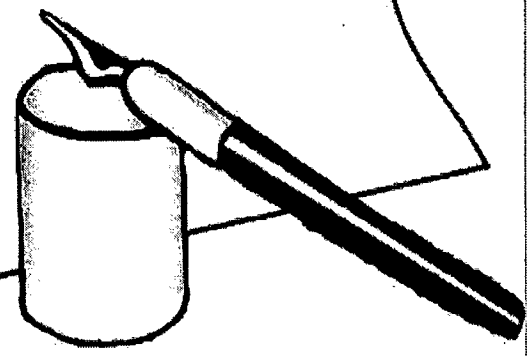
اقتصاديات بدائل توليد الطاقة لصناعة الإسمنت

د. / عزة على فرج



اقتصاديات بدائل توليد الطاقة لصناعة الاسمنت

د/ عزة على فرج، أكاديمية القاهرة

المستخلص:

يقدم هذا البحث اقتصاديات استخدام بدائل الوقود في توفير الطاقة اللازمة للإنتاج بمصانع الاسمنت بجمهورية مصر العربية نظراً لأهميتة لصناعة التشييد والبناء. كما يبحث في الاثار الاقتصادية لتوفير الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية اللازمة لانتاج الاسمنت من بدائل الوقود المعتاد استخدامها في صناعة الاسمنت محلياً وعالمياً. كما يبين هذا البحث الأهمية الإقتصادية لتحويل خطوط انتاج الاسمنت بالطريقة الرطبة الى استخدام التكنولوجيا الحديثة للإنتاج بالطريقة الجافة لما لذلك من اثر اقتصادي نظرا لتقليل الكمية اللازمة من الطاقة للإنتاج وبالتالي خفض التكاليف الكلية.

كما يقدم هذا البحث أيضاً تكاليف البدائل الاقتصادية لانواع الوقود المستخدمة في صناعة الاسمنت لتوفير الطاقة الكلية للإنتاج من الطاقة الكهربائية اللازمة بأقل التكاليف لادارة المعدات والالات، وكذلك توليد الطاقة الحرارية اللازمة لمراحل الانتاج المختلفة، لما لصناعة الاسمنت من تأثير مباشر على استهلاك الطاقة بشكل عام على المستوى القومي. كما يبين البحث تكاليف الطاقة اللازمة المترتبة على انتاج الاسمنت على المستوى القومى سنوياً فى حالة تحديث خطوط الإنتاج الرطبة للعمل بالطريقة الجافة وكذلك الانتاج بالطريقة الرطبة كما هى حالياً.

وقد ناقش البحث تكاليف انتاج الاسمنت على المستوى القومي سنوياً باستخدام فحم الكوك بالمقارنة بالبدائل الاخرى للوقود نظراً لإستخدامه بكثافة في انتاج الاسمنت في العديد من بلدان العالم، وقد اظهرت النتائج اهمية استخدامه لكفاءته في صناعة الاسمنت وانخفاض التكاليف الاقتصادية في توليد الطاقة الكلية اللازمة لإنتاج الاسمنت من حيث الطاقة الكهربية و الطاقة الحرارية. كما بينت نتائج البحث أن أقل التكاليف اللازمة لتوفير الطاقة اللازمة لانتاج الاسمنت بجمهورية مصر العربية سنوياً هي استخدام وقود النفايات الصناعية والزراعية كمصدر للوقود في هذه الصناعة بما يحقق اهداف اقتصادية وبيئية، يليها استخدام فحم الكوك ، كما توضح نتائج البحث اهمية اعتماد مصانع الاسمنت على توفير الطاقة الكهربائية والحرارية من خلال تجهيزات

المصانع لما لذلك من عائد اقتصادي يتمثل في خفض تكاليف الطاقة الحرارية والكهربائية اللازمة للانتاج وبالتالي خفض التكاليف الكلية لإنتاج الاسمنت.

المقدمة:

تزداد الإحتياجات المحلية والعالمية للتشييد كنتيجة لإتساع الحيز العمراني والانشاءات بكافة انواعها، ويعد الاسمنت احد الخامات الرئيسية التي لاغنى عنها في صناعة التشييد والبناء والتي تتزايد الحاجة لها مع الزيادة المطردة في اعداد السكان، كما تعد صناعة الاسمنت من الصناعات الكثيفة في استهلاك الخامات اللازمة لانتاجها، حيث أنها تتطلب قدراً هائلاً من الطاقة الكهربائية والحرارية المطلوبة للانتاج، وذلك كما بين (Avetisyan, H & James, A, 2009) كما وضح ان صناعة الاسمنت من الصناعات شديدة التلوث للبيئه وذلك عند استخدام التكنولوجيات القديمة التي تم توقف إستخدامها فى الانتاج فى العديد من دول العالم حيث تطورت خطوط انتاج مصانع الاسمنت في الاونة الاخيرة لكي تصبح اقل إستخداماً للطاقة وبالتالى أقل تلويثاً للبيئه وأظهر البحث ان التكنولوجيا المستخدمه قبل عام ١٩٧٥ قد تم تطويرها لترتفع كفاءة استخدام الوقود لنفس الانتاجية مما يقلل من الإنبعاثات العادمة، كما أشار إلى أن استخدام المخلفات كوقود في انتاج الاسمنت لا يساعد فقط على خفض التكاليف الخاصة بتوفير الطاقة بل يساعد على الارتقاء بالبيئه وانخفاض التلوث.

وبينت العديد من الابحاث المتخصصة اهمية الاحتياج للاسمنت في عملية التشييد والبناء والتوسع الحضري، وقيام بعض الدول بالإستيراد في حالة عدم إكتفاء الانتاج المحلي، واتخاذ بعض الدول الاجراءات الاقتصادية التحفيزية لإنشاء مصانع الاسمنت لتحقيق الاكتفاء الذاتي، وبين الباحث (Ohimain, E., 2014) أهمية السياسات الحكومية المتبعة في تحقيق الاكتفاء الانتاجي للأسمنت.

وفي بحث أخر (ROWLEY, C.,& YARROW,G.,1978.) يبين أن صناعة الأسمنت تحتاج إلى كمية هائلة من الطاقة الحرارية للتسخين تمهيداً لعملية التجهيز والسحق للمنتج النهائى للأسمنت، حيث أفاد انه في الفترة من عام ١٩٦٥ إلى عام ١٩٧٥ شهدت صناعة الأسمنت تطور هائل أدى الى انخفاض الاحتياج الى الطاقة بنسبة ٢٣%. كما بين ان الولايات المتحدة الامريكية تستخدم لانتاج الاسمنت الطاقة الكهربائية اللازمة من مصادر متعددة بينما تستخدم الطاقة الحرارية من مصدرين

اساسيين هما الفحم الحجري وفحم الكوك والذي يمثلان ٧٥.٧ % من الطاقة الحرارية اللازمة لانتاج الاسمنت.وفي دراسة لتحديد مدى أهمية صناعة الاسمنت، (Hodeida H.,& Others, 2013), وحجم تلك الصناعة بإيران، اظهرت الدراسة العلاقة بين ظاهرة غازات الاحتباس الحراري ومدى ارتباطها بصناعة الاسمنت سواء على المستوى العالمي أو الاقليمي.كما ناقشت العديد من الابحاث الاثار البيئية الناجمة عن توليد الطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت حيث تعد صناعة كثيفة الحاجة للطاقة كما تعد صناعة الأسمنت مسئولة عن توليد نسبة كبيرة من أكاسيد الكربون الملوثة للبيئة بنسبة تقدر من ٥% إلى ١٠% على المستوى العالمي، (Nandhini, J.J.& Monica D.M, , 2014.) . كما تناولت الابحاث الاثار البيئية الناجمة عن توليد الطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت وكم الانبعاثات الملوثة للبيئه من صناعة الاسمنت والبدائل التكنولوجية لتقليل تلك الانبعاثات وأهمية استخدام التقنيات الحديثة في حجب خروج عوادم ثاني اكسيد الكربون ضمن نواتج الحريق المتصاعدة الى الهواء الجوي ودمجها بمسحوق الاسمنت، بما يقلل من الاثار البيئية الضارة لصناعة الاسمنت (Ali, M. , & Others., 2011) .

