دراسة اقتصادية بيئية في مجال الطاقة
(حالة دراسية: معمل عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء)*

المهندسة ندى جمعة** الدكتور المهندس جورج زهر***

الملخص

إن رفاهية السكان لا تتعلق بالتركيز فقط على الصحة وإنما على المحافظة على الموارد الطبيعية أيضاً. في حالات معينة، تخلق النشاطات الاقتصادية أضراراً اقتصادية أكبر من القيمة المضافة التي تحققها، ومن ثمَّ تتراجع رفاهية السكان ونوعية البيئة معاً[1]. هنا تكمن أهمية هذا البحث في دراسة الجدوى الاقتصادية والبيئية للاستخدام الكفء للطاقة (الكهربائية والحرارية) بمعمل اسمنت عدرا (كحالة دراسية) من خلال إيجاد:

*** تكاليف الهدر الحاصل في الطاقة (CI): ⬅ الآثار الاقتصادية.**

*** ما مقدار الخسارة من القيمة المضافة(VA) نتيجة الاستخدام غير الكفء للطاقة؟**

*** تكاليف التدابير العلاجية(CR): ⬅إجراءات حفظ الطاقة (ما كلفة الحد من الاستخدام غير الكفء الطاقة بحيث تزول الأضرار الاقتصادية، ومن ثمَّ تتحول هذه الأضرار لمنافع؟)**

*** نسبة الـ (CI/CR):⬅ CI/CR = المنافع/التكاليف=B/C (ما مقدار الأضرار التي سنتجنبها مقابل كل ليرة سورية مدفوعة كحل لمشكلات الهدر(CR))**

*** مقدار التخفيف في الانبعاث الغازي نتيجة الاستخدام الكفء للطاقة؟**

الكلمات المفتاحية: القيمة المضافة، كلفة التدهور البيئي، الهدر في الطاقة، التدابير العلاجية، نسبة المنافع إلى التكاليف.

* أعد البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندسة ندى جمعة بإشراف الدكتور المهندس جورج زهر.

** قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

*** قسم الهندسة البيئية كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

1 - المقدمة:

إن الضغوط السكانية وأنماط الاستهلاك والإلحاح المتزايد لمتطلبات الحياة التنموية أدى إلى قصر النظر في استغلال موارد البيئة الطبيعية ومآلها إلى التلف والتدهور، وقد يرجع هذا إلى أسباب كثيرة منها فشل بعض السياسات الخاصة بتسعير الموارد الطبيعية وفشل الأسواق التي لا تعدُّ تكاليف استخدام الأصول البيئية ضمن تكلفة الإنتاج، حيث تتبع سياسة اللاعقلانية في استنزاف الموارد الطبيعية وتستخدم البيئة كمستودع للنفايات[12]. مع العلم أن هذه المشكلات البيئية تؤثر تأثيراً كبيراً في الإنتاجية وفي الكفاءة الاقتصادية ومن ثمَّ في رفاهية المجتمع، كما أن تدهور الوضع البيئي يفرض أعباء ضخمة على الاقتصاد على المدى البعيد، لأن تجاهل عملية الإصحاح البيئي وإهمالها سيزيد من تكلفتها مع الزمن. ومن هنا برزت أهمية القياس النقدي للبيئة في إدخال العقلانية الاقتصادية في الاستثمار المرتبط بموارد البيئة ومحاولة الحفاظ عليها وترشيد استخدامها، وذلك من خلال تقدير تكاليف التدهور البيئي (Environmental Degradation) بناء على[2]:

* التشخيص البيئي (Environmental diagnosis) من خلاله تُحدَّدُ عواقب التدهور البيئي على رفاهية السكان والاقتصاد (مراقبة نوعية الهواء المحيط، ونوعية مياه البحر والأنهار والبحيرات والآبار الجوفية المستقبلة للتلوث، وتلوث التربة ومستوى الضجيج والأمراض والحوادث نتيجة المشكلات البيئية وآلية التخلص من النفايات الناتجة من العمليات الصناعية، وتراجع المناظر الطبيعية والحياة البرية وتراجع مناطق الاستجمام، فضلاً عن مقارنة المعايير التصميمية والفعلية لاستهلاك الموارد الطبيعية المتمثلة بالمياه والطاقة والمواد الأولية - وفق التكنولوجيا المعتمدة في المنشأة الصناعية - للكشف عن الهدر وعدم الكفاءة في الاستخدام،....).

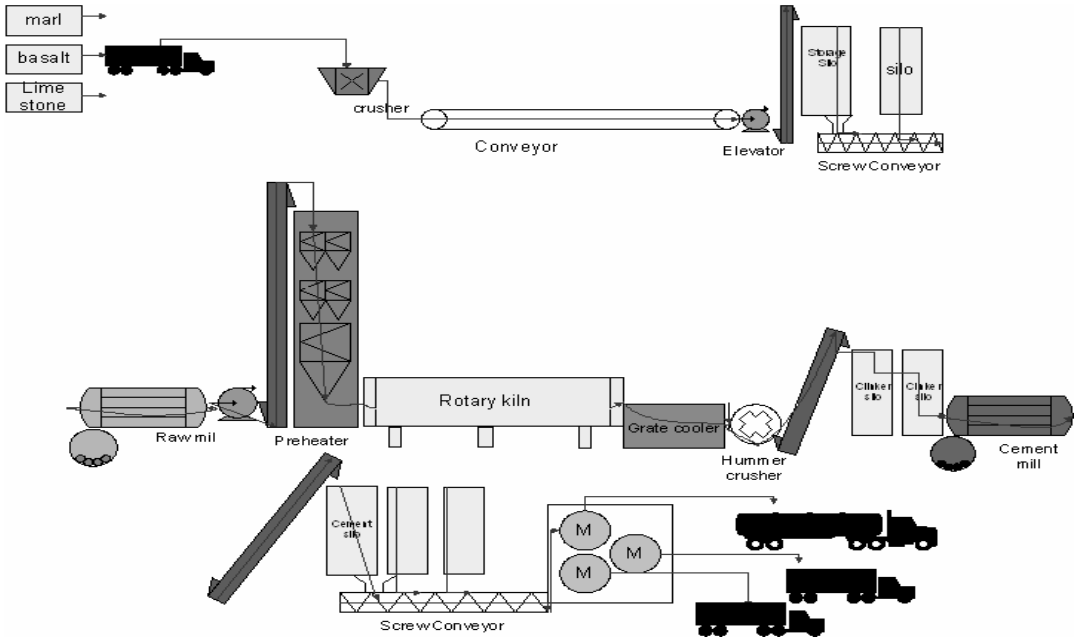
* القياس الكمي لعواقب التدهور البيئي المدونة في التشخيص البيئي (مدى التغير في الإنتاجية الزراعية، والنقص في الموارد الطبيعية وعدد الأمراض والحوادث الناتجة عن أسباب بيئية ونسبة التغيب عن العمل نتيجة المرض، وعدد السكان المتأثرين بالتلوث وكمية النفايات التي لا تخضع لإدارة بيئية سليمة بهدف الاستفادة من إعادة تدويرها،...).

* التقييم المادي لهذه العواقب (Monetary Valuation on these consequences) بالاعتماد على أدوات التقييم الاقتصادي البيئي للتدهور البيئي (تقدير كلف العلاج نتيجة التدهور الصحي للسكان المتأثرين بالتلوث في المناطق المحيطة والمستقبلة للتلوث، وقيمة الهدر في الموارد الطبيعية، والخسارة في الإنتاج الزراعي نتيجة تدني نوعية التربة ونسبة انخفاض قيمة مناطق الاستجمام، ونسبة تدني قيمة العقارات في المنطقة المحيطة بالمنشأة الصناعية،...).

ويعدُّ الاستخدام الأمثل للطاقة التي تعدُّ من الموارد الطبيعية المحدودة وغير قابلة للتجديد (finite non-renewable) من الأولويات الإستراتيجية للتنمية المستدامة في سورية ولكونه يكتسب الصفة الإستراتيجية بامتياز، إذْ يشكل وحده 23% من الناتج المحلي الإجمالي[3]. ومن هذا المنطلق الهام قمنا بدراسة شاملة وتفصيلية لكامل خطوط الإنتاج بشركة عدرا للاسمنت ومواد البناء بهدف تسليط الضوء على النقاط الساخنة التي تكمن وراء ضياع الطاقة الكهربائية والحرارية وإيجاد الحلول الفعالة وبأقل تكلفة ممكنة والتي تضمن بالنهاية استرجاع الهدر في الطاقة وتحويل الخسارة الاقتصادية السنوية الناتجة عن الهدر إلى منفعة يمكن من خلالها وضع مقترحات لتطوير الطاقة الإنتاجية للمعمل هذا فضلاً عن دور التوفير في الطاقة في التخفيف من الملوثات الغازية كغازات الدفيئة وغازات أكاسيد الكبريت والآزوت الناتجة عن حرق الوقود سواء لتوليد الطاقة الحرارية أو الكهربائية في الهواء المحيط.

تزود شركة عدرا للاسمنت المنطقة الجنوبية من البلاد بمادة الاسمنت البورتلاندي الأسود فضلاً عن البلوك. وتقع الشركة بكامل خطوطها الإنتاجية (اثنان في عدرا الأو ، و واحد في عدرا الثاني) وإدارتها في موقع واحد في منطقة عدرا، انظر الصورة (1).

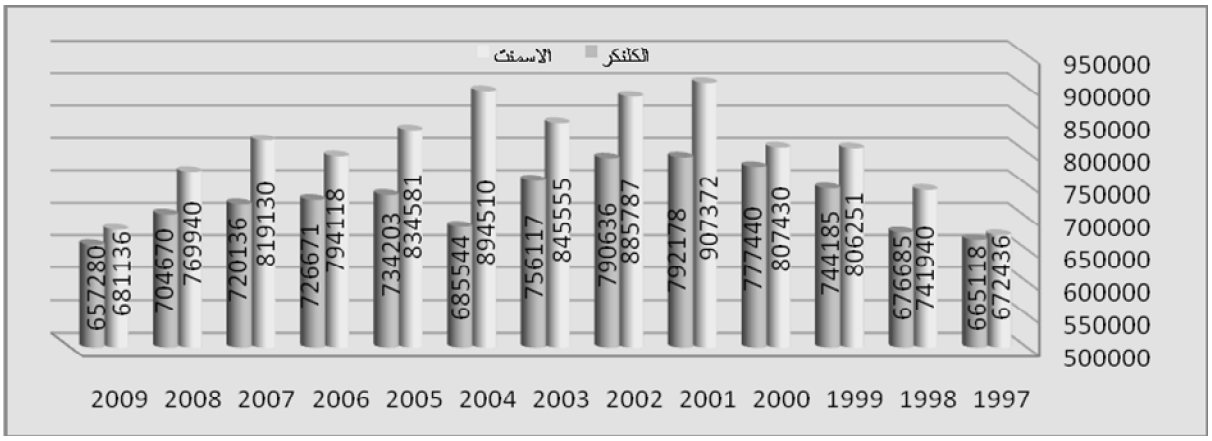
الصورة (1) صورة فضائية لمعمل اسمنت عدرا ويوضح المخطط المبسط في الشكل (1) مراحل إنتاج الاسمنت بدءاً من المقالع و انتهاء بأقسام التعبئة.



الشكل (1) مراحل إنتاج الإسمنت في معمل عدرا

تعتمد صناعة الاسمنت في الخطوط الإنتاجية الثلاثة على الطريقة الجافة، و يعمل نظام الاحتراق في الفرن باستخدام الفيول أو الغاز الطبيعي. وقد عُدِّل نظام الحرق في الأفران عام 1997 إلى الغاز الطبيعي الأقل تلويثاً للبيئة وقد أسهم ذلك في استقرار عمل الأفران وتحسين إنتاجها نوعا ما. إلا أن الشركة تعاني حالياً مجموعة من الصعوبات من أهمها قدم التجهيزات وعدم توافر القطع التبديلية لها وقدم التكنولوجيا المستخدمة حيث تستهلك طاقة كبيرة من ناحية الكهرباء والغاز الطبيعي، فضلاً عن غياب التدريب والتأهيل وعدم توافر فرصة للاطلاع على التكنولوجيا الحديثة.

يوضح المخطط البياني في الشكل (2) تراجع إنتاج المعمل من الاسمنت والكلنكر خلال السنوات الأخيرة بشكل ملحوظ.



الشكل (2): إنتاج معمل عدرا من الاسمنت والكلنكر

منذ عام 1997 وحتى 2009

2 - دراسة الجدوى البيئية الاقتصادية لاستخدام الطاقة (الحرارية والكهربائية) في معمل اسمنت عدرا:

2 -1 - السنة المرجعية للدراسة 2008:

نظراً إلى أن تقرير الميزانية الختامية لـ2009 قيد التحضير خلال مدة القيام بالزيارات الميدانية ولم يتم الانتهاء منه حتى بعد منتصف 2010، لذا قمنا فيما بعد بإدراج البيانات لعام 2009 فقط بهدف مقارنة الهدر الحاصل في الطاقة وبالمحصلة التوصل إلى نتائج متقاربة. مع العلم أن التدابير العلاجية المقترحة لن تتغير سواء اعتمدت 2008 أو 2009 سنة مرجعية للدراسة فحتى تاريخ الدراسة لم يتم تركيب وتشغيل أي من الإجراءات المقترحة نتيجة هذا البحث).

2 -2 - القيمة المضافة الصافية بتكلفة عوامل الإنتاج لمعمل اسمنت عدرا:

تقدر منهجية مؤسسة الأعمال المستدامة Sustainable Business Associates (SBA) و مؤسسة اقتصاديات البيئة التطبيقية Applied and Environmental Economices Associates (Ecosys) تكاليف التدهور البيئي والتدابير العلاجية كنسبة من هذه القيمة. وتحسب القيمة المضافة الصافية بتكلفة عوامل الإنتاج كما يأتي: الموارد (المبيعات) (المستلزمات السلعية والخدمية+ الإهتلاكات+ الضرائب والرسوم).

وتبلغ القيمة المضافة (VA) الصافية بتكلفة عوامل الإنتاج لشركة عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء لعام 2008: VA=653.481.335 س

3-2 - الهدر في الطاقة بمعمل اسمنت عدرا:

1-3-2 الهدر في الغاز الطبيعي:

1-1-3-2 تقدير كلفة الضرر البيئي الناتج عن الهدر في الغاز الطبيعي:

- الاستهلاك الحراري الفعلي:

1148 كيلو كالوري/كغ كلنكر لعام 2008[6].

- الاستهلاك الحراري المعياري للمعمل:

900 كيلو كالوري/كغ كلنكر[11]

- الهدر في الغاز لكل كغ كلنكر:

248 كيلو كالوري/كغ كلنكر= 248.000 كيلو كالوري/طن كلنكر.

- القيمة الحرارية للمتر المكعب من الغاز الطبيعي= 9696 كيلو كالوري (وفق ما هو معتمد بالدراسات الفنية المعمل).

- إنتاج المعمل من الكلنكر لعام 2008:

704.670 طن/السنة [4]

- كمية الهدر في الغاز:

(9696/248.000)×704.670=18.023.738 م^3/السنة

- سعر المتر المكعب من الغاز الطبيعي لعام 2008:

11,10 ل س [4]

- قيمة الهدر في الغاز الطبيعي لعام 2008:

18.023.738 × 11,10= 200.063.492 س

- إجمالي الاستهلاك من الغاز الطبيعي لعام2008: 83.432.837 م^3 [4]، ومن ثمَّ نسبة الهدر في الغاز الطبيعي بالنسبة إلى إجمالي الاستهلاك:

18.023.738/83.432.837=21,6%

- النسبة المئوية لقيمة الهدر في الغاز الطبيعي إلى القيمة المضافة للمعمل لعام 2008:

(200.063.492/653.481.335)×100=30,62% من VA

وهي نسبة عالية جداً تستدعي أن نتوقف عندها ونتأمل قليلاً ونسأل: ماذا لو ارتفع سعر المتر المكعب من الغاز الطبيعي دون الحد من الهدر الحاصل في الطاقة الحرارية فقط؟ ما السياسة المتبعة في المعمل في ظل هذه الخسارة الاقتصادية السنوية؟ هل المعمل في طور صرف نفقاته لشراء تجهيزات بغرض تطوير إنتاجه بالدرجة الأولى علماً بأن هذه النفقات يجب توجيهها في مسار أهم وهو استرجاع الضياع في الغاز الطبيعي وتحويله لمنفعة (بيئية اقتصادية) يتم تسخيرها فيما بعد لأهداف رفع الطاقة الإنتاجية للمعمل بصورة خاصة مع العلم أن المقترحات التي سنعرضها فيما بعد كحلول لمشكلة الهدر في الطاقة الحرارية لها أيضاً دور هام في رفع الطاقة الإنتاجية والإقلال من استهلاك القطع التبديلية الأمر الذي يزيد من قيمة المنفعة الاقتصادية الناتجة عنها.

بالرجوع إلى تقارير الميزانية الختامية للأعوام 2007 2008 2009 وتقدير قيمة الهدر في الغاز الطبيعي توصلنا إلى النتائج المبيّنة في الجدول (1).

العام الإنتاجي	استهلاك الغاز (م^3)	إنتاج الكلنكر (طن/السنة)	معدل الاستهلاك (م^3/طن)	كمية الهدر (م^3)	نسبة الهدر من استهلاك الغاز الطبيعي الإجمالي	سعر الوحدة (س/م^3)	قيمة الهدر في الغاز (س/السنة)	القيمة المضافة (ل س)	نسبة الهدر إلى القيمة المضافة %
2007	77.862.350	720.136	108,1	10.992.175	%14,12	11,47	126.197.467	569.154.585	%22,17
2008	83.432.837	704.670	118,4	18.023.738	%21,6	11,10	200.063.492	653.481.335	%30,62
2009	79.189.670	657.280	120,5	18.179.769	%21,78	10,86	196.854.996	648.393.503	%30,36

الجدول (1) مقدار الهدر في الغاز الطبيعي بمعمل عدرا للاسمنت في الأعوام 2007، 2008، 2009

نلاحظ أولاً القيم الكبيرة للهدر في الغاز الطبيعي مع انخفاض إنتاج الأفران من الكلنكر فضلاً عن ارتفاع معدل الاستهلاك لوحدة المنتج من الكلنكر (م^3 غاز طبيعي/ طن كلنكر) ومن ثمَّ لا بدَّ من البحث عن التدابير العلاجية المناسبة وبأقل تكلفة ممكنة التي تضمن استرجاع الهدر وتخفيض استهلاك الغاز الطبيعي في الأفران إلى القيمة المعيارية لاستهلاك الغاز الطبيعي وفق التكنولوجيا المستخدمة في معمل اسمنت عدرا وهي

900 كيلو كالوري/كغ كلنكر مع العلم أن المعايير العالمية لاستهلاك الغاز الطبيعي نحو 700 كيلو كالوري/كغ كلنكر[13]. إن هذا الهدر في الطاقة الحرارية ومن ثمَّ الاستهلاك الزائد من الغاز الطبيعي لتأمين الطاقة الحرارية اللازمة للعملية الإنتاجية يسهم في زيادة كلفة المنتج النهائي وتخفيض القيمة المضافة الناتجة ومن ثمَّ لا بدَّ من السعي بصورة جدية وسريعة لوضع الحلول اللازمة والمناسبة. تتطلب هذه المسألة القيام بدراسة الأسباب المؤدية إلى تسريب الغازات الساخنة أو زيادة الاستهلاك لقسم الفرن بالكامل بدءاً من المسخن الأولي حتى مبرد الكلنكر، سواءً من حيث تكتيم الدارة، وتعديل أو تجديد لبعض التجهيزات وذلك بالتعاون مع العاملين في قسم الإنتاج والقسم الفني في المعمل.

2-1-3-2 تقدير كلفة التدابير العلاجية اللازمة لتخفيف الهدر في الغاز الطبيعي:

<u>الإجراءات اللازمة لاسترجاع الهدر في الغاز الطبيعي بأقسام الأفران:</u>

دُرِسَتْ نقاط الضعف في الخطوط الإنتاجية الثلاثة للمعمل والتي تكمن وراء مشكلة الهدر في الطاقة الحرارية ومن ثم تم اقتراح وتحديد التدابير العلاجية اللازمة ذات التكلفة الأقل لحفظ الطاقة الحرارية بغرض تخفيض الهدر في استهلاك الغاز الطبيعي وذلك بالتعاون والحوار مع المدير الفني - المدير الإنتاجي السابق ورئيس قسم المطاحن ورئيس قسم الأفران وبالرجوع إلى الدراسة الاستشارية لأوستروبلان النمساوية بخصوص تطوير الخط الإنتاجي الثالث بعدرا الثاني والتي تم حالياً توريد بعض التجهيزات والمعدات المقترحة لتنفيذها وقد توصلنا إلى مجموعة مقترحات هي:

أ - <u>تركيب كتامات مخرج ومدخل للأفران</u> و ذلك لمنع تسرب الهواء الخارجي البارد إلى داخل الفرن، ومن ثمَّ رفع معدل الاستفادة من الغازات الساخنة أي رفع مردود طاقة الحرق، ومن ثمَّ خفض معدل استهلاك الغاز الطبيعي ومن جهة أخرى فإن هذا الإجراء يسهم في منع هدر المواد عند مدخل الفرن ومخرجه.

ب - <u>تعديل المسخنات الأولية</u> الحالية (باستبدال السيكلونات العلوية من المسخن الأولي نظراً إلى قدمها وتعرضها لاهتراءات تؤدي من جهة أخرى إلى ضياع نحو 18 طن مواد أولية/الساعة[7] أي 25% من وجبة المواد الأولية الداخلة لفرن التي تقدر بنحو 72 طن مواد أولية/الساعة[7] التي تتوجه عبر أنبوب الغاز الساخن إلى الفلتر الكهربائي ومن ثمَّ فإن هذا التعديل سيرفع الطاقة الإنتاجية للأفران من 35 طن كلنكر/الساعة تقريباً إلى 45 طن كلنكر/الساعة تقريباً ويخفض من راجع الفلتر[7] ويضاف إلى ذلك <u>تجديد بطانة المسخنات الأولية</u> (بيتون حراري وآجر ألوميني) وذلك من أجل تحسين عملية التبادل الحراري داخل المسخنات.

ت - <u>تعديل مروحة الغاز الساخن</u> لزيادة معدل الاستفادة من الغازات الساخنة في غرفة تجفيف المواد الأولية ومن ثمَّ التخفيف أكثر من رطوبة المواد الأولية مما يسهم في تحسين أداء مطحنة المواد الأولية وعملية مزجها في سيلوات المزج (توفير الطاقة الكهربائية اللازمة لذلك من جهة أخرى).

ث - <u>استبدال بوري شفط الغاز الساخن</u> المتدفق من الفرن والمسخن الأولي (الواقع ما بين مروحة الغاز الساخن والمسخن الأولي) الأمر الذي يزيد أيضاً من حرارة تجفيف المواد المطحونة ويسهل طحنها بهدف الاستخدام الأمثل للحرارة المنبعثة من الفرن.

ج - <u>تطوير حراق الفرن</u> (كتحسين لظروف تشغيل الفرن) إذ إنَّ استبدال الحراق وتجديد بطانة الفرن يخفض نحو 110 كيلو كالوري/كغ كلنكر أي 11,35 م^3 غاز طبيعي/طن كلنكر[7]. مع العلم أنه يتم سنوياً تبديل 50% من بطانة الفرن (الآجر) (نحو 32 م، طول الفرن= 60 م) خاصة في منطقة الاحتراق حيث يستخدم الآجر المنغنيزي الذي يتحمل درجات الحرارة العالية جداً أمَّا ما

تبقى من بطانة الفرن فهي من الآجر الألومينى الذي يتم استبداله كل 8 سنوات تقريباً وتقدر كمية الآجر في الفرن الواحد بنحو 360 -400 طن حسب الشركة المصنعة.

- أخيراً لا بدَّ أن ننوه إلى ضرورة وأهمية تقديم وجبة مواد أولية متجانسة ومناسبة تكون سهلة الحرق وغير مستهلكة للطاقة الحرارية (التشغيل الأمثل للفرن واستقرار عمله) وتعطي مواصفات جيدة بعد الحرق والطحن.

- إن المقترحات السابقة (فيما عدا مقترح استبدال بوري شفط الغاز الساخن) تم توريد ما يلزمها من المعدات والتجهيزات بخصوص الخط الإنتاجي الثالث إلا أنه لم يتم تركيبها بعد.

<u>نتائج تقدير تكاليف التدابير العلاجية اللازمة للحد من الهدر في استخدام الغاز الطبيعي بقسم الأفران:</u>

يبيّن الجدول (2) تكاليف التدابير العلاجية المقترحة لاسترجاع فاقد الطاقة الحرارية في قسم الأفران بشكل دفعات سنوية وفق عمرها التصميمي.

الإجراءات اللازمة للخط الإنتاجي الواحد	الكلفة (س)	العمر التصميمي (سنة)	الدفعة السنوية (س)
تعديل المسخن الأولي	26.000.000	30	866.667
مواد تبطين المسخن الأولى	8.632.000	30	287.733
كتامات مخرج ومدخل الأفران	7.000.000	5	1.400.000
تعديل مروحة الغاز الساخن	14.773.000	30	492.433
استبدال بوري شفط الغاز	1.000.000	5	200.000
تطوير حراق الفرن	7.076.000	30	235.867

الجدول (2) كلفة التدابير العلاجية اللازمة لحفظ الطاقة الحرارية في الخطوط الإنتاجية الثلاثة

وقد اعتُمِدَت التكاليف بناء على عقود من المديرية التجارية[8] [11] (مع الأخذ بالحسبان الزيادة في الأسعار عند اللزوم) وتقدير العمر التصميمي بالإجماع بين رأي المدير الفني والمدير التجاري ورؤساء قسم الأفران والمطاحن.

الدفعة السنوية للخط الإنتاجي الواحد = مجموع الدفعات السنوية للخط الإنتاجي أي:

866.667 + 287.733 + 1.400.000+ 492.433+
200.000 +235.867=3.482.700 ل س

الدفعة السنوية للخطوط الإنتاجية الثلاثة (RC):

10.448.100 ل س

إذاً كلفة التدابير العلاجية السنوية اللازمة لاسترجاع الهدر في الغاز الطبيعي كنسبة من VA للمعمل لعام 2008:

(653.481.335/10.448.100)×100=1,6% من VA

ونلاحظ أنها أقل بكثير من نسبة الهدر في الغاز الطبيعي (30,62 % من VA).

2 -3- 1 -3 نسبة المنافع إلى التكاليف في مجال الهدر في الغاز الطبيعي:

نسبة قيمة الهدر في الغاز الطبيعي إلى كلفة التدابير العلاجية السنوية المقترحة في هذا المجال:

المنافع /التكاليف = 1,6/30,62 =19,14

أي إنَّ كل ليرة سورية سندفعها لاسترجاع الهدر في الغاز الطبيعي ستجنبنا دفع 19,14 ليرة سورية أو بمعنى آخر إن كل ليرة سورية ستدفع ستعود بمنفعة لا تقل عن 19 ضعفاً.

2-3-2 الهدر في الطاقة الكهربائية:

2-3-2-1 تقدير كلفة الضرر الناتجة عن الاستهلاك الزائد للطاقة الكهربائية:

- الاستهلاك الفعلي للطاقة الكهربائية:

180 كيلو واط ساعي/طن اسمنت لعام 2008[6].

- الاستهلاك النظري للطاقة الكهربائية:

115 كيلو واط ساعي/طن اسمنت[11].

الهدر في الكهرباء لكل طن اسمنت:

65 كيلو واط ساعي/طن اسمنت.

- إنتاج المعمل من الاسمنت لعام 2008:

769.940 طناً/ السنة[4].

- كمية الهدر في الكهرباء:

65×769.940=50.046.100 كيلو واط ساعي/السنة .

- سعر الكيلو واط الساعي من الكهرباء لعام 2008:

2,66 ل س[4].

- قيمة الهدر في الكهرباء لعام 2008:

50.046.100×2,66= 133.122.626 كيلـــــــــــو واط ساعي/السنة.

- قيمة الاستهلاك الكلي للمعمل من الطاقـــة الكهربائيـــة لعام 2008: 138.518.700 ل س.

- النسبة المئوية للهدر في الكهرباء بالنسبة إلى استهلاك المعمل لعام 2008:

138.518.700/50.046.100= 36,13% من الاســـتهلاك الكلي للطاقة الكهربائية للمعمل.

- النسبة المئوية للهدر في الكهربـــاء إلـــى VA لعـــام 2008:(653.481.335/133.122.626) × 100= 20,37 % من VA.

وهي نسبة تعدُّ كبيرة أيضاً وتلي بأهميتها نسبة الهدر في الغاز الطبيعي وتعزز ضرورة توجيه صـــانعي القـــرار للتخطيط والعمل في منحى استرجاع الطاقة.

وبالرجوع إلى تقارير الميزانية الختامية للمعمل للأعوام 2008، 2009 وتقدير قيمة الهدر في الطاقة الكهربائيـــة توصلنا إلى النتائج المبيّنة في الجدول(3):

العام الإنتاجي	استهلاك الطاقة الكهربائية (كيلو واط ساعي)	إنتاج الاسمنت (طن/السنة)	معدل الاستهلاك (كيلو واط ساعي/طن)	كمية الهدر (كيلو واط ساعي)	سعر الوحدة (س/كيلو واط ساعي)	القيمة المضافة (س)	قيمة الهدر فى الكهرباء (س/السنة)	نسبة الهدر إلى القيمة المضافة (%)
2008	138.518.700	769.940	180	50.046.100	2,66	653.481.335	133.122.626	%20,37
2009	127.432.970	657.280	187	49.041.792	4,96	648.393.503	243.247.288	%37,52

الجدول (3) مقدار الهدر في الطاقة الكهربائية بمعمل عدرا للاسمنت في الأعوام 2008، 2009

هذا ويعزى انخفاض الاستهلاك الكلي للمعمل من الطاقـــة الكهربائية لعام 2009 إلى وجود توقفات في الأفران إلا أننا نلاحظ ارتفاع معدل الاستهلاك لوحدة المنتج من الاســـمنت من 180 إلى 187 كيلو واط ساعي فضلاً عن ارتفاع سعر الكيلو واط الساعي وبالنتيجة ارتفاع قيمة الهـــدر بمقـــدار 110.124.662 ل س عن العام 2008. ونلاحظ مما سبق أن مجموع الهدر في الطاقة (الكهرباء والغاز الطبيعـــي) لعام 2009 تشكل نحو 67,88% من VA.

2-3-2-1-2 نتائج دراسة الأقسام الرئيسية ذات الأولوية باستهلاك الطاقة الكهربائية:

تبيّن بالمناقشة مع رئيس قسم محطات التحويل الكهربائية والمدير الإنتاجي السابق أن مطاحن الاسمنت ومطـــاحن المواد الأولية وأنظمة تغذية الأفـــران المعتمـــدة علـــى ضواغط الهواء تشكل ما لا يقل عن 86% من الاستهلاك الزائد بالطاقة الكهربائية (علماً بأنه لا تتـــوافر عـــدادات فرعية لكل قسم وحده).

وفقاً لما ورد في تقرير الميزانية لعام 2008 وبالنقاش مـــع المدير الإنتاجي السابق وجد أن استهلاك الكهرباء يـــوزع فعلياً بالشكل الآتي: 2% لقسم الكسارات، 0,6% للمجففات، 26% لمطـــاحن المـــواد الأوليـــة 10% للأفـــران، 30% لمطاحن الاسمنت، 8% للتعبئة، 22,4% للوحدات المساعدة (الضواغط) 0,8% للصيانة الميكانيكية، 0,2% للمرآب.

أولاً: دراسة الوفر الكهربائي النـــاتج عـــن التعـــدُّيلات اللازمة بمطحنة المواد الأولية:

إن هذه التعدُّيلات ستؤدي إلى رفـــع الطاقـــة الإنتاجيـــة الحالية من 80 طناً/الساعة إلى الطاقة الإنتاجية التـــصميمية 110 طن/الساعة من المواد الأولية المطحونة. ونظراً إلـــى أن الطاقة الإنتاجية الساعية[5]على مدار عام 2008:

للمطحنة الأولى 73,6 وللمطحنة الثانية 72,3 وللمطحنة الثالثة 93,7 طناً مواد أولية مطحونـــة/الـــساعة يكـــون وسطي الطاقة الإنتاجية لمطاحن المواد الأولية الثلاث 80 طناً مواد أولية مطحونة /الساعة تقريباً.

فتكون نسبة الزيادة في الطاقة الإنتاجية= (التغير في الطاقة الانتاجية/الطاقة الإنتاجية الحالية) × 100 =

%37,5 = 100×80/(80-110)

وهي تنعكس كوفر بالطاقة الكهربائية المستهلكة بمطاحن المواد الأولية (تخفيض الاستهلاك الكهربائي النوعي: كيلو واط ساعي/طن مواد أولية).

قيمة الوفر الكهربائي نتيجة التعدُّيلات على مطاحن المواد الأولية = نسبة الوفر الكهربائي بمطاحن المواد الأولية × نسبة استهلاك هذه المطاحن من الطاقة الكهربائية الإجمالية × الاستهلاك الكلي للمعمل من الطاقة الكهربائية =37,5%×26%×367.901.106

= 35.870.358 س

ثانياً: دراسة الوفر الكهربائي الناتج عن التعدُّيلات اللازمة بمطحنة الإسمنت:

إن هذه التعدُّيلات ستؤدي إلى رفع الطاقة الإنتاجية الحالية من 48 طن اسمنت/الساعة إلى الطاقة الإنتاجية التصميمية 70 طن اسمنت/الساعة. لأنَّ الطاقة الإنتاجية الساعية على مدار عام 2008 لمطاحن الاسمنت[5] هي: للمطحنة الأولى 47,9 وللمطحنة الثانية 47,6 وللمطحنة الثالثة 48,61 طن اسمنت/الساعة يكون وسطي الطاقة الإنتاجية لمطاحن الإسمنت الثلاث 48 طن/الساعة تقريباً.

فتكون نسبة الزيادة في الطاقة الإنتاجية = (التغير في الطاقة الانتاجية/الطاقة الإنتاجية الحالية) × 100 =

.%45,83 = 100×48/(48-70)

وهي تنعكس كوفر بالطاقة الكهربائية المستهلكة بمطاحن الإسمنت (تخفيض الاستهلاك الكهربائي النوعي: كيلو واط ساعي/طن اسمنت).

قيمة الوفر الكهربائي نتيجة التعدُّيلات على مطاحن الاسمنت = نسبة الوفر الكهربائي بمطاحن الاسمنت× نسبة استهلاك هذه المطاحن من الطاقة الكهربائية الإجمالية×الاستهلاك الكلي للمعمل من الطاقة الكهربائية

=45,83%×30%×367.901.106

=50.582.723 ل س.

ثالثاً: دراسة الوفر الكهربائي الناتج عن تعديل نظام تغذية الأفران أي تركيب نواقل دلوية (ميكانيكية) بعدرا الأول (خطا الإنتاج الأول والثاني)عوضاً عن النواقل المعتمدة على الهواء المضغوط:

فمطاحن المواد الأولية ستبلغ طاقتها التصميمية 110 طن مواد أولية مطحونة/الساعة بعد إجراء التعدُّيلات التي تلزمها. كما أنها ستعمل بعد التطوير 22 ساعة في اليوم و6 أيام في الأسبوع [7] أي 365-(7/365) = 312 يوماً تقريباً ومن ثمَّ سيكون الإنتاج السنوي 110×22×312=755.040 طناً/السنة للمطحنة الواحدة. ومن أجل مطحنتي المواد بعدرا الأول يكون الإنتاج السنوي= 1.510.080 طناً/السنة.

بناءً على نتائج المقارنة بين النواقل الحالية المعتمدة على الهواء المضغوط والنواقل الدلوية الميكانيكية في الدراسة الاستشارية لتطوير الخط الإنتاجي الثالث التي تبيّن أن التحول إلى النظام الميكانيكي سيوفر بالطاقة الكهربائية بمقدار 7 كيلوواط ساعي/طن مواد أولية. ومن ثمَّ فإن مقدار الوفر السنوي في الطاقة الكهربائية نتيجة هذا التعديل:

1.510.080× 7= 10.570.560 كيلو واط ساعي/السنة.

وكما ذكرنا أن سعر الكيلو واط الساعي من الكهرباء لعام 2008: 2,66 ل س [4]. إذاً تكون قيمة الوفر السنوي في الطاقة الكهربائية بعدرا الأول نتيجة تعديل نظام تغذية الأفران: 10.570.560×2,66=28.117.690 س

ومن هنا نستنتج:

- أن مقدار الهدر الناتج في مطاحن المواد الأولية ومطاحن الإسمنت في الخطوط الإنتاجية الثلاثة وأنظمة تغذية الأفران في عدرا الأول (خطا الإنتاج الأول والثاني) يساوي مجموع الوفورات السابقة أي:

=28.117.690+50.582.723+35.870.358

114.570.771 ل س

- نلاحظ أنها تشكل أكثر من 86% من الهدر الكلي

للشركة بما فيه الإنارة (133.122.626 .س) لذا توجه اهتمامنا نحو تعديل ما يلزم في هذه النقاط الثلاث بشكل خاص والبحث العلمي في المقترحات المناسبة والمجدية بيئياً واقتصادياً لاسترداد هذا الهدر.

2-2-3-2 تقدير كلفة التدابير العلاجية اللازمة للحد من الهدر في الطاقة الكهربائية في المعمل:

تم البحث مع رؤساء أقسام مطاحن المواد الأولية ومطاحن الاسمنت والأفران والمدير الإنتاجي والمدير الفني ومهندسين عاملين في خطوط الإنتاج عن التعدُّيلات اللازمة في هذه الأقسام للحد من هذا الهدر والاستفادة القصوى من الطاقة وقد توصنا إلى النتائج الآتية:

2-2-3-2-1 دراسة التعدُّيلات اللازمة بمطاحن المواد الأولية:

المعدات والتجهيزات اللازمة فى مطاحن المواد الأولية	المطحنة الأولى	المطحنة الثانية	المطحنة الثالثة
شحنة كرات الطحن والبلايط	بحاجة لاستبدال وقد وُرِّدَتْ ريد شحنة كرات الطحن والبلايط فيما يخص الخط الانتاجي الثالث دون أن تُرَكَّبُ		
الحاجز الوسطى بين الغرفتين	بُدِّلَ منذ نحو7 سنوات فلا حاجة لتبديله	جديد رُكِّبَ منذ أقل من سنة	توجد انسدادت كثيرة في ثقوب الشبك نتيجة رطوبة المواد (القطر التصميمي للثقوب 12 مم حاليا 2 مم والبلايط بحاجة لاستبدال
الفارزة الهوائية	قديمة منذ التأسيس وبحاجة لاستبدال		قديمة منذ التأسيس وبحاجة لاستبدال وقد جُلِبَتْ واحدة ولم تُرَكَّبْ
بواري سحب الغاز الساخن ضُمِّنَتْ فى إجراءات الحد من الهدر فى الغاز الطبيعي	مهترئة		
السحاب القماشى المستخدم لنقل المواد المطحونة لسيلو المزج لا تؤخذ بالحسبان لاقتراح تعديل نظام تغذية الأفران	بحاجة لاستبدال ويؤدي إلى توقفات في عمل المطاحن		
قبانات تغذية مطحنة المواد الأولية	جيدة جداً استُبدِلَتْ سابقاً		جُلِبَتْ قبانات جديدة ولم تُرَكَّبْ بعد

الجدول (4) التدابير العلاجية اللازمة لحفظ الطاقة الحرارية في مطاحن المواد الأولية في الخطوط الإنتاجية الثلاثة

*** تضم المقترحات المقدمة في الخطوط الإنتاجية الثلاثة بالنسبة إلى مطاحن المواد الأولية المبيّنة في الجدول (4) ما يأتي:**

- إكساء المطحنة بالكامل (طقم كامل مع ملحقاته لبلايط رأس المطحنة + طقم كامل مع ملحقاته لبلايط غرفة التجفيف + الحاجز ما بين غرفة التجفيف والغرفة الأولى كامل مع ملحقاته + طقم بلايط وشاسيه وملحقات الحاجز الوسطي+ طقم بلايط تبطين الغرفة الثانية + شحنة كرات كاملة لغرفتي المطحنة بوزن 120 طناً) مع لحظ أنه تم تركيب حاجز وسطي جديد لمطحنة المواد الأولية في الخط الإنتاجي الثاني كما ورد في الجدول(4). مما يحسن عملية طحن المواد الأولية ويوفر الزمن اللازم لطحن الطن، ومن ثمَّ يخفض من الاستهلاك الكهربائي.

- إعادة تأهيل الفارزة الهوائية (التي تقوم بفرز المواد الناعمة التي تنقل إلى سيلو المزج عن الخشنة التي تعود إلى الغرفة الثانية بالمطحنة) إذ إنَّها تسبب زيادة في الراجع من الناتج النهائي إلى غرفة الطحن الثانية نتيجة عدم فرزها بالشكل المطلوب ومن ثمَّ استهلاك طاقة أكثر لطحن المواد الراجعة.

تبديل **<u>قبانات تغذية مطاحن المواد الأولية في الخط الإنتاجي الثالث:</u>**

نظراً إلى قدمها وتراكم الأعطال فيها من ميكانيكية وكهربائية وغياب الوثوقية في عملها الأمر الذي ينعكس سلباً على عمل مطحنة المواد الأولية سواء بسبب التوقفات أو عدم تجانس المنتج من حيث نسب العناصر فيه، و هذا يؤدي إلى زيادة الاستهلاك من الطاقة الكهربائية لتأمين كميات إضافية من الهواء المضغوط عبر الضواغط و ذلك لتحقيق حدود دنيا من التجانس للمواد الأولية في سيلو المزج. و يضاف إلى ذلك أن تلقيم هذه المواد غير المتجانسة إلى الفرن يعرضه إلى مشكلات تشغيلية بحيث يتكرر سقوط الكمخة (بطانة الفرن التي تغطي الآجر من الداخل و المحيطة بمنطقة

الشعلة) في الفرن.

تقدير كلفة التدابير العلاجية بمطاحن المواد الأولية:

يبيّن الجدول (5) تكاليف التدابير العلاجية المقترحة التي تضمن استرجاع فاقد الطاقة الكهربائية بقسم مطاحن المواد الأولية بشكل دفعات سنوية وفق عمرها التصميمي.

الإجراءات اللازمة بمطاحن المواد الأولية	الخط الإنتاجي	الكلفة للخط الإنتاجي الواحد(ل س)	العمر التصميمي (سنة)	الدفعة السنوية (ل س)
إكساء مطحنة المواد الأولية	3	39.711.000	10 (تُبدَّلُ من خلال الصيانات الدورية السنوية)	3.971.100
إكساء مطحنة المواد بدون الحاجز الوسطي	2+1	39.711.000 - 8.450.484 = 31.260.520	10 (تُبدَّلُ من خلال الصيانات الدورية السنوية)	3.126.052
تعديل الفارزة الهوائية	3+2+1	24.839.000	30	827.967
قبانات تنسيب المواد الأولية	3	25.977.000	30	865.900

الجدول (5) كلفة التدابير العلاجية اللازمة لحفظ الطاقة الكهربائية بمطاحن المواد الأولية في الخطوط الإنتاجية الثلاثة

الدفعة السنوية الإجمالية =
3×827.967+ 2×3.126.052+ 1×3.971.100
+1×865.900= 13.573.005 .س

بالاعتماد على عقود من المديرية التجارية[9،11] وهي في معظمها لمعدات وتجهيزات رُكِّبَتْ حديثاً أو وُرِّدَتْ ولم تُرَكَّبْ بعد.

مع العلم أن التكاليف الواردة في الجدول (5) وضعت

المعدات والتجهيزات في اللازمة مطاحن الإسمنت	المطحنة الأولى	المطحنة الثانية	المطحنة الثالثة
البلايط	في الغرفة الأولى مقبولة في الغرفة الثانية قسم كبير منها مهترئ إذ إنَّها لا ترفع الكرات بشكل صحيح ولا تطحن جيداً وبرأي قسم مطاحن الإسمنت أن الغرفتين بحاجة لاستبدال		الغرفتان بحاجة لاستبدال
كرات الطحن	استُبدِلَتْ الشحنة منذ أقل من سنة فلا توجد حاجة للاستبدال	الغرفة الأولى فُرِّغَتِ الكرات من المطحنة وأُعيدَ تصنيفها فقط وهي بحاجة لاستبدال والغرفة الثانية 70% من الكرات بحاجة لاستبدال	يلزم شحنة كرات كاملة للغرفتين
نظام تغذية مطحنة الإسمنت	رُكِّبَ نظام تغذية جديد منذ أربع سنوات تقريباً		نظام قديم وبحاجة لاستبدال
الفارزة الهوائية	نظام قديم ذو فعالية منخفضة تؤدي لاستهلاك طاقة زائدة		
الحاجز الوسطي	حالته سيئة وحالياً جُلِبَ حاجز جديد	حالته سيئة وطُلِبَ حاجز جديد	حالته سيئة

الجدول (6) التدابير العلاجية اللازمة لحفظ الطاقة الكهربائية في مطاحن الاسمنت في الخطوط الإنتاجية الثلاثة

2-2-2-3-1 دراسة التعدُّيلات اللازمة بمطاحن الاسمنت:

- **تضم المقترحات المقدمة في الخطوط الإنتاجية الثلاثة بالنسبة إلى قسم مطحنة الاسمنت المبيّنة في الجدول (6):**

- إكساء المطحنة بطقم كامل لبلايط تبطين الغرفة الأولى والثانية + شحنة كرات كاملة لغرفتي المطحنة بوزن 166 طن (في الغرفة الأولى 56 طناً والغرفة الثانية 110 طناً) واستبدال الحاجز الوسطي الذي يفصل الغرفتين. مما يسهل عملية طحن الأسمنت ويوفر الزمن اللازم لطحن الطن ومن ثمَّ يخفض من استهلاك الطاقة الكهربائية.

- إعادة تأهيل الفارزة الهوائية (التي تقوم بفرز المواد الناعمة التي تنقل إلى سيلوات تخزين الاسمنت عن المواد الخشنة التي تعود إلى الغرفة الثانية بالمطحنة) إذ إنَّها تسبب زيادة في الراجع من الناتج النهائي إلى غرفة

الطحن الثانية نتيجة عدم فرزها بالشكل المطلوب ومن ثمَّ استهلاك طاقة أكثر لطحن الاسمنت الراجع.

- تعديل نظام تغذية مطاحن الاسمنت:

يعتمد نظام تغذية مطاحن الإسمنت الموجودة في الخط الإنتاجي الثالث بعدرا الثاني على تقديم الكلنكر عن طريق عربات يمكن فيها التحكم بكمية المواد عن طريق الغراف، وهذا النظام لا يلبي متطلبات تأمين استمرارية تغذية ثابتة لمطحنة الإسمنت بسبب الانقطاعات الجزئية في التغذية المتعلقة بمستوى مخزون مستودع الكلنكر. كما أن عربات التشغيل قد استهلكت من الناحية الفنية تماماً لهذا اقتُرِحَ تعديل نظام جديد لتغذية المطحنة (قبانات تغذية وسير ناقل مطاطي) بهدف تأمين استمرارية كاملة للمواد وإمكانية التحكم بخلطة مناسبة من كميات المواد المضافة (جص بوزولونا) من أجل تأمين الحصول على منتج بمواصفات جيدة. ومن ثمَّ زيادة في الإنتاج نتيجة رفع الطاقة الإنتاجية وهذا ينعكس بوفر في الطاقة الكهربائية فضلاً عن توفير كبير في مستلزمات الإنتاج ولاسيَّما بلايط جسم المطحنة إذ إنَّ استمرار التغذية في المطحنة وترابط عملها بنظام ترابط كامل مع القبانات لا يسمح بتصادم الكرات الطاحنة مع الجسم التي تؤدي إلى تشوه الكرات وتكسير البلايط بشكل مستمر. إن تعديل هذا النظام هو مشروع تطوير وتحديث لعمل المنشأة من أجل تأمين منتج بمواصفة عالية وتكاليف منخفضة.

تقدير كلفة الإجراءات العلاجية اللازمة بمطاحن الاسمنت لتخفيض الهدر في الطاقة الكهربائية:

بالرجوع إلى رئيس قسم المطاحن تبيّن ما يأتي:

أولاً: بما يخص إكساء المطحنة بالبلايط في الخطوط الإنتاجية الثلاثة:

تبيّن أن عدد البلايط في الغرفة الأولى: 570 بلاطة، وفي الغرفة الثانية:1368 بلاطة فضلاً عن 40 بصدر كل غرفة ومن ثمَّ أصبح المجموع:

570+1368+40×2= 2018 بلاطة.

مع العلم أن سعر البلاطة الواحدة: 8900 ل س[4] ومن ثمَّ تبلغ تكلفة البلايط للغرفتين:

2018×8900= 17.960.180 ل س

ثانياً: بما يخص إكساء المطحنة الثانية والثالثة بشحنة كاملة من الكرات:

تبيّن أن شحنة الكرات في الغرفة الأولى 56 طناً وفي الغرفة الثانية 110 طن فالمجموع 166 طناً للغرفتين. أمَّا سعر كغ من شحنة الكرات فهو: 49,46 ل س[4] أي سعر الطن: 49460 ل س.

ومن ثمَّ تبلغ تكلفة شحنة الكرات لمطحنة الاسمنت:

166×49460= 8.210.360 س

ثالثاً: نظام تغذية مطحنة الاسمنت في عدرا الثاني (الخط الإنتاجي الثالث):

تبيّن من عقد نظام تغذية مطحنة الاسمنت في عدرا الأول (لخطي إنتاج) الذي يتضمن قبانات التغذية (شركة بفستر الألمانية) وسير ناقل مطاطي (شركة دوساتيك السويسرية) التي رُكِّبَتْ عام 2005 أن قيمة العقد هي: 24.653.167 ل س[10]. وبالنقاش مع المدير المالي والمدير التجاري تبيّن أن كلفة نظام تغذية مطحنة الاسمنت في عدرا الثاني (الخط الإنتاجي الثالث) تقدر حالياً بنحو: 20.500.000 س .

رابعاً: الفارزة الهوائية لزوم مطاحن الاسمنت في الخطوط الإنتاجية الثلاثة:

نظراً إلى أنها تماثل الموجودة في مطحنة المواد الأولية لذا اقتُرِحَ اعتماد قيمة عقد الفارزة الهوائية التي وُرِّدَتْ إلى مطحنة المواد الأولية في الخط الإنتاجي الثالث ولم تركب بعد وهي 24.839.000 س.

خامساً: الحاجز الوسطي لزوم مطاحن الاسمنت في الخطوط الإنتاجية الثلاثة:

بالرجوع إلى العقد بخصوص الحاجز الوسطي الذي وُرِّدَ عام 2009 نجد أن قيمته: 14.098.500 ل س.

نتائج تقدير تكاليف الإجراءات العلاجية اللازمة بمطاحن الاسمنت للخطوط الإنتاجية الثلاثة لتخفيض الهدر في الطاقة الكهربائية:

يبيّن الجدول (7) تكاليف التدابير العلاجية المقترحة لاسترجاع فاقد الطاقة الكهربائية بمطاحن الاسمنت بشكل دفعات سنوية وفق عمرها التصميمي.

الإجراءات اللازمة بمطاحن الاسمنت	الخط الإنتاجي	الكلفة للخط الإنتاجي الواحد (ل س)	العمر التصميمي (سنة)	الدفعة السنوية (ل س)
إكساء غرفتي المطحنة بالبلايط	3+2+1	17.960.180	10	1.796.018
شحنة كرات	3+2	8.210.360	10	821.036
نظام تغذية مطحنة الإسمنت	3	20.500.000	30	683.333
الفارزة الهوائية	3+2+1	24.839.000	30	827.967
الحاجز الوسطي	3+2+1	14.098.500	30	469.950

الجدول (7) كلفة التدابير العلاجية اللازمة لحفظ الطاقة الكهربائية بمطاحن الاسمنت في الخطوط الإنتاجية الثلاثة

الدفعة السنوية الإجمالية:

1×683.333+2×821.036+3×1.796.018+

3×469.950+3×827.967= 11.607.210 ل س

3-2-2-3 تعديل نظام تغذية الأفران بعدرا الأول:

يوجد في الشركة 9 ضواغط هواء:

6 ضواغط في عدرا الأول (خطا الإنتاج الأول والثاني) وهي تقسم إلى:

3 ضواغط غزارة 10.000 م^3/الساعة، بمحرك ذي توتر 6 كيلو فولط، استطاعة 1120 كيلو واط، ضغط 6 بار.

3 ضواغط غزارة 7.000 م^3/الساعة، بمحرك ذو توتر 6 كيلو فولط، استطاعة 720 كيلو واط، ضغط 3 بار.

وذلك لتأمين الكمية اللازمة من الهواء المضغوط التي تقدر بـ 35700 م^3/الساعة لـ:

- مضخات تغذية الأفران وهما اثنتان وتحتاج كل واحدة إلى 7000 م^3/الساعة أي بمعدل 14000 م^3/الساعة.
- سيلوات المزج والتفريغ وتحتاج إلى 5600 م^3/الساعة لكل سيلو وفي حال عملهما مع بعضهما إلى 11200 م^3/الساعة.
- المسخن ويحتاج إلى 1500 م^3/الساعة.
- التعبئة وتحتاج إلى 6000 م^3/الساعة.
- مضخات الفلتر الكهربائي الحلزونية وتحتاج إلى 3000 م^3/الساعة.

حالياً يضطر المعمل غالباً إلى تشغيل 5 ضواغط وواحد احتياطي (خارج الخدمة) لتأمين كمية الهواء المضغوط وتعدُّ هذه الضواغط قديمة منذ بدء استثمار المعمل لذا فهي لا تعمل بكامل مردودها التصميمي. ومن ثمَّ تكون الاستطاعة الإجمالية 4800 كيلو واط (لأنَّ الاحتياطي المفكوك هو من الضواغط الصغيرة ذات الاستطاعة 720 كيلو واط) وهذا يعدُّ استهلاكاً كبيراً في الطاقة.

*** دراسة الجدوى الاقتصادية لمقترحات تخفيض استهلاك الطاقة بضواغط عدرا الأول:**

1 - استبدال الضواغط الحالية بضاغطين توربينين حديثين بغزارة 16.000 م^3/الساعة للضاغط الواحد أي بمحرك ذي توتر 6 كيلو فولط، واستطاعة 1120 كيلو واط، وضغط 3,5 بار.

فتكون الاستطاعة الإجمالية 1120×2=2240 كيلو واط.

تبلغ كلفة الضاغط التوربيني نحو 40.000.000 س.

وعندئذٍ يمكننا تشغيل ضاغط صغير من الضواغط الموجودة في المعمل لتأمين إجمالي كمية الهواء المضغوط اللازم لعدرا الأول (35700 م^3/الساعة).

إذاً الاستطاعة الإجمالية للاقتراح الأول:

2240+720= 2960 كيلو واط.

2 - تعديل نظام تغذية الأفران بالتحول لنواقل دلوية (ميكانيكية):

يوفر هذا التعديل الطاقة الكهربائية المستخدمة من أجل:

* نواقل المواد الأولية من مطحنة المواد (الخارجة من الفارزة الهوائية) أو الراجعة من الفلتر الكهربائي إلى سيلوات المزج.

* نواقل المواد الأولية من سيلوات التخزين إلى المرحلة الأولى من المسخن الأولي من قسم الأفران.

إن النواقل الحالية معتمدة على الهواء المضغوط لذا اقتُرِحَ تبديلها إلى نواقل دلوية ميكانيكية ومن ثمَّ الاستغناء عن المضخات الحلزونية والضواغط والاستهلاك النوعي سينخفض من 9,6 إلى 2,6 كيلو واط ساعي/طن مواد أولية ومن ثمَّ يقدر الوفر بـ 7 كيلو واط ساعي/طن مواد أولية[7].

- وعندئذٍ يمكن تشغيل ضاغطين من الضواغط الصغيرة الموجودة لتأمين كمية الهواء اللازمة لمضخات الفلتر الكهربائي الحلزونية والمسخن والتعبئة والمقدرة بـ:10.500 م^3/الساعة وتقدر الاستطاعة الإجمالية لهما بـ: 720×2= 1440 كيلو واط.

الاستطاعة الإجمالية للنواقل الميكانيكية تقدر بـ 109,4 (للنواقل من مطحنة المواد إلى سيلو المزج)+ 123,8 (للنواقل من السيلو إلى المسخن) = 233,2 كيلو واط لكل خط إنتاجي[7].

الاستطاعة الإجمالية للنواقل الميكانيكية لخطي الإنتاج الأول والثاني بعدرا الأول: 233,2×2 = 466,4 كيلو واط.

إذاً الاستطاعة الإجمالية للاقتراح الثاني:

466,4+ 1440=1906,4كيلو واط.

- الفرق في الاستطاعة الإجمالية بين الاقتراحين: 2960- 1906,4 = 1053,6 كيلو واط لذا يفضل الاقتراح الثاني كونه يؤمن وفراً أكثر في الطاقة الكهربائية.

تقدر كلفة أنظمة تغذية الأفران بعدرا الأول (النواقل الدلوية الميكانيكية): 74.304.000 ل س[11] مع العلم أنه وُرِّدَتْ ورُكِّبَتْ ولكن لم تُشغَّلْ حتى الآن ويبلغ عمرها التصميمي 30 سنة أي الدفعة السنوية=2.476.800 س

أمَّا في عدرا الثاني (خط الإنتاج الثالث) فيوجد 3 ضواغط:

* غزارة 7000 م^3/الساعة بمحرك ذي توتر 6 كيلو فولط واستطاعة 630 كيلو واط وضغط 3 بار. لتأمين الكمية اللازمة من الهواء المضغوط التي تقدر بـ 14100 م^3/الساعة وذلك لـ :

* المضخة الحلزونية لتغذية الفرن وتحتاج إلى 7000 م^3/الساعة.

* سيلو المزج والتفريغ وتحتاج إلى 5600 م^3/الساعة.

* المسخن 1500 م^3/الساعة.

حالياً يُشَغَّلُ ضاغطان وواحد احتياطي (قديم بحاجة لاستبدال) لتأمين كمية الهواء المضغوط اللازمة، حيث تم التحفظ على النواقل القديمة نفسها وتوريد ضاغطين حديثين في عام 2006 و2008 عوضاً عن الضاغطين القديمين ذوي المردود الضعيف. والضواغط الحديثة هي ضواغط حلزونية يؤمن كل منها كمية هواء 7000 م^3/الساعة هواءً مضغوطاً وذات محرك بتوتر كهربائي 6 كيلو فولط وباستطاعة 350 كيلو واط وضغط 3,25 بار. تعدُّ هذه الضواغط الحديثة أقل استهلاكاً بكمية الزيت وقطع التبديل والطاقة الكهربائية مقارنة بالضواغط القديمة. وقد بلغت كلفة الضاغط الواحد نحو 10.000.000 س.

مما سبق نجد أن كلفة التدابير العلاجية اللازمة (RC) للحد من الهدر باستخدام الكهرباء (الدفعة السنوية الإجمالية) في مطاحن المواد الأولية ومطاحن الاسمنت في الخطوط الانتاجية الثلاثة وأنظمة تغذية الأفران بعدرا الأول (خطا الإنتاج الأول والثاني) هي:

=2.476.800 +11.607.210 +13.573.005

27.657.015 س

و كنسبة من القيمة المضافة إلى المعمل في عام 2008= (653.481.335/27.657.015)×100 =4,23% من VA

ولا بدَّ هنا من التأكيد أن هذه المقترحات الموضوعة بغرض تحقيق الوفر في الطاقة الكهربائية اللازمة ستثمر أيضاً عن نتائج مهمة تعزز قيمة المنفعة الاقتصادية الإجمالية الناتجة عنها وهي:

- الوصول إلى زيادة في الطاقة الإنتاجية.
- خفض استهلاك القطع التبديلية.
- ضمان تأمين مخزون ثابت من المواد المطحونة في سيلوات التخزين بوفرة كافية وبمواصفات جيدة.

2 -3 -2- 3 نسبة المنافع إلى التكاليف في مجال الهدر في الطاقة الكهربائية:

إن الهدر الناتج عن مطاحن المواد الأولية ومطاحن الإسمنت (بعدرا الأول والثاني) وتعديل أنظمة تغذية الأفران (بعدرا الأول): 114.570.771 ل س وهي تشكل من إجمالي استهلاك المعمل (367.901.106 .س): 31,14 % وكنسبة من VA للمعمل: 17,53%.

وبالنتيجة: المنافع/التكاليف= 4,23/17,53 =4,14.

2 -3 -3 دراسة المؤشر البيئي الاقتصادي للطاقة (الغاز الطبيعي والكهرباء) للمعمل:

- إن مقدار الهدر في الطاقة (الغاز الطبيعي والكهرباء) بمعمل اسمنت عدرا لعام 2008 وصل إلى:

200.063.492+114.570.771=314.634.263 ل س

- نسبة الهدر في الطاقة (الغاز الطبيعي والكهرباء) إلى VA: 30,62% +17,53% = 48,15%

و فيما لو أخذ إجمالي الهدر الحاصل في الطاقة الكهربائية في المعمل لأصبح إجمالي الهدر في الطاقة:

30,62% + 20,37%=50,99% من VA.

و كما ذكرنا أن إجمالي الهدر في الطاقة لعام 2009:

67,88% من VA.

إن هذا الضياع في الطاقة الحرارية والكهربائية يجب النظر إليه ليس من الناحية الاقتصادية فحسب وإنما من الناحية البيئية أيضاً، فهذه الطاقة مستخرجة من موارد محدودة تستغرق الطبيعية مدة من الزمن لإنتاجها وإذا استمر الإنسان بالتصرف اللاعقلاني باستخدامها، فستصبح نادرة وتحتم عليه البحث عن فرص بديلة قد تشبع بعض احتياجاته (ويمكن أن نكون بحاجة لمزيد من المال والجهد للوصول إلى الغاية المنشودة) إلا أنها لا تغني كلياً عن استخدامها في مجالات اقتصادية معينة. وهنا نقول: إنَّه من وجهة نظر بيئية اقتصادية لا بدَّ من البحث في سبل ترشيد استخدام الطاقة في القطاعات الصناعية المستنزفة للطاقة جميعها والتفكير في البدائل المتوافرة (إمكانية اعتماد الطاقات المتجددة) قبل الوصول إلى مرحلة دق ناقوس الخطر. والسؤال هنا: كم ستبلغ كلفة استنزاف الموارد الطبيعية بمعمل عدرا للاسمنت فيما لو أضيفت إليها كلفة الهدر في المواد الأولية المنطلقة من الفلاتر الكهربائية وكلفة التدهور البيئي الناتجة عن تلوث الهواء بما يسببه مثلاً من تدهور صحي نتيجة الأمراض المزمنة وأثرها في التربة والنبات وكذلك الضرر البيئي الناتج عن استنزاف المياه الجوفية وعدم الكفاءة في استخدام المياه وما ينتج عن الضجيج من قلق وإزعاج ومخلفات الصناعة المرمية في العراء دون جدوى، هل تتجاوز حينها القيمة المضافة إلى المعمل ويخسر المعمل من وجهة نظر بيئية اقتصادية؟ إن الارتفاع في نسبة الهدر في الطاقة من 50,99 % من VA لعام 2008 إلى 60% من VA لعام 2009 قد تسعف في تحديد منحى الإجابة فيما يتعلق بالنسبة المئوية المتبقية من VA .

- نسبة تكاليف التدابير العلاجية في الطاقة إلى VA:

1,6% +4,14 %=5,74%

- ومن ثمَّ نسبة المنافع إلى التكاليف:

المنافع/التكاليف = 5,74/48,15= 8,39

أي إنَّ كل ليرة سورية سندفعها لاسترجاع الهدر في الطاقة (الغاز الطبيعي والكهرباء) ستجنب دفع 8,39 ليرة سورية أو بمعنى آخر إن كل ليرة سورية ستدفع ستعود بمنفعة لا تقل عن 8 أضعاف.

3 - الأثر البيئي لإجراءات حفظ الطاقة المقترحة:

فضلاً عن حماية الموارد الطبيعية من الاستنزاف فإن تطبيق إجراءات حفظ الطاقة سيخفف أيضاً من الانبعاثات الغازية الناتجة عن حرق الوقود اللازم لتوليد الطاقة إذ إنَّ:

* هذا التوفير في الطاقة الحرارية للوقود يؤدي إلى تخفيض انطلاق CO2 وكذلك خفض انبعاثات غازات أكاسيد الكبريت والآزوت الناتجة عن حرق الوقود والأبخرة وغاز CO.

* من الواضح أن التوفير في الطاقة الكهربائية يؤدي إلى التوفير في الطاقة اللازمة لتوليدها (في حال الغاز الطبيعي والفيول) أي تخفيض توليد الطاقة غير الكفء من ناحية تحويل الطاقة إلى قدرة كهربائية.

3-1 آلية تقدير الانبعاثات الناتجة عن حرق الفيول الثقيل والغاز الطبيعي:

- كمية الغاز المنبعث من حرق الوقود = كمية الوقود المستهلك × القيمة الحرارية للوقود السوري × معامل انبعاث الغازات في محطات توليد الطاقة. (*)

يبيّن الجدول (8) المواصفات السورية للوقود السوري - سادكوب:

نوع الوقود	القيمة الحرارية للوقود السوري	الوحدة
الغاز الطبيعي	37,7	تيرا جول /$10^6 م^3$ نظامي
الفيول الثقيل	40,2	تيرا جول /10^3 طن
الديزل	42,7	تيرا جول /10^3 طن

الجدول (8) القيمة الحرارية للوقود السوري

- يبيّن الجدول (9) معامل انبعاث الغازات في محطات توليد الطاقة:

الغاز المنبعث من حرق الوقود	الفيول الثقيل	الغاز الطبيعي
	معامل الانبعاث (كغ/ تيرا جول)	
CO	195	45
NOX	900	110
N2O	3,5	1,5
CH4	3,7	0,5
CO2	79500	56000

الجدول (9) معامل انبعاث الغازات في محطات توليد الطاقة

أما بالنسبة إلى غاز ثاني أكسيد الكبريت الناتج عن حرق الفيول فيقدر كما يأتي: إن الفيول يحتوي على كبريت بنسبة 5%. ولحساب كمية غاز SO_2 الناتجة عن حرق طن فيول لدينا: كل 100 طن فيول فيها 5 طن كبريت، أي إنَّ كل 1 طن فيول فيها 0,05 طن كبريت.

$$\begin{cases} S + O2 & \longrightarrow & SO_2 \\ 32غ & & 64غ \\ 0,05\ طن & & 0,1\ طن \end{cases}$$

إذاً 1 طن من الفيول تعطي 0,1 طناً من غاز SO_2

- ومن المعلوم أنه عند توليد الطاقة الكهربائية (وفق بيانات وزارة الكهرباء المؤسسة العامة لتوليد الطاقة الكهربائية):

من الفيول:

كل 250غ فيول تولد 1 كيلو واط ساعي.

من الغاز الطبيعي:

كل 0,260 $م^3$ غازاً طبيعياً تولد 1 كيلو واط ساعي.

3-2 نتائج تقدير التخفيف في الانبعاثات الغازية الناتجة عن حرق الفيول الثقيل والغاز الطبيعي لتوليد الطاقة الكهربائية والغاز الطبيعي المستخدم لتوليد الطاقة الحرارية للأفران:

1. بتطبيق إجراءات حفظ الطاقة الحرارية نوفر 18.023.738 $م^3$ من الغاز الطبيعي.
2. بتطبيق إجراءات حفظ الطاقة الكهربائية نوفر 43.071.718 كيلو واط ساعي (وهي تمثل 86% من إجمالي الهدر في الطاقة الكهربائية التي تساوي 50.046.100 كيلو واط ساعي).

وحسب ما سبق:

أ. نحتاج إلى 0,260 م^3 غازاً طبيعياً لتوليد كيلو واط ساعي ومن ثمَّ لتوليد مقدار ما يهدر من الطاقة الكهربائية نحرق 11.198.647 م^3 غاز طبيعي.

ب. نحتاج إلى 250غ فيول لتوليد كيلو واط ساعي ومن ثمَّ لتوليد مقدار ما يهدر من الطاقة الكهربائية يتم حرق 10.767.930 طن.

بالاعتماد على العلاقة (*) والنتائج الواردة أعلاه و الجدولين (8) و(9) نصل إلى نتائج حساب مقدار التخفيف من الانبعاثات الغازية الناتجة من حرق الوقود لتوليد الطاقة المبيّنة في الجدول (10):

الغاز الناتج عن حرق الوقود	توليد الطاقة الحرارية	توليد الطاقة الكهربائية	
	الغاز الطبيعي	الغاز الطبيعي	الفيول
	مقدار التخفيف من الانبعاثات الغازية (طن)		
CO	30,577	18,999	84,410
NOX	74,744	46,441	389,584
N2O	1,019	0,633	1,515
CH4	0,34	0,211	1,602
CO2	38051,716	23642,584	34413,228
SO2			1076,793

الجدول (10) مقدار التخفيف من الانبعاثات الغازية نتيجة التوفير في الطاقة المستخدمة (الحرارية والكهربائية)

4 - النتائج والتوصيات:

أثمرت هذه الدراسة البحثية أخيراً وