلب على الطاقة في هذه الصناعة، وتحسين جودة المنتجات الزراعية.

١٤- تعتبر صناعة الزجاج من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة حيث يتطلب إنتاج طن من الزجاج حوالي نصف طن من الطاقة. ويتباين استهلاك الطاقة في صناعة الزجاج بين بلد وآخر حسب قدرة الأفران ونسبة حطام الزجاج المستخدمة والإجراءات المتخذة لتحسين كفاءة الطاقة.

١٥- تعاني مصانع الزجاج التابعة للقطاع العام في الجمهورية العربية السورية ومصر من تدني كفاءة استخدام الطاقة، بينما تعتبر معدلات الكفاءة مقبولة نسبياً في الشركة اللبنانية الخاصة لصناعة الزجاج (سوليفر). وبالمقارنة مع المؤشرات العالمية والتجارب والدراسات المنفذة في البلدان الأوروبية، تتوفر إمكانيات واسعة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الزجاج في بلدان الإسكوا.

١٦- يعتبر معدل استهلاك الفرد من الزجاج في بلدان الإسكوا متدنياً مقارنة بمثيله في البلدان المتقدمة. ومن المتوقع أن يترافق التطور المتزايد في قطاع البناء وصناعة المركبات والتوجه نحو استخدام المستوعبات الزجاجية لأسباب صحية وبيئية في بلدان الإسكوا مع زيادة الطلب على الزجاج في المستقبل، مما يتطلب إيلاء الاهتمام لاختيار التقنيات الكفوءة من حيث استخدام الطاقة في مصانع الزجاج الجديدة.

### باء- التوصيات

انطلاقاً من النتائج الواردة آنفاً، خلصت الدراسة إلى دعوة الجهات المعنية في القطاع الصناعي عموماً والجهات المعنية بالصناعات المدروسة خصوصاً إلى ما يلي:

١- العمل على تخفيض الاستهلاك النوعي من الطاقة لوحدة المنتج، وذلك عبر التوسع في استخدام التقنيات الحديثة ذات الكفاءة العالية في استهلاك الطاقة، والتطبيقات التي أثبتت نجاحاً على هذا الصعيد.

٢- العمل على استخدام الكوك البترولي المنتج في عدد من مصافي النفط في بعض البلدان باعتباره مصدراً هاماً من مصادر الطاقة في صناعة الإسمنت، والاستفادة من الخبرات المكتسبة في استخدام هذه المادة لدى شركة هولسيم اللبنانية.

٣- العمل على استخدام النفايات الصلبة والسائلة وحرقتها في أفران الإسمنت باعتبارها مصدراً من مصادر الطاقة، مما يساهم في توفير مصادر الطاقة التقليدية، والحد من الأضرار البيئية الناجمة عن طمر هذه النفايات أو حرقتها في المحارق العادية، وخفض تكاليف إنتاج الإسمنت.

٤- دراسة إمكانية استخدام السجيل الزيتي المتوفر في الأردن والجمهورية العربية السورية كمصدر للمادة الخام والوقود في صناعة الإسمنت وتقييم نتائج استخدامه المحدودة في صناعة الإسمنت الأردنية.

٥- التوسع في صناعة الحديد والصلب بالاعتماد على الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة وذلك لتلبية الاحتياجات المحلية وزيادة عائدات التصدير، بما يحقق الاستفادة المثلى من المصادر الطبيعية المتاحة، وإيلاء الاهتمام لإعادة تدوير المنتجات الحديدية والفولاذية المستعملة.

٦- زيادة الاستثمارات المحلية والعربية للموارد الطبيعية المتاحة الداخلة في صناعة الأسمدة مثل الغاز الطبيعي المتوفر في عدد من البلدان، وخاصة بلدان مجلس التعاون الخليجي، والفوسفات المتوفر في الأردن والجمهورية العربية السورية ومصر باحتياطيّات جيدة، والبوتاس المستخرج من أملاح البحر الميت.

٧- بذل مزيد من الجهود في ترشيد استهلاك الأسمدة لدى المستهلك النهائي والعمل على زيادة مساهمة الأسمدة العضوية، وذلك لتخفيض الطلب على الطاقة اللازمة لصناعة الأسمدة وقودا ومواد مغذية للعمليات الصناعية.

٨- التوسع في صناعة الزجاج وتحسين نوعية المواد المصنعة للحد من الاستيراد، والتشجيع على زيادة نسبة استخدام حطام الزجاج المستعمل في مزيج المواد الخام.

٩- إجراء مراجعات الطاقة الدورية ومقارنة الاستهلاك النوعي للطاقة بالمعدلات العالمية والسعي إلى تحقيق معدلات مماثلة.

١٠- تشجيع القطاع الخاص الوطني والأجنبي على الاستثمار في الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة، لما يحققه ذلك من أثر إيجابي في تحسين إدارة المنشآت وكفاءة استخدام الموارد.

١١- إجراء مراجعات دورية لتعريفات الطاقة المستهلكة في القطاع الصناعي، وخاصة في البلدان التي تحظى فيها هذه الأسعار بدعم واسع، وبما يساهم في توجه المصنعين نحو تحسين كفاءة استخدام مصادر الطاقة التقليدية واستخدام بدائل الوقود التقليدي.

١٢- تطوير استخدام أنظمة التوليد المشترك للحرارة والكهرباء كلما كان ذلك ممكنا.

١٣- أهمية الاستثمار في إجراء دراسات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة في قطاعي الصناعات الاستخراجية والتحويلية، وصناعة الألمنيوم، وبعض أنواع الصناعات الغذائية، مثل الألبان والسكر والخبز.

## المراجع

- Website: [www.oecdobserver.org](http://www.oecdobserver.org), *Healthier Energy Use*, 30 August 2004. (١)
- التقرير الاقتصادي العربي الموحد، أيلول/سبتمبر ٢٠٠٤. (٢)
- الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، "الطاقة"، المجموعة الإحصائية لمنطقة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، العدد الرابع والعشرون، ٢٠٠٥، E/ESCWA/SCW/2004/1. (٣)
- الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، التقدم الإقليمي المحرز في مجال الطاقة من أجل التنمية المستدامة في دول الإسكوا E/ESCWA/SDPD/2005/11 (٤)
- International Association of Oil & Gas Producers, *Environmental Performance in the E&P Industry*, 2003, Data. (٥)
- China's Industrial Sector in an International Context*. May 2000. <http://ies.lbl.gov/iespubs/46273.pdf>. (٦)
- Smelter Energy Use: [www.WorldAluminium.org/environment/lifecycle](http://www.WorldAluminium.org/environment/lifecycle). (٧)
- Aluminum Bahrain, A Global Leader, [www.internationalsspeciareports.com](http://www.internationalsspeciareports.com), Manufacturing. (٨)
- Dr. Martin Okos, October 1998, *Energy Usage in the Food Industry*, <http://www.aceee.org/pubs/ie981.html>. (٩)
- United Nations Economic and Social Commission for Western Asia. *Efficient Use of Energy in the Industrial Sector: An Analysis of Options for Selected ESCWA Member States*, New York 2001. (١٠)
- صلاح قنديل، أنماط استهلاك الطاقة والمؤشرات البيئية في قطاع الصناعات الغذائية في جمهورية مصر العربية، جهاز تخطيط الطاقة، ١٩٩٥. (١١)
- الجمهورية العربية السورية، وزارة الكهرباء - مشروع تخطيط وحفظ الطاقة، استهلاك المشتقات النفطية والكهرباء في شركات القطاع العام الصناعي لعام ٢٠٠٢ - الصناعات الغذائية. (١٢)
- Food and Beverages, Introduction: [http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/atlas/html](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas/html). (١٣)
- Industrial Energy Intensity by Industry, Canada: <http://oee.nrcan.gc.ca/neud/dpa/tableshandbook>. (١٤)
- C. Visvanathan, *Energy and Environmental Indicators in the Thai Textile Industry*, Asian Institute of Technology. (١٥)
- استهلاك المشتقات النفطية والكهرباء في شركات القطاع العام الصناعي في الجمهورية العربية السورية خلال عام ٢٠٠٢، الصناعات النسيجية. (١٦)
- Nilgun Kiran, "Promotion of Energy and Water Conservation Concepts in the Turkish Textile Industry". Tubitat-MRC energy systems and Environmental Research Institute. (١٧)
- حسابات الإسكوا. (١٨)
- Glass Industry of the Future*. Energy and Environmental Profile of the USA Glass Industry. US (١٩)

- Department of Energy, April 2002. [www.energymanagertraining.com/glass/pdf](http://www.energymanagertraining.com/glass/pdf). (٢٠)
- استبيان الشركة اللبنانية لصنع الزجاج والبورسلان المساهمة (سوليفر). (٢٠)
- Hendric G. Ranoss. *Cement Statistics*. <http://minerals.usgs.gov/>, 15 April 2004. (٢١)
- World Cement Regional Review*. July 2004. World Cement Production. (٢٢)
- الاتحاد العربي للإسمنت ومواد البناء، صناعة الإسمنت في الوطن العربي والعالم ١٩٩٩-٢٠٠٢، كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٣. (٢٣)
- IEA Green House R & D. *Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry*. Available at: [www.iegreen.org.uk](http://www.iegreen.org.uk). (٢٤)
- IEA Green House R & D. *Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry*. Available at: [www.iegreen.org.uk](http://www.iegreen.org.uk). (٢٤)
- حسين رشدي إبراهيم باشا، الانبعاثات الغازية الملوثة المنبعثة عن منشآت الإسمنت. (٢٥)
- <http://www.cement.org.au/technical>, Cement Production. (٢٦)
- EconoEnergy Ltd. *Energy Audit, Syria*. July 1994. Appendix 2.2. (٢٧)
- Energy Management Policy - Guidelines for Energy Intensive Industry in India*, <http://www.teriin.org/reports>. (٢٨)
- U.S. Department of Energy, *Energy and Emission Reduction Opportunities for the Cement Industry*, Industrial Technologies Program. 29 December 2003. (٢٩)
- Data by Segment - *Cement Business*. [www.taiheiyo-cement.jp/english](http://www.taiheiyo-cement.jp/english). (٣٠)
- Energy-use Benchmarks for the Cement Sector. [www.ptm.org.my/mieeip](http://www.ptm.org.my/mieeip). (٣١)
- Specification & Types of the Producibile Cement According to the Syrian Standard Specification No.1887 for the year 1997. (٣٢)
- Lafarage - WBC SD. Cement Seminar Beijing, December 2001. (٣٣)
- استبيان شركة هولسيم اللبنانية لصناعة الإسمنت. (٣٤)
- J.Hilgdr/Rohrbach Zement, Germany. Combined Utilization of Oil Shale Energy and Oil Shale Minerals. (٣٥)
- Jordan's Experience in Oil Shale Studies. M.B. BSIESO, 2003. Estonian Academy Publishers. (٣٦)
- تقرير عن السجيل الزيتي في الجمهورية العربية السورية. (٣٧)
- استبيان شركة مصانع الإسمنت الأردنية (مصنع الفحيص). (٣٨)
- سالم عمر سليمان، "أثر التوسعات والتحسينات في شركة مصانع الإسمنت الأردنية"، المؤتمر العاشر لصناعة الإسمنت، ٩-١٢ تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٩٨. (٣٩)
- استبيان مصنع الإمارات للإسمنت. (٤٠)

- (٤١) استبيان إسمنت الخليج، رأس الخيمة.
- (٤٢) الاستبيان المتضمن المعلومات الواردة من المؤسسة العامة للإسمنت ومواد البناء، معمل إسمنت عدرا، الجمهورية العربية السورية.
- (٤٣) الاستبيان المتضمن المعلومات الواردة من شركة ترابة سبلين، لبنان.
- (٤٤) الاستبيان المتضمن المعلومات الواردة من شركة مصر بني سويف للإسمنت - جمهورية مصر العربية.
- (٤٥) استبيان شركة إسمنت حلوان، مصر.
- (٤٦) The Egyptian Environment Affairs Agency. *Information and Data*.
- (٤٧) International Cement Review. *Cement Technology Burning Issues*. February 2000.
- (٤٨) أحمد أبو النجا، "معلومات حول المصافي العربية المنتجة للكوك البترولي"، رسالة موجهة إلى رئيس فريق قضايا الطاقة، ٩ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٤.
- (٤٩) العرض والطلب على المشتقات النفطية في الجمهورية العربية السورية، فاكس من مصفاة حمص ٣ آب/أغسطس ٢٠٠٤.
- (٥٠) Ardeniz Karagoz Mineral Research and Exploration, Ankara. Huseyi Ogaz Ankara University - Low Energy Cement Clinker from the Phosphogypsum and Oil Shale.
- (٥١) Ernest Orlando Lawrence Berkely, National Laboratory, *Energy Efficiency and Carbon Dioxide Emissions Reduction Opportunities in the U.S. Iron and Steel Sector*, July 1999.
- (٥٢) World Steel in Figures, [www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org).
- (٥٣) إحصاءات الاتحاد العربي للحديد والصلب.
- (٥٤) Iron and Steel Report, [www.unep.org/outreach/wssd](http://www.unep.org/outreach/wssd).
- (٥٥) Ernest Orlando Lawrence Berkely, *Energy Use and Carbon Dioxide Emission in Steel Sector*, April 2001.
- (٥٦) Steel Industry of Japan, 2004. Energy.
- (٥٧) Pollution Prevention and Abatement Handbook, *Iron and Steel Manufacturing*. World Bank Group, Effective July 1998.
- (٥٨) استبيان شركة الحديد والصلب حلوان، مصر.
- (٥٩) استبيان شركة الإسكندرية الوطنية للحديد والصلب، مصر.
- (٦٠) شركة قطر للفلوآذ: [www.gasco.com](http://www.gasco.com)
- (٦١) استبيان الشركة العربية لصناعة الحديد والصلب، الأردن.

- International Fertilizer Industry IFA Fertilizer Indicator - Raw Material Reserves - Fertilizer Nutrient Consumption: [www.fertilizer.org/ifa](http://www.fertilizer.org/ifa). (٦٢)
- European Fertilizer Manufacturing Association. *Production Processes*. EFMA: [www.efma.org](http://www.efma.org). (٦٣)
- الاتحاد العربي للأسمدة، التقرير الإحصائي السنوي، ٢٠٠٣. (٦٤)
- G. Kong Shang, Hydro Agri Europe Norway. Energy Consumption and Greenhouse Gas: <http://www.Fertilizer.org/ifa/publicate>. (٦٥)
- Saif Ahmad Al-Gaafle and Colleges. Energy Conservation Measures. Energy Audit Process Optimization. (٦٦)
- استبيان شركة البوتاس العربية، الأردن. (٦٧)
- صناعة الأسمدة، استبيان الشركة المالية والصناعية، مصر. (٦٨)
- شركة قطر لصناعة الأسمدة: [www.Qafco.com](http://www.Qafco.com). (٦٩)
- استبيان الشركة العامة للأسمدة، الجمهورية العربية السورية. (٧٠)
- استبيان شركة أبو قير للأسمدة والصناعات الكيماوية، مصر. (٧١)
- استبيان شركة أبو زعل للأسمدة والكيماويات. (٧٢)
- [www.pikington.com/pilkington/corporate/english/flatglassindustry-summary](http://www.pikington.com/pilkington/corporate/english/flatglassindustry-summary). (٧٣)
- [www.Cpivglass.be/statistics](http://www.Cpivglass.be/statistics). (٧٤)
- <http://dipp.nic.in/industry/glassindustry>. (٧٥)
- صناعة العبوات الزجاجية في مصر، شركة مصر للزجاج، مصر. (٧٦)
- Cpiv Standing Committee of the European Glass Industry. (٧٧)
- Primary Energy Consumption*, BP 2004. (٧٨)
- World Bank/UNIDO. *Pollution Prevention and Abatement Handbook*. 1998. (٧٩)
- Ruud G.C. Beerkers Johannes Vanlimpt. *Energy Efficiency Benchmarking of Glass Industry*, Netherlands. (٨٠)
- استبيان الشركة العامة للصناعات الزجاجية في دمشق، الجمهورية العربية السورية. (٨١)
- استبيان الشركة العامة لصناعة الزجاج في حلب، الجمهورية العربية السورية. (٨٢)
- [www.o-i.com/about/corporate/glassmfg.asp](http://www.o-i.com/about/corporate/glassmfg.asp). (٨٣)

### ملخص تنفيذي

During its meeting of October 2002, the Committee on Energy of ESCWA recommended that the Commission needed to complete a series of sectoral studies in high-energy consumption fields. Accordingly, the work plan of ESCWA for 2004-2005 has included a two-part study entitled: "Energy efficiency and cleaner fossil fuels uses in selected sectors in selected ESCWA member countries". The first volume, which is presented in this report, focuses on energy efficiency in selected energy-intensive industries in the region, and the second volume concentrates on cleaner fossil fuels.

This study has been developed to assess the following: (a) the role of the industrial sector in national economies in the region; (b) current energy consumption trends in selected energy-intensive industries; and (c) economically feasible options for improving energy efficiency in these industries.

The industrial sector plays a vital role in national economies in the ESCWA region with an average contribution of some 41 per cent of gross domestic product (GDP) in 2003, of which 30.2 per cent for the mining (extraction) industries and 10.8 per cent for the manufacturing (processing) industries. Moreover, the industrial sector consumes approximately 47 per cent of the final energy, compared to an average of 35.52 per cent for Arab countries, and 33.34 per cent globally. This could be attributed to the oil-related mining industries in the region. Taking into consideration the world's classification for energy-intensive industries, the specific energy consumption and the energy intensity and other indices, four energy-intensive industries have been identified, namely: cement, glass, fertilizers and steel. Among them, these industries consume some 25 per cent of energy and contribute substantially to the national development of individual countries, particularly those rich with energy resources mainly natural gas.

The cement industry is one of the major industries found in all ESCWA members, with the exception of Palestine. The widespread construction activities in the region have increased the demand on cement, whose production consumes some 10 per cent of the energy consumed by the industrial sector of the region. The energy efficiency of the cement industries in ESCWA are relatively low compared to international levels. In some countries, the consumption rate exceeds the international average by some 150 per cent. This could be attributed to old technologies still in use in manufacturing, fuel pricing subsidies in many countries, and a lack of initiatives to improve energy efficiency. Measures for energy efficiency in the cement industry are focused on improving the manufacturing process, reducing the clinker in the mix and using alternative fuel resources. While petro coke has been increasingly used in cement industries across the world, only Holcim of Lebanon and Sibling Cement have actually started using this kind of fuel despite its abundance in such ESCWA members as Egypt, Kuwait and the Syrian Arab Republic. Solid wastes are regarded as an alternative fuel for cement industries in many countries worldwide. In France, solid wastes constitute up to 27 per cent of the fuel mix used in cement industries. In the United Arab Emirates, used tires form an alternative fuel in one factory for cement production, while olive residues constitute up to 5 per cent of the fuel mix in a cement factory in Jordan. Cement production is associated with several air effluents and soil residues that result from the manufacturing process, including carbon dioxide with emission rates in the range of 0.7-1 tons per ton of cement produced.

Globally, steel industry is regarded as an energy-intensive industry, and as an index for the development of countries. Within that context, the per-capita average in the Arab region is almost 50 per cent of the world average. Several ESCWA countries import raw or semi-processed materials for steel production. The world steel production reached some 902 million tons in 2002, of which ESCWA member countries contributed 1 per cent. Coal is the mostly used fuel in developed countries, followed by natural gas. Reliance on natural gas as a fuel for steel production is increasing in many countries, including ESCWA where gas is abundant. This provides an additional income for these countries. Energy consumption rates vary depending on the production methods. The world specific energy consumption was approximately 600 kgoe/ton in 2003. Steel is the world's most recycled material, thereby saving significant amounts of raw material and energy. In 2001, almost 373 million tons were recycled worldwide. Steel recycling leads to a significant drop in the specific energy consumption rate.

Fertilizer manufacturing is widespread in many member States. Several ESCWA members are expanding and modernizing their fertilizer industries to cover their own demand and to export surpluses. Raw materials, including phosphate, are available in Egypt, Jordan, and in the Syrian Arab Republic; and the

potassium chloride reserves in the Red Sea are estimated at 2 billion tons. Moreover, natural gas is abundant in many member countries. ESCWA members manufactured some 5.4 per cent of the total world ammonia production in 2003, 7.8 per cent of the urea, and 4.6 of the potash produced globally. Fertilizer manufacturing is highly-energy intensive, given that 1 ton of fuel is needed to manufacture 1 ton of nitrogen fertilizer. Consequently, measures need to be adopted to increase the energy efficiency and to conserve the consumption of such fertilizers by shifting to organic fertilizers. The current average prices of nitrogen fertilizers are 70 per cent higher than they were in the 1990s.

In the area of glass manufacturing, it is estimated that the annual per capita share in the region is 6-15 kg of glass, which is considerably lower than that in developed countries. In the European Union and the United States of America, the annual per capita rate is some 75 kg. Glass is an energy-intensive industry whereby the production of 1 ton of glass requires approximately 500 kg of fuel. Energy consumption in this industry varies depending on measures and technologies adopted at various manufacturing stages. Specific energy consumption rates for pressed and flat glass are some 300 kgoe/ton and 454 kgoe/ton, respectively, and up to 1,145 kgoe/ton for fibre glass.

The industrial sector in the region can benefit from a number of international funding agencies for upgrading their production technologies, including, among others, the Global Environment Facility (GEF), Clean Development Mechanism (CDM); and from such energy-related services as feasibility and economic studies.

Based on the above, this study recommends the following:

- (a) To reduce the specific energy consumption rates by acquiring modern efficient technologies and practices with proven success in improving energy efficiency;
- (b) To use petro coke, which is produced in some refineries, as an energy source in the cement industry and, where applicable, with the expertise of Holcim and Sibleine cement factories in Lebanon;
- (c) To use solid wastes as a fuel in cement industries, thereby saving energy resources and solving the disposal or incineration problems of these wastes;
- (d) To examine the possibility of using oil shale, which is available in Jordan and the Syrian Arab Republic;
- (e) To develop and expand further the steel and fertilizer industries with more reliance on natural gas aimed at covering the needs of the local market and at increasing export revenues;
- (f) To conserve energy by reducing the consumption of chemical (inorganic) fertilizers and by relying more on organic types;
- (g) To set incentives for using crushed or recycled glass as a raw material in the glass industry;
- (h) To expand and upgrade the glass industry in the region to enhance the trade balance;
- (i) To conduct energy audits and compare energy consumption rates to international levels, with the aim of closing the gap between regional and international levels;
- (j) To encourage the national, regional and international private sectors to invest in the industrial sector in projects related to energy audits and energy conservation;
- (k) To conduct further studies on energy efficiency and energy conservation in extracting and processing industries, and to integrate these issues into the future plans.