كما بينت الابحاث ان جمهورية الصين الشعبية تنتج بمفردها ٥٠% من الإنتاج العالمى للاسمنت ، وانها احد الصناعات الكثيفة في استخدام الطاقة، كما ان صناعة الاسمنت في الصين مسئولة عن ٤٠% من اسباب التلوث البيئي وبين اهمية الضوابط والسياسات التي تحقق خفض الملوثات الناتجة من صناعة الاسمنت، كما بين نموذج تم اعداده لمناقشة الملوثات المتعددة الناجمة عن عمليات الحريق لتوليد الطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت (Hasanbeigi A.,& Others,2014.) وفي دراسة بحثية اخرى (Ke, J., & Others,2014) بشأن صناعة الاسمنت في الصين بين الباحث حجم الانتاج السنوي من الاسمنت في الصين مقارنة بالانتاج العالمي وبين كمية مركبات ثاني اكسيد الكربون الناشئة من حرق الوقود المستخدم فى انتاج الاسمنت في الصين وبين ان هناك ثلاث مراحل ينشأ منها التلوث البيئي من تلك الصناعة وهي مرحلة اعداد الخام ومرحلة سحقه وكذا مرحلة توليد الطاقة اللازمة لانتاج الاسمنت، وبين طريقة تقريبية لحساب العوادم الناجمة من صناعة الاسمنت. وفي دراسة بحثية

(Askar, Y., 2010) أظهرت الاحتياجات المحلية من الاسمنت وناقشت الزيادة في الاحتياجات طبقاً لزيادة التوسعات الحضرية، كما ناقشت الاثر البيئي السلبي الناجم عن صناعة الاسمنت، واظهرت أهمية سن القوانين البيئية واتخاذ الاجراءات اللازمة بهدف خفض الاثار السلبية لصناعة الاسمنت. وفي دراسة بحثية لتصنيف صناعة الاسمنت من حيث استهلاك الطاقة بجمهورية مصر العربية (Radwan, A., 2012)، بينت ان تكلفة الطاقة الكلية الحرارية والكهربائية تبلغ ما بين ٣٠% الى ٤٠% من التكاليف الكلية لانتاج الاسمنت، كما أوضحت اهمية استخدام بدائل الوقود، واشارت الى الاستعانة بالتكنولوجيا الحديثة التي تقتصد في استهلاك الطاقة.

ومن خلال تحليل استهلاك مصادر توليد الطاقة المتنوعة بجمهورية مصر العربية بين التقرير ,(U.S 2014) (EIA) أن أكبر مصدر لتوليد الطاقة هو الغاز الطبيعي الذي يصل الى ٥٣ % يليه البترول والذي يصل الى ٤١% ، ويعد ثالث مصدر هي الطاقة المائية المولدة من السد العالي ، حيث تمثل ٣ % ، أما نسبة استخدام الفحم في عام ٢٠١٣ لاتزيد عن ٢% من اجمالي مصادر توليد الطاقة المتنوعة ، وبنسب ضئيلة ١ % طاقة متجددة، وقد بين التقرير أن الانتاج المحلي للبترول قد انخفض في الفترة مابين عام ٢٠٠٩ الى عام ٢٠١٣ بنسبة ٢٨ %. وفي تقرير ,Saidur) (.R., & Others ,2011 عن أهمية البحث عن بدائل الطاقة كمطلب رئيسي في العديد من الدول بهدف الحصول على مصادر للطاقة ذات أسعار مناسبة، بين التقرير أهمية إستخدام التكنولوجيا الملائمة للتغذية بالوقود في خطوط الانتاج بهدف تعظيم الإستفادة من مصادر الطاقة المتنوعة مع المحافظة على البيئة، مع مراعاة أسعار الوقود البديل ومدى الإتاحة وتكاليف النقل وتوفر الخبرة والتكنولوجيا المناسبة.

وفي بحث لتقييم تكاليف استهلاك الطاقة لخطوط انتاج الاسمنت لكلاً من خطوط الانتاج الرطب والجاف بين (Ohunakin, O., & Others, 2013) الطاقة المستهلكة لكلا من خطوط الانتاج الرطبة والجافة وذلك خلال فترات الانتاج لنيجيريا من (٢٠٠٣ – ٢٠١١) بما في ذلك الطاقة المستهلكة لعمليات التكسير والسحق والتسخين والحرق بالاضافة الى عمليات التنعيم والتعبئة، كما بين البحث ان الكمية القصوى من الطاقة المستهلكة لانتاج الاسمنت هي في توليد الحرارة اللازمة للإنتاج حيث تذهب كميات الطاقة الزائدة المستهلكة في انتاج الاسمنت بالطريقة الرطبة لنزع الرطوبة من خامة

الاسمنت.وفي دراسة (Kumar, P., & Others, 2013) لاقتصاديات انتاج الاسمنت تتبع الباحث انتاج الهند من الاسمنت من خلال اتحاد مصنعي الاسمنت في الهند ، بهدف التقييم الاقتصادي لانتاج الاسمنت ومدى تطوره، كما ناقش التطور التكنولوجي في صناعة الاسمنت ومدى توفر الاموال اللازمة لدعم تلك الصناعة، كما بين الباحث أهمية تطوير القدرة الانتاجية بهدف تحقيق الاستدامة والتصدير لمنتج الاسمنت.

وفي تقرير (Report of the CIAB Asia Committee., 1974 -1999) أظهر أن الفحم يتم استخدامه على نطاق كبير لتوليد الطاقة بالعديد من دول العالم بما بينهم جمهورية الصين الشعبية التي تمكنت من استخدام تقنيات حديثة لحجب مايزيد عن ٩٨% من العوادم والدخان والجسيمات والسيطرة على الغبار وبتكلفة محدودة للانتاج لاتزيد عن ٣%. وفي دراسة بحثية للتكلفة الكلية للطاقة المستخدمة في صناعة الاسمنت كجزء اساسي في التكلفة الكلية لانتاج الاسمنت وضح Worrell, E., and (Galitsky, C., 2008) الاهمية الاقتصادية لتكلفة الطاقة في انتاج الاسمنت، كما بين أهمية الاستخدام الكفأ للطاقة لتطوير اقتصاديات انتاج الاسمنت، كما بين البحث ان المصدرين الاساسيين للفحم وفحم الكوك يعدان من المصادر الاساسية للحصول على الطاقة، وان هناك بعض الاستخدامات للغاز الطبيعي في صناعة الاسمنت، كما بين انه في السنوات الاخيرة هناك استخدام ملحوظ لمخلفات الوقود بما في ذلك مخلفات إطارات السيارات التى تستخدمه كمصدر للوقود في انتاج الاسمنت والطاقة بشكل عام، كما ناقش مركبات الكربون الناجمة من استخدام الوقود اللازم لانتاج الطاقة المستخدمة في صناعة الاسمنت، كما ناقش اهمية رفع كفاءة استخدام الطاقة لتقليل كمية الوقود المستخدم وبالتالي خفض الانبعاثات الناجمة من صناعة الاسمنت.

وفي دراسة اقتصادية لتوفير الطاقة لصناعة الاسمنت ناقش Mokrzycki, E.,& (Others,2003.) اهمية استخدام المخلفات كمصدر للطاقة، كما بين ان المخلفات تصنف إن كانت من الناحية الكيميائية ذات مكون يصلح استخدامه لتوليد الطاقة يمكن الاستفادة منه كبديل للوقود، وناقشت بدائل المخلفات وقدرتها على توليد الطاقة، ووضح اهمية استخدام المخلفات كوقود رخيص في انتاج الاسمنت بما يوفر الوقود التقليدي لصناعات اخرى.

ويتضح الاهمية الاقتصادية لبدائل الوقود لصناعة الاسمنت بجمهورية مصر العربية من خلال الدراسات البحثية على المستوى العالمى ومنها التقارير التي اظهرت ان الحكومة فى السنوات الأخيرة تدعم الطاقة بمبلغ قد يصل إلى ٢٦ مليار دولار امريكي سنوياً بما يمثل عبأ شديداً على الموازنة العامة للدولة (U.S. (EIA) 2014).

ويقدم هذا البحث اقتصاديات استخدام بدائل الوقود لصناعة الاسمنت بجمهورية مصر العربية بهدف توفير الاحتياجات القومية من الاسمنت بتكاليف منخفضة بما يدعم صناعة التشييد والبناء، وبخاصة ان جمهورية مصر العربية تبدأ مرحلة من المشروعات العملاقة وتعاني من العديد من مشاكل توليد الطاقة اللازمة لتلبية الإحتياجات فى كافة المجالات بما فى ذلك الطاقة اللازمة للصناعات المختلفة وذلك دعماً للنهضة الإنتاجية والتشييد بجمهورية مصر العربية.

مشكلة البحث:

تتمثل في ارتفاع التكاليف الاقتصادية لانتاج الاسمنت على المستوى المحلى كنتيجة لارتفاع تكلفة الوقود والتباين في الأسعار والكميات لبدائل الوقود المستخدمة في توليد الطاقة اللازمة للانتاج بمصانع الاسمنت، واستنزاف بعض مصادر الطاقة كنتيجة لدعمها وتوفرها في صناعة الاسمنت على الرغم من الحاجة الماسة لها في صناعات وخدمات اخرى، الى جانب ارتفاع التكاليف الاقتصادية لبعض خطوط الإنتاج بنسبة أكبر في صناعة الاسمنت محلياً نتيجة عدم تحديث خطوط الانتاج الرطبة للاسمنت بالرغم من انخفاض الكفاءة الاقتصادية لتشغيلها.

أهمية البحث:

١. تحديد الوقود المناسب اقتصادياً لصناعة الاسمنت بما يحقق اقل التكاليف ويدعم صناعة التشييد والبناء.
٢. اظهار الاهمية الاقتصادية والبيئية لتحويل خطوط الانتاج الرطبة الى خطوط انتاج جافة.

أهداف البحث:

١. دراسة التكاليف الإقتصادية السنوية لإنتاج الطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت بجمهورية مصر العربية عند استخدام بدائل انواع الوقود المختلفة .

٢. تحديد الوقود الامثل إقتصادياً للاستخدام لتحقيق اقل التكاليف على المستوى القومي.

٣. دراسة مقدار الانخفاض السنوى فى تكاليف الطاقة وبالتالى تكاليف الإنتاج فى حالة تحديث خطوط الإنتاج الرطب بالتكنولوجيات الحديثة والعمل بالطريقة الجافة.

فروض البحث:

١. استخدام بدائل الوقود لانتاج الاسمنت يؤثر على تكاليف الطاقة اللازمة لإنتاج الاسمنت.

٢. قيام مصانع الاسمنت بتوفير الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية باستخدام بدائل الوقود يقلل من التكلفة الكلية للطاقة اللازمة لانتاج الاسمنت.

٣. تحديث خطوط انتاج الأسمنت يقلل من تكاليف الطاقة.

منهجية البحث:

تحليل البيانات بشأن كمية الانتاج السنوية للاسمنت على المستوى القومي، وكمية الطاقة اللازمة للانتاج لبدائل الوقود وتحديد تكلفة كلاً منها سنوياً من خلال البيانات الخاصة بالإنتاج السنوى من الاسمنت ومن خلال البيانات المتاحة بالأبحاث والدراسات السابقة والوثائق المنشورة للوقوف على:

- اختيار نوع الوقود الأمثل اقتصادياً للإستخدام لصناعة الاسمنت والذي يحقق أقل التكاليف لإنتاج الطاقة.
- تحديد افضل التكنولوجيات للاستخدام لانتاج الاسمنت بما يحقق الاهداف الاقتصادية والبيئية .

مصادر البيانات :

١. الابحاث العلمية المنشور

٢. رسائل الماجستير والدكتوراه

٣. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء- جمهورية مصر العربية عن عام ٢٠١٤

٤. المركز العربي للبحوث والدراسات -٢٠١٤

٥. قرار رئيس مجلس الوزراء بشأن تسعير الكهرباء .

6. Environment and development Magazine,2012
7. U.S. Energy Information Administration (EIA), 2014

حساب التكاليف الاقتصادية لبدائل الوقود لصناعة الاسمنت: اظهرت الدراسات البحثية الموثقة ان جمهورية مصر العربية تنتج مايعادل سنوياً ٤٦٠٧٨.٦ ألف طن من الاسمنت (كتاب الاحصاء السنوي – ٢٠١٤) ، كما بينت الابحاث أن جزء أساسي من تكلفة الانتاج يرجع الى تكلفة الوقود المستخدم والذي يمثل من ٣٠% الى ٤٠% من التكلفة الكلية لانتاج الاسمنت (Radwan, A., 2012) وتحتاج صناعة الاسمنت الى كميات متفاوتة من الطاقة طبقاً لنوع الوقود المستخدم والذي يتفاوت كفاءته بما يتناسب مع طبيعته والتكنولوجيات المرتبطة بالانتاج كما بينت الابحاث المتخصصة وذلك بالجدول رقم (١) (Avetisyan, H., & James, A., 2009)

الجدول رقم (١) إحتياجات الطن من الأسمنت من الطاقة الكهربية والحرارية

نوع الوقود	كمية الطاقة الحرارية اللازمة لانتاج طن أسمنت بالألف وحدة حرارية بريطانية(Btu)	كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لانتاج طن أسمنت بالألف وحدة حرارية بريطانية(Btu)
الغاز الطبيعي Natural gas	١٥١.١	٥١٧.٨
فحم الكوك Petroleum Coke	٨٧٤.٩	٥١٧.٨
مخلفات وقود(نفايات صناعية وزراعية) Waste fuel	٤١٦.٥	٥١٧.٨

المصدر: (Avetisyan, H., & James, A., 2009)

كما أن تكلفة توليد الطاقة من أنواع الوقود المستخدم في صناعة الاسمنت هي على النحو التالي وذلك لإنتاج كل مليون وحدة حرارية بريطانية (BTU) باستخدام الغاز الطبيعي من ١٠ إلى ١٢ دولارًا، وباستخدام الفحم من ٤ إلى ٥ دولارات وذلك بالاسواق المحلية (المركز العربي للبحوث والدراسات – ٢٠١٤) وقد تم حساب قيمة ١ دولار ب ٧.١٥ جنيه. وباستخدام مخلفات الوقود ٤ دولارات وتلك المخلفات ذات طبيعة خاصة تصلح كوقود لصناعة الاسمنت من خلال الفصل والمعالجة بمصانع متخصصة بالنفايات(Environment and development Magazine,2012)وقد تم استخدام البيانات السابقة لحساب تكاليف توفير الطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت بجمهورية مصر العربية سنوياً مع استخدام تلك البدائل والمستخدم البعض منها حالياً على المستوى

المحلى والشائع إستخدامها جميعها عالمياً في صناعة الاسمنت وهي الغاز الطبيعي وفحم الكوك ومخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية)

أولاً: اقتصاديات الإنتاج مع الحصول على الطاقة الكهربائية والحرارية من مصدر واحد للوقود : تم حساب اجمالي تكلفة الطاقة اللازمة لانتاج طن الاسمنت وكذلك اجمالي التكلفة الكلية لانتاج الاسمنت سنوياً بجمهورية مصر العربية لإجمالي إنتاج وقدره ٤٦٠٧٨.٦ ألف طن وذلك كما هو مبين بالجدول رقم (٢) لبدائل الوقود المستخدمة.

الجدول رقم (٢) حساب تكاليف الطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت للانتاج باستخدام بدائل الوقود المستخدمة بجمهورية مصر العربية

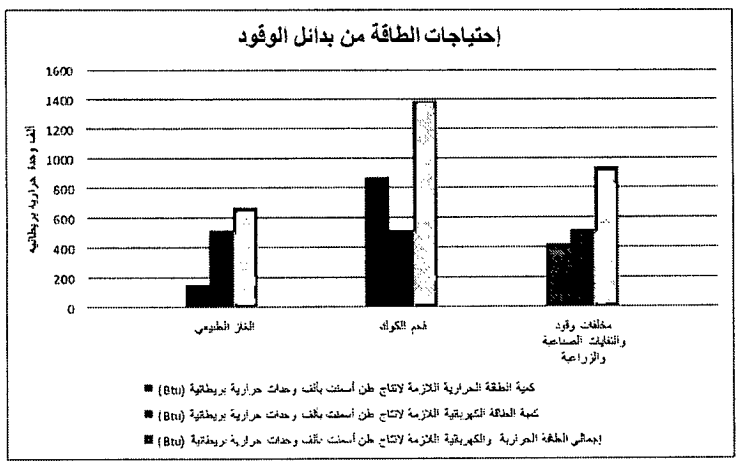
نوع الوقود	كمية الطاقة الحرارية اللازمة لانتاج طن أسمنت بالألف وحدة حرارية بريطانية (Btu)	كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لانتاج طن أسمنت بالألف وحدة حرارية بريطانية (Btu)	إجمالي الطاقة الحرارية والكهربائية اللازمة لانتاج طن أسمنت بالألف وحدة حرارية بريطانية (Btu)	اجمالي تكلفة الطاقة لانتاج طن اسمنت (جنيه)	اجمالي التكلفة الكلية للطاقة اللازمة لإنتاج الاسمنت سنوياً (مليون جنيه)
	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)
الغاز الطبيعي Natural gas	١٥١.١	٥١٧.٨	٦٦٨.٩	٥٢.٦١	٢٤٢٤.٢
فحم الكوك Petroleum Coke	٨٧٤.٩	٥١٧.٨	١٣٩٢.٧	٤٤.٨	٢٠٦٤.٧
مخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية) Waste fuel	٤١٦.٥	٥١٧.٨	٩٣٤.٣	٢٦.٧	١٢٣١.٣

المصدر: (Avetisyan, H., & James, A., 2009) وذلك للأعمدة (١) ،(٢)، أما الأعمدة (٣)، (٤) و(٥) تم إستنتاج هذه القيم بواسطة الباحثة.

وقد تم اظهار النتائج التي تم حسابها في الشكل البياني رقم (١) وذلك للمقارنة بين احتياجات الطاقة لانتاج الطن الواحد من الاسمنت مع استخدام بدائل الوقود وهى الغاز الطبيعي وفحم الكوك ومخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية)، وقد تم اظهارها مفصلة لتحديد كمية الطاقة الحرارية اللازمة لانتاج الطن من الاسمنت، وكذلك كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل الالات والمعدات لانتاج نفس الطن. كما تم اظهار اجمالي الطاقة الكلية اللازمة مجمعة لكل نوع من الوقود وذلك للمقارنة بين التكلفة الكلية

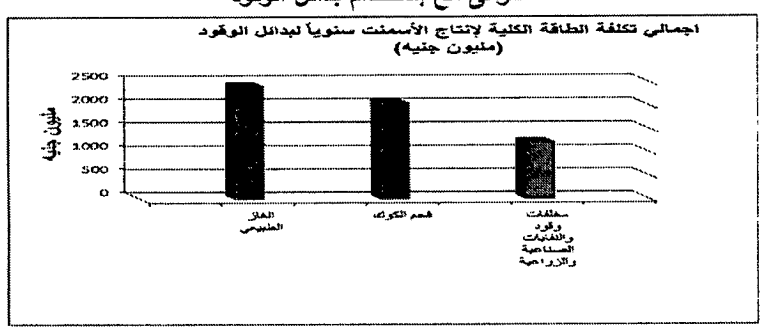
اللازمة لإنتاج طن الأسمنت مع للحصول على الطاقة (الكهربائية والحرارية) باستخدام بدائل الوقود من الغاز الطبيعي وفحم الكوك ومخلفات الوقود من نفايات صناعية وزراعية. كما تم اظهار نتائج التكلفة السنوية للطاقة اللازمة لإنتاج الأسمنت على المستوى القومى مع إستخدام بدائل الوقود فى الشكل البياني رقم (٢) والذي يبين اجمالي الطاقة الكلية اللازمة لانتاج ٤٦٠٧٨.٦ ألف طن سنوياً من الاسمنت مع استخدام بدائل الوقود.

الشكل البياني رقم (١) تكلفة الطاقة اللازمة لإنتاج الطن من الأسمنت لبدائل الوقود



المصدر: تم إعداده بواسطة الباحثة من خلال البيانات المدونة بالجدول رقم (٢).

الشكل البياني رقم (٢) التكلفة السنوية للطاقة اللازمة لإنتاج الأسمنت على المستوى القومى مع إستخدام بدائل الوقود



المصدر: تم إعداده بواسطة الباحثة من خلال البيانات المدونة بالجدول رقم (٢).

ومن تحليل النتائج لتكاليف توفير الطاقة اللازمة لانتاج الاسمنت لبدائل الوقود كما يتضح في الجدول رقم (٢) وكذلك في الشكل رقم (٢,١) يتبين لنا أن التكاليف القصوى للطاقة تكون في حالة استخدام وقود الغاز الطبيعي لتوليد الطاقة الكهربائية والحرارية اللازمة للانتاج وهي بقيمة ٢٤٢٤.٢ مليون جنيه، بينما أقل التكاليف اللازمة لتوفير الوقود للطاقة الكهربائية والحرارية لانتاج الاسمنت سنوياً يتحقق عند استخدام وقود مخلفات ونفايات صناعية وزراعية حيث بلغت ١٢٣١.٣ مليون جنيه، بينما يتحقق القيمة المتوسطة لتوفير الطاقة الحرارية والكهربائية عند استخدام وقود فحم الكوك بقيمة قدرها ٢٠٦٤.٧ مليون جنيه، ويوفر استخدام وقود النفايات نسبة قدرها ٤٩.٢% من تكلفة الطاقة، كما يحقق استخدام الفحم وفر في تكاليف الطاقة الحرارية والكهربائية اللازمة سنوياً لانتاج الاسمنت نسبة قدرها ١٤.٨% ، ويتضح أهمية استخدام الفحم كوقود بديل لتوفير الطاقة في مصانع الاسمنت نظراً لتحقق البعد الاقتصادي في خفض تكاليف الانتاج بالاضافة الى توفير الغاز الطبيعي كوقود لصناعات اخرى لاغنى عنها به. كما وان بديل استخدام المخلفات يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند تجهيز المصانع للعمل به ووضع الآليات التي توفره بالمواصفات الفنية التي تمكن من استخدامه كوقود في صناعة الاسمنت بما يحقق العائد الاقتصادي والبيئي طبقاً لما يعمل به في العديد من الدول التكنولوجية حيث يتطلب إستخدام المخلفات كوقود إنشاء مصانع خاصة بتجهيز المخلفات للإستخدام كوقود. وكما يتضح ان حساب التكاليف الاقتصادية لانتاج الطاقة الحرارية والكهربائية اللازمة لانتاج الاسمنت قد تم مع افتراض توليدها من مصدر واحد للوقود اى ان تلك المصانع تقوم باستخدام الوقود بتوليدها الطاقة الكهربائية من خلال محطات تابعة لها هذا بالاضافة الى استخدام نفس الوقود لتوليد الطاقة الحرارية، ويوجد العديد من المصانع تقوم بالحصول على الطاقة الكهربائية من خلال الشبكة القومية لامداد الكهرباء مما يتطلب اجراء تقييم اقتصادي لتكلفة الوقود في تلك الحالة.

ثانياً: التكاليف الاقتصادية لبدائل الوقود لتوليد الطاقة الحرارية فقط بمصانع الاسمنت :

من خلال المتبع في العديد من المصانع بجمهورية مصر العربية اتضح ان الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المعدات والالات يتم الحصول عليها من خلال الشبكة القومية للكهرباء وذلك باسعار متوسطة تقدر بمتوسط سعر الكيلووات ساعة ٣٦.٩ قرشاً.

(قرار لرئيس مجلس الوزراء – بشأن تسعير الكهرباء) ، أما بالنسبة للطاقة الحرارية اللازمة لانتاج الاسمنت فيتم توليدها باستخدام الوقود، وللتقييم الاقتصادي لبدائل الوقود في تلك الحالة فقد تم حساب اقتصاديات انتاج الاسمنت للطن، واقتصاديات انتاج الاسمنت على المستوى القومي لاجمالي ٤٦٠٧٨.٦ ألف طن سنوياً من الاسمنت مع استخدام بدائل الوقود من الغاز الطبيعي وفحم الكوك ومخلفات الوقود من نفايات صناعية وزراعية. والجدول رقم (٣) يبين كمية الطاقة اللازمة لانتاج طن الاسمنت بالالف وحدة حرارية لبدائل الوقود وكذلك تكلفة الطاقة الكهربائية في حالة الحصول عليها من الشبكة القومية للكهرباء لكل طن اسمنت والخاصة بتشغيل الالات والمعدات، وقد تم حسابها من خلال كمية الطاقة اللازمة وهي ١٥٢ كيلو وات ساعة/طن اسمنت (Avetisyan, H., & James, A., 2009) ، كما تم حساب تكلفة الطاقة الحرارية بالجنيه المصري طبقاً لاسعار الوقود السابق تحديدها.

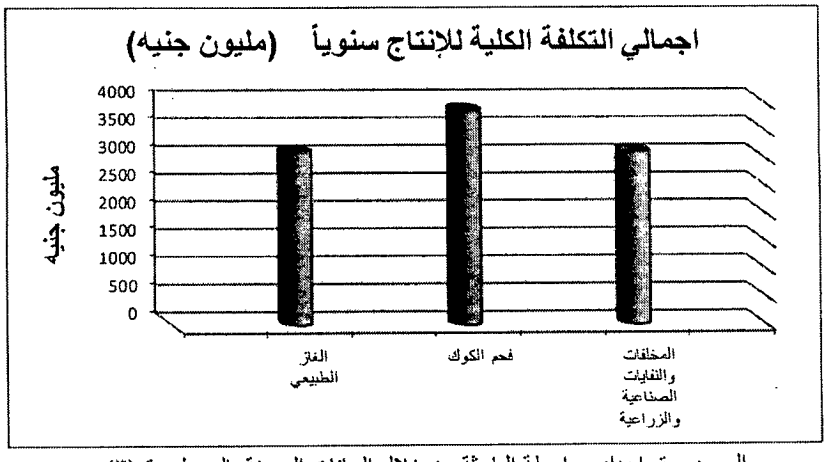
وقد تم حساب اجمالي تكلفة الطاقة الكهربائية والحرارية لانتاج الطن باستخدام بدائل الوقود وكذلك التكلفة الاجمالية لانتاج الاسمنت على المستوى القومي في حالة الحصول على الطاقة الكهربائية من الشبكة والطاقة الحرارية باستخدام بدائل الوقود.

جدول رقم (٣) اجمالي التكلفة الكلية للطاقة اللازمة للإنتاج سنوياً مع الحصول على الطاقة الكهربائية من الشبكة القومية للكهرباء بسعر موحد، وبإستخدام بدائل الوقود في توليد الطاقة الحرارية

نوع الوقود	كمية الطاقة الحرارية اللازمة لانتاج طن أسمنت بالألف وحدة حرارية بريطانية (Btu)	تكلفة الطاقة الكهربائية من الشبكة واللازمة لانتاج طن واحد من الأسمنت (جنيه)	تكلفة الطاقة الحرارية اللازمة لانتاج طن أسمنت (جنيه)	اجمالي تكلفة الوقود لانتاج طن اسمنت (جنيه)	اجمالي التكلفة الكلية للطاقة اللازمة للإنتاج سنوياً (مليون جنيه)
	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)
الغاز الطبيعي Natural gas	١٥١.١	٥٦.١	١١.٨٨٤	٦٧.٩٨	٣١٣٢.٤
فحم الكوك Petroleum Coke	٨٧٤.٩	٥٦.١	٢٨.١٥	٨٤.٢	٣٨٧٩.٨
مخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية) Waste fuel	٤١٦.٥	٥٦.١	١١.٩١	٦٨.٠١	٣١٣٣.٨

المصدر: العمود رقم (١) (Avetisyan, H., & James, A., 2009) ، الاعمدة رقم (٢)،(٣)،(٤)،(٥) تم حسابهم بواسطة االباحثة.

الشكل رقم (٤) مقارنة بين تكلفة إنتاج الطاقة اللازمة لصناعة الأسمنت سنوياً فى حالة إستخدام بدائل الوقود وتوفير الطاقة الكهربية من الشبكة القومية



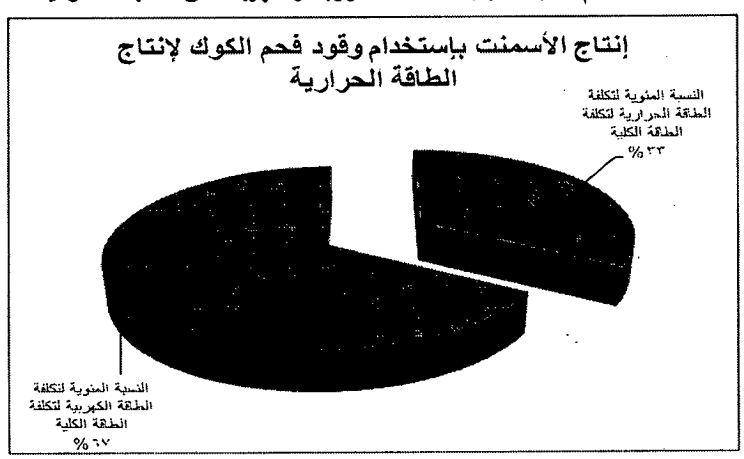
المصدر: تم إعداده بواسطة الباحثة من خلال البيانات المدونة بالجدول رقم(٣) .

وللمقارنة بين نسبة التكلفة لكلاً من الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية مع استخدام الغاز الطبيعي كوقود لإنتاج الطاقة الحرارية اللازمة يتضح انة يمثل نسبة ١٧% فقط من اجمالي تكلفة الطاقة اللازمة للانتاج ، بينما نسبة ٨٣% من الطاقة هي للطاقة كهربائية وذلك كما هو موضح فى شكل رقم (٥). كما يبين الشكل رقم (٦) مقارنة بين تكلفة الطاقة الكهربية والطاقة الحرارية فى حالة إستخدام وقود فحم الكوك لتوليد الطاقة الحرارية والذى يبين ان اجمالي تكلفة الطاقة اللازمة لتوليد الطاقة الحرارية لانتاج الاسمنت باستخدام فحم الكوك تمثل نسبة ٣٣% من التكلفة الكلية للطاقة، بينما تبلغ نسبة تكلفة الطاقة الكهربائية نسبة ٦٧%.أما بالنسبة لتوليد الطاقة الحرارية بإستخدام مخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية) لانتاج الطاقة الحرارية يبين الشكل رقم (٧) ان النسبة المئوية لتكلفة الطاقة
الحرارية لانتاج الاسمنت هي ١٨% بينما تبلغ تنسبة تكلفة الطاقة الكهربائية ٨٢% من اجمالي التكلفة الكلية اللازمة للطاقة.

الشكل رقم (٥) مقارنة بين نسبة تكلفة الطاقة اللازمة لكل من الطاقة الكهربية والطاقة الحرارية فى حالة إستخدام وقود الغاز الطبيعى

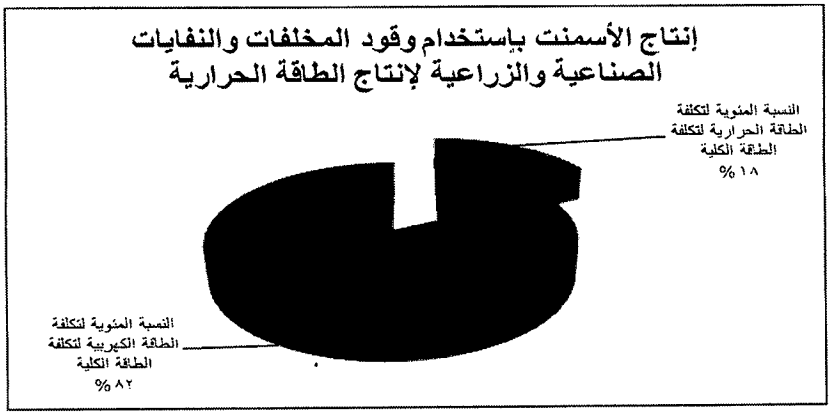
المصدر: تم إعداده بواسطة الباحثة من خلال البيانات المدونة بالجدول رقم (٣).

الشكل رقم (٦) نسبة تكلفة الطاقة الكهربية إلى الطاقة الحرارية فى حالة إستخدام وقود فحم الكوك لتوليد الطاقة الحرارية والكهرباء من الشبكة القومية



المصدر: تم إعداده بواسطة الباحثة من خلال البيانات المدونة بالجدول رقم (٣).

الشكل رقم (٧) النسبة المئوية لتكلفة الطاقة الكهربية للطاقة الحرارية فى حالة توليدها بإستخدام وقود المخلفات والنفايات الصناعية والزراعية



المصدر: تم إعداده بواسطة الباحثة من خلال البيانات المدونة بالجدول رقم (٣).

وكما يتضح من تحليل نسبة تكلفة الطاقة الحرارية الى الطاقة الكهربائية مع استخدام بدائل الوقود وذلك كما هو موضح يتبين بالشكل رقم (٥،٧،٦) ان نسبة تكلفة الطاقة الكهربائية تتفاوت عند استخدام وقود الغاز الطبيعي ووقود المخلفات والنفايات الزراعية والصناعية، حيث تبين ان نسبة التكلفة (٨٣% ، ٨٢%) على التوالي من اجمالي التكلفة الكلية للطاقة اللازمة لانتاج الاسمنت ، بينما تنخفض النسبة المئوية لتكلفة الطاقة الكهربائية حيث تصل الى نسبة ٦٧% من تكلفة الطاقة الكلية اللازمة لانتاج الاسمنت عند استخدام فحم الكوك.وكما يتضح تزداد نسبة تكلفة الطاقة الكهربائية(حيث ان تكلفتها ثابتة مع استخدام بدائل الوقود) مع انخفاض التكلفة الكلية للطاقة الكهربائية والحرارية معاً وذلك لبدائل الوقود، أي ان اقتصاديات انتاج الاسمنت تكون افضل في تلك الحالة.

ثالثاً : مقارنة التكلفة الاقتصادية لبدائل الحصول على الطاقة الكهربائية والحرارية اللازمة لصناعة الاسمنت :

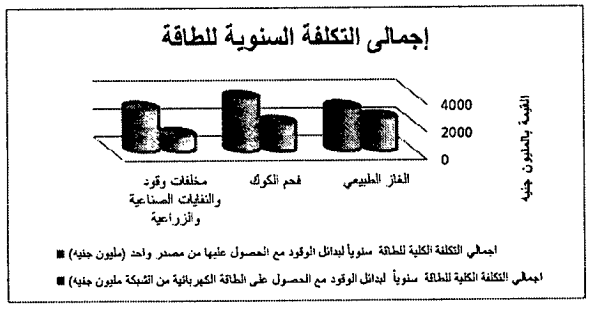
تم التقييم الإقتصادى لتكلفة الطاقة لإنتاج الأسمنت فى حالة توليد الطاقة الكهربية والحرارية من مصدر واحد لبدائل الوقود مقارنة بالحصول على الطاقة الكهربية من الشبكة القومية للكهرباء والحصول على الطاقة الحرارية فقط من بدائل الوقود وذلك كما يتضح في الجدول رقم (٤). وتم حساب اجمالي التكلفة اللازمة لانتاج الطاقة الكهربائية والحرارية، وذلك في حالة قيام المصنع بالحصول على كافة احتياجاته من الطاقة من مصدر واحد للوقود وهو الغاز الطبيعي وكذلك عند قيام المصنع بحصوله على الطاقة الكهربائية من خلال الشبكة العامة للكهرباء ، ويتضح ان تكلفة الحصول على الطاقة اللازمة للانتاج من مصدر واحد للوقود وهو الغاز الطبيعي يوفر مبلغ قدره ٧٠٨.٢ مليون جنيه ، كما وأنه عند استخدام بديل الفحم يتحقق نفس الظاهرة حيث يتم توفير مبلغ قدره ١٨١٥.١ مليون جنيه عند الاعتماد على وقود الفحم لتوفير الطاقة الكلية اللازمة لانتاج الاسمنت في المصانع سنوياً ، كما وان استخدام بديل وقود النفايات والمخلفات للحصول على الطاقة الكهربائية والحرارية دون الحاجة للحصول على الطاقة الكهربائية من الشبكة يوفر مبلغ قدره ١٩٠٢.٥ مليون جنيه للتكاليف اللازمة لتوليد الطاقة سنوياً. ويتضح من خلال بدائل الوقود ومن خلال بديل توليد الطاقة الكلية اللازمة لمصانع الاسمنت او الاعتماد على شبكة الكهرباء القومية ان توليد كافة الاحتياجات من خلال المصانع تحقق وفر اقتصادي في التكلفة ويوصي بها في مصانع الاسمنت نظراً انها من الصناعات كثيفة الاحتياج للطاقة الحرارية والكهربائية وبخاصة ان توفير التجهيزات اللازمة لتوليد الطاقة سوف تكون اقل بكثير من توفير الشبكات اللازمة لامداد المصانع وبخاصة انها توجد في مناطق نائية، مع الاخذ في الاعتبار ان تجهيز المصنع لانتاج الطاقة الكهربائية يرفع من التكاليف كتكاليف الانشاء وتكاليف التشغيل وغيرها .والشكل البيانى رقم (٨) يبين مقارنة بين التكلفة السنوية لإنتاج الطاقة اللازمة للأسمنت فى حالة توليد الطاقة الكلية اللازمة للإنتاج من مصدر واحد لبدائل الوقود وكذا تكلفة الطاقة فى حالة توليد الطاقة الحرارية فقط من بدائل الوقود والطاقة الكهربية من الشبكة القومية.

جدول رقم (٤) اقتصاديات تكلفة الطاقة لإنتاج الاسمنت فى حالة توليد الطاقة بالكامل من مصدر واحد أو من خلال توليد الطاقة الحرارية فقط من بدائل الوقود

نوع الوقود	اجمالي التكلفة الكلية للطاقة سنوياً لبدائل الوقود مع الحصول عليها من مصدر واحد (مليون جنيه)	اجمالي التكلفة الكلية للطاقة سنوياً لبدائل الوقود مع الحصول على الطاقة الكهربائية من الشبكة (مليون جنيه)
الغاز الطبيعي Natural gas	٢٤٢٤.٢	٣١٣٢.٤
فحم الكوك Petroleum Coke	٢٠٦٤.٧	٣٨٧٩.٨
مخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية) Waste fuel	١٢٣١.٣	٣١٣٣.٨

المصدر: تم أعداده بواسطة الباحثة.

الشكل البيانى رقم (٨) مقارنة بين تكلفة الطاقة فى حالة توليدها بالكامل من مصدر واحد لبدائل الوقود وكذا فى حالة توليد الطاقة الحرارية فقط من بدائل الوقود وشراء الطاقة الكهربية من الشبكة



المصدر: تم اعداده بواسطة الباحثة من خلال البيانات المدونة بالجدول رقم (٤).

رابعاً: إقتصاديات تطوير خطوط الإنتاج الرطبة للأسمنت إلى تكنولوجيا الإنتاج الجافة :

من خلال الدراسة الميدانية بواسطة الباحث (Askar, Y., 2010) تبين ان جمهورية مصر العربية لديها ١٦ مصنع للأسمنت تنتج ٤٦٠٧٨.٦ ألف طن سنوياً (كتاب الاحصاء السنوي – ٢٠١٤)، وذلك من خلال ٣٨ خط انتاج جاف ورطب، كما تبين ان عدد اجمالي الخطوط الرطبة وهي قديمة المنشأ هي ٧ خطوط فقط، وبإفتراض أن الخطوط الجافة والرطبة تنتج كميات متساوية، فإن إجمالي ماينتج بجمهورية مصر العربية بالطريقة الرطبة هي نسبة ١٨.٤% من الإنتاج الكلى السنوى، أي أنه يتم إنتاج مايعادل ٨٤٨٨.٢ ألف طن سنويا بتكنولوجيا انتاج الاسمنت الرطبة.

وكما بين الباحث (Ohunakin, O., & Others, 2013) ان احتياجات الطن من الاسمنت من الطاقة الحرارية بخطوط الانتاج الرطبة تتطلب طاقة زائدة بنسبة ٥٦ % عن تكنولوجيا انتاج الاسمنت الجافة، ولتقييم اقتصاديات تحويل خطوط انتاج الاسمنت الرطبة وتحديثها لتعمل بالتكنولوجيا الجافة فقد تم دراسة تكلفة انتاج الكميات التي تنتج حالياً بالطريقة الرطبة وهي ٨٤٨٨.٢ ألف طن سنوياً مع افتراض استخدام بدائل الوقود من غاز طبيعي، وفحم الكوك، ووقود مخلفات ونفايات صناعية وزراعية ، وذلك لتوليد الطاقة اللازمة لانتاج تلك الكمية بتكنولوجيا الانتاج الجاف والرطب للمقارنة بين التكلفة السنوية، وقد تم اتباع نفس المنهجية السابق توضيحها واستخلاص النتائج بالجدول رقم (٥) الذي يتضح فيه فروق التكلفة السنوية في حالة تحديث خطوط الانتاج الرطبة الى خطوط الانتاج جافة، والذي قد تباين الفرق فيها طبقاً لنوع الوقود المستخدم من حيث انخفاض تكلفة الطاقة اللازمة لانتاج الكميات المنتجة بالتكنولوجيا الرطبة حالياً من ١٢٦.٨ مليون جنيه في حالة استخدام وقود مخلفات ونفايات صناعية وزراعية، ويزداد الفرق عند استخدام فحم الكوك عند توليد الطاقة فيصل الى ٢١٢.٧ مليون جنيه ، بينما يبلغ خفض التكلفة عند استخدام وقود الغاز الى ٢٤٩.٨ مليون جنيه.

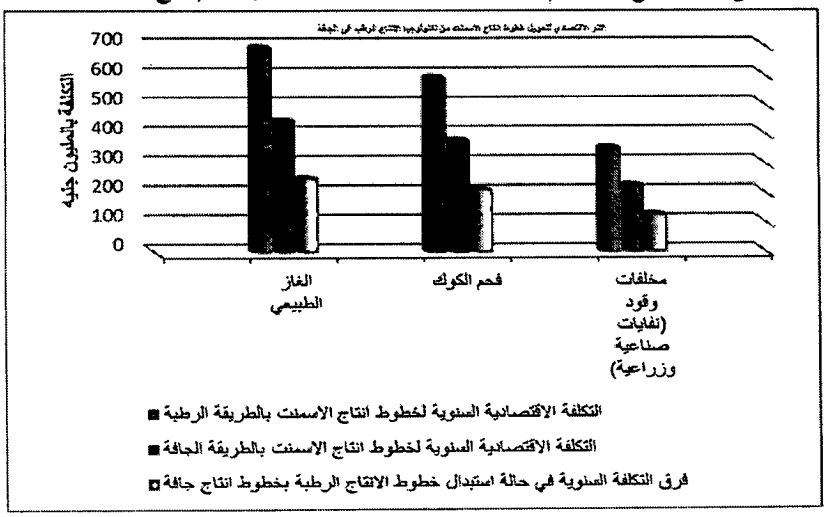
جدول رقم (٥) الاثر الاقتصادي لتحويل خطوط انتاج الاسمنت من تكنولوجيا الإنتاج الرطب الى تكنولوجيا الإنتاج الجاف مع إستخدام بدائل الوقود لتوليد الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية

بدائل الوقود المستخدمة	التكلفة الاقتصادية السنوية لخطوط انتاج الاسمنت بالطريقة الرطبة (مليون جنيه)	التكلفة الاقتصادية السنوية لخطوط انتاج الاسمنت بالطريقة الجافة (مليون جنيه)	فرق التكلفة السنوية في حالة استبدال خطوط الانتاج الرطبة بخطوط انتاج جافة (مليون جنيه)
الغاز الطبيعي Natural gas	٦٩٥.٩	٤٤٦.١	٢٤٩.٨
فحم الكوك Petroleum Coke	٥٩٢.٥	٣٧٩.٨	٢١٢.٧
مخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية) Waste fuel	٣٥٣.٥	٢٢٦.٦	١٢٦.٩

المصدر: تم اعداده بواسطة الباحثة.

وقد تم مقارنة التكلفة الاقتصادية لانتاج تلك الكميات من الاسمنت بالطريقة الجافة ومقارنتها بالوضع الحالي حيث يتم انتاج ٨٤٨٨.٢ ألف طن سنويا بالطريقة الرطبة سنوياً، والشكل البيانى رقم (٩) يوضح مقارنة بين تكلفة الطاقة اللازمة للانتاج فى الحالتين، كما يبين مقدار انخفاض التكلفة السنوية في حالة تحديث تلك الخطوط.

الشكل رقم (٩) الاثر الاقتصادي لتحويل خطوط انتاج الاسمنت من تكنولوجيا الإنتاج الرطب الى الجافة مع إستخدام بدائل الوقود لتوليد الطاقة اللازمة للإنتاج



المصدر: تم اعداده بواسطة الباحثة من خلال الجدول رقم (٥).

ونظراً لان بدائل توفير الطاقة بمصانع الاسمنت بجمهورية مصر العربية تتم من خلال قيام المصنع بتوليد الطاقة الكهربائية الخاصة به من خلال محطة تابعة له، كما يوجد شركات انتاج اسمنت تقوم بتوليد الطاقة الحرارية فقط باستخدام بدائل الوقود والحصول على الطاقة الكهربائية من الشبكة القومية للكهرباء بسعر محدد ، ولتحديد الفرق في تكلفة انتاج الاسمنت في تلك الحالة فقد تم حساب التكلفة السنوية لانتاج كمية وقدرها ٨٤٨٨.٢ الف طن اسمنت سنوياً وهي التي تنتج حالياً بالطريقة الرطبة على افتراض ان الطاقة الكهربائية يتم الحصول عليها من الشبكة، بينما يتم توليد الطاقة الحرارية باستخدام الوقود.

والجدول رقم (٦) وباستخدام نفس المنهجية يوضح التكلفة السنوية للانتاج في الحالتين ومقدار فروق التكلفة السنوية في حالة استبدال خطوط الانتاج الرطبة الى تكنولوجيا انتاج جافة للاسمنت، وكما بين فان مقدار الوفر في التكلفة السنوية وهو ٣٢٢.٩ مليون جنيه في حالة استخدام وقود مخلفات ونفايات زراعية وصناعية لتوليد الطاقة الحرارية فقط وقد تساوى معها تقريباً قيمة الوفر في حالة استخدام الغاز الطبيعي حيث بلغ ٣٢٢.٨ مليون جنيه، بينما بلغ قيمة أكبر وفر عند استخدام فحم الكوك حيث بلغ ٣٩٩.٨ مليون جنيه.

جدول رقم (٦) الاثر الاقتصادي لتحويل خطوط انتاج الاسمنت من تكنولوجيا الإنتاج الرطب الى الجافة مع إستخدام بدائل الوقود لتوليد الطاقة الحرارية فقط والطاقة الكهربائية من الشبكة القومية

بدائل الوقود المستخدمة	التكلفة الاقتصادية السنوية لخطوط انتاج الاسمنت بالتكنولوجيا الرطبة (مليون جنيه)	التكلفة الاقتصادية السنوية لخطوط انتاج الاسمنت بالتكنولوجيا الجافة (مليون جنيه)	فرق التكلفة السنوية في حالة استبدال خطوط الانتاج الرطبة بخطوط انتاج جافة (مليون جنيه)
الغاز الطبيعي Natural gas	٨٩٩.٢	٥٧٦.٤	٣٢٢.٨
فحم الكوك Petroleum Coke	١١١٣.٧	٧١٣.٩	٣٩٩.٨
مخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية) Waste fuel	٨٩٩.٥	٥٧٦.٦	٣٢٢.٩

المصدر: تم اعداده بواسطة الباحثة.

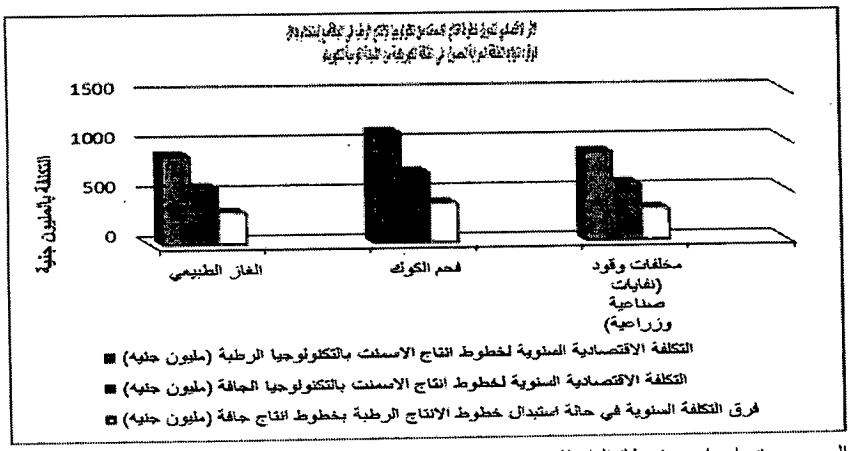
وقد تم المقارنة بين التكلفة الإقتصادية لتكلفة الطاقة فى حالة توليد الطاقة الحرارية بإستخدام بدائل الوقود والحصول على الطاقة الكهربية من الشبكة القومية بإسعار موحدة وذلك كما هو مبين فى الشكل البيانى رقم (١٠).

كما تم اظهار قيمة الوفر الاقتصادي الممكن تحقيقة سنوياً في حالة تطوير خطوط الانتاج الرطبة بجمهورية مصر العربية واستمرار المصانع بالحصول على الطاقة الكهربائية من الشبكة وتوليد الطاقة الحرارية باستخدام الغاز الطبيعي او فحم الكوك او وقودالمخلفات والنفايات الزراعية والصناعية.

وبتحليل نتائج التكلفة الاقتصادية لتطوير خطوط الانتاج الرطبة للعمل بالطريقة الجافة يتبين اهمية اتخاذ هذا القرار.

كما تم مقارنة مقدار الوفر السنوي لتكلفة الانتاج وذلك من خلال النتائج بالجدول رقم (٥)، والجدول رقم (٦) في حالة قيام مصانع الاسمنت بتوليد الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية من خلال المعدات والالات المتاحة لديها مع استخدام بدائل الوقود او في حالة قيام المصنع باستخدام اي من بدائل الوقود لتوليد الطاقة الحرارية والحصول على الطاقة الكهربائية اللازمة للانتاج من الشبكة القومية، ومقارنة الوفر السنوي في الحالتين لتطوير تلك الخطوط يتضح ان التكلفة تنخفض بنسبة تصل الى ٢٢.٦ % في حالة استخدام الغاز الطبيعي ، كما تصل الى ٤٦.٨ % في حالة استخدام فحم الكوك بينما يصل ويزداد مقدار الوفر في حالة استخدام وقود المخلفات والنفايات الصناعية والزراعية بمقدار ٦٠.٧% .

الشكل البيانى رقم (١٠) مقارنة بين التكلفة السنوية للطاقة الحرارية للكمية المنتجة للإسمنت بالطريقة الرطبة حالياً باستخدام بدائل الوقود



المصدر :تم اعداده بواسطة الباحثة من خلال الجدول رقم (٦).

خامساً: تحليل النتائج:

يتضح اهمية البحث من خلال النتائج التي تم الحصول عليها وكذلك من مناقشة فروض البحث، وللتحقق من الفرض الأول اتضح من نتائج البحث المبينة في الجدول رقم (٢) أن تكلفة الطاقة اللازمة لانتاج الاسمنت تتباين في كافة الاحوال عند استخدام بدائل الوقود وبالمقارنة بوقود الغاز الطبيعي كأعلى مصدر لتكلفة الطاقة نجد انه عند استخدام وقود مخلفات ونفايات زراعية وصناعية انخفضت تكلفة الانتاج السنوية للطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت بقيمة ١١٩٢.٩ مليون جنيه، كما انه عند مقارنة استخدام بديل فحم الكوك لانتاج الطاقة اللازمة لمصانع الاسمنت نجد ان التكلفة السنوية للطاقة تنخفض بمقدار ٣٥٩.٥ مليون جنيه ، وذلك في حالة توليد الطاقة الحرارية والكهربائية اللازمة لصناعة الاسمنت من ذات بديل الوقود، كما انه من خلال النتائج بالجدول رقم (٣) عند استخدام بدائل الوقود لتوليد الطاقة الحرارية فقط فان تكلفة الطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت ترتفع عند استخدام بديل وقود فحم الكوك بمقدار ٧٤٧.٤ مليون جنيه اذا قورن بوقود الغاز الطبيعي، اما بديل المخلفات والنفايات الزراعية والصناعية فقد تبين وجود زيادة طفيفة في التكلفة الكلية السنوية للطاقة الحرارية اللازمة لصناعة الاسمنت بمقدار ١.٤ مليون جنيه اذا تم مقارنته بوقود الغاز الطبيعي، وهذا يثبت

صحة **الفرض الأول** وهو ان استخدام بدائل وقود لانتاج الاسمنت يؤثر على تكاليف الطاقة اللازمة لإنتاج الاسمنت.

ويقترح:

- استخدام بديل وقود فحم الكوك وبديل وقود النفايات الزراعية والصناعية نظرا لانخفاض التكلفة الكلية للطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت عند استخدام تلك البدائل لتوليد الطاقة الحرارية وكذلك الطاقة الكهربائية .
- استخدام وقود المخلفات والنفايات الزراعية والصناعية وذلك لانخفاض تكلفتة في انتاج الطاقة ولتحقيق اهدافاً بيئية بالمساهمة في التخلص من النفايات، وتوفير بديل وقود الغاز الطبيعي لصناعات وخدمات اخرى لاغنى لها عنه.

اما **الفرض الثاني** وهو قيام مصانع الاسمنت بتوفير الطاقة الحرارية و الطاقة الكهربائية باستخدام بدائل الوقود يقلل من التكلفة الكلية للطاقة اللازمة لانتاج الاسمنت.

فقد ثبت صحة هذا الفرض حيث تبين من خلال المقارنة بين الجدول رقم (٢) والجدول رقم (٣) عند قيام مصنع الاسمنت بتوفير الطاقة الكهربائية بالاضافة للطاقة الحرارية قد ترتب عليه خفض في تكاليف الطاقة الكلية اللازمة لصناعة الاسمنت لبدائل الوقود الغاز الطبيعي بمبلغ ٧٠٨.٢ مليون جنيه، وفحم الكوك بمبلغ ١٨١٥.١ مليون جنيه، ووقود المخلفات والنفايات الزراعية والصناعية بمبلغ ١٩٠٢.٥ مليون جنيه.

ويقترح:

- قيام مصانع الاسمنت بتطوير تجهيزاتها لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لها بالاضافة الى الطاقة الحرارية لتخفيض التكاليف الكلية للطاقة اللازمة لانتاج الاسمنت.

أما **الفرض الثالث** وهو تحديث خطوط انتاج الأسمنت يقلل من تكاليف الطاقة، فقد ثبت صحة هذا الفرض حيث اتضح من خلال نتائج البحث ان التكلفة الاقتصادية لانتاج الكميات التي تنتج حالياً بخطوط الاسمنت المتاحة والتي تعمل بالنظام الرطب ، قد انخفضت تكلفة الطاقة اللازمة لها عند تحديث تلك الخطوط لتعمل بالتكنولوجيا الجافة وذلك على النحو التالي كما اتضح في الجدول رقم (٥) باستخدام بدائل الوقود لتوليد الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية، فقد اتضح أن هناك انخفاض في التكلفة السنوية في حالة استبدال خطوط الانتاج الرطبة بخطوط انتاج جافة لبدائل الوقود المستخدمة

كالاتي (الغاز الطبيعي ٢٤٩.٨ مليون جنيه، فحم الكوك ٢١٢.٧ مليون جنيه، مخلفات وقود (نفايات صناعية وزراعية ١٢٦.٩مليون جنيه) والجدول رقم (٦) باستخدام بدائل الوقود لتوليد الطاقة الحرارية فقط والحصول على الطاقة الكهربائية من الشبكة القومية يوضح مقدار فروق التكلفة السنوية في حالة استبدال خطوط الانتاج الرطب الى تكنولوجيا الانتاج الجاف لصناعة الاسمنت، فان مقدار الوفر في التكلفة السنوية للطاقة وهو ٣٢٢.٩ مليون جنيه في حالة استخدام وقود مخلفات ونفايات زراعية وصناعية لتوليد الطاقة الحرارية فقط وقد تساوى معها تقريباً قيمة الوفر في حالة استخدام الغاز الطبيعي حيث بلغ ٣٢٢.٨ مليون جنيه، بينما كان أكبر قيمة وفر عند استخدام فحم الكوك حيث بلغ ٣٩٩.٨ مليون جنيه.

ويقترح :

- تحديث السبعة خطوط انتاج التي تعمل حالياً بالطريقة الرطبة لتعمل بتكنولوجيا انتاج الاسمنت بالطريقة الجافة

المراجع العربية:

١. الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء، جمهورية مصر العربية ٢٠١٤

٢. المركز العربي للبحوث والدراسات ٢٠١٤

٣. قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٢٥٧ بشأن تسعير الكهرباء ، الجريدة الرسمية، العدد٢٩، جمهورية مصر العربية ، يوليو ٢٠١٤.

المراجع الاجنبية :

1.Ali, M., Saidur, R. , & Hossain, M. , "A review on emission analysis in cement industries", University of Malaya, Malaysia, 2011.

2.Askar, Y., "THE CEMENT INDUSTRY IN EGYPT: Challenges and innovative Cleaner Production solutions", M.Sc, University of TN, USA, 2010.

3.Avetisyan, H & James, A "LIFE CYCLE COST MINIMIZATION FOR CEMENT PRODUCTION UNDER VARIOUS CONTRAINTS" word of coal ash (WOCA) conference May 4-7 in Lexington, KY, USA, 2009.

4. Energy Information Administration (EIA),Country Analysis Brief Overview, Independent Statistics & Analysis, U.S., 2014.

5. Hasanbeigi, A., Lobscheid, A., Dai, Y., and Lu, H., "Quantifying the Co-benefits of Energy-Efficiency Programs: A Case Study of the Cement Industry", Shandong Province, China ,2014.

6.Hodeida ,H., Pazoki, M., Hadizadeh,H.,and Nasri, A., " Appropriate Measures to Reduce Greenhouse Gases` Emissions from Iran's Cement Industry", University of Tehran, Iran , 2013.

7. Ke, J., McNeil, M., Price, L., Khanna, N.,and Zhou, N., "Estimation of CO2 Emissions from China's Cement Production: Methodologies and Uncertainties" Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-6329E, 2014.

8.Kumar, P., John, S.,and Senith, S., "A Study on Factors Affecting Performance of Indian Cement Industry", Nehru Group of Institutions ,Coimbatore,India, 2013.

9.Mokrzycki, E., Uliasz, A.,and czyk, B., " Alternative fuels for the cement industry", Energy Economy Research Institute, Poland, 2003.

10. Nandhini, J.J.& Monica ,D.M, "GLOBAL EMISSION OF CARBON DIOXIDE CONTROLLED BY GENERATING POWER FROM CARBON DIOXIDE" National Conference on "Renewable Energy Innovations for Rural Development, 2014.

11. Ohimain, E., " The success of the backward integration policy in the Nigerian cement sector", Niger Delta University, 2014.

12. Ohunakin, O. , Leramo, O. , Abidakun, O. , Odunfa, M . , & Bafuwa ,O., "Energy and Cost Analysis of Cement Production Using the Wet and Dry Processes in Nigeria" Covenant University, Ota, Nigeria, 2013.

13. Radwan, A., "Different Possible Ways for Saving Energy in the Cement Production", ISSN: 0976-8610,Advances in Applied Science Research, USA, 2012 .

14. Report of the CIAB Asia Committee., "Coal in the Energy Supply of China",I N T E R N ATIONALENERGYAGENCY, COALINDUSTRYADVISORYBOARD, 1974 -1999.

15. ROWLEY,C.,&YARROW,G., EVOLUTION OF CONCENTRATION IN THE UNITED KINGDOM CEMENT INDUSTRY:STRUCTURE, CONDUCT AND PERFORMANCE, report, commissioned by the Directorate-General for Competition of the Commission of the European Communities,1978.

16. Saidur, R., Atabani, A.E.& Mekhilef, S. A review on fuels for industry University of Malaya, Malaysia, 2011.

17. Thermal energy from waste,Environment and development Magazine, Issue 174, September 2012

18. Worrell, E., and Galitsky, C., "Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Cement Making", University of California, Berkeley, California 94720,2008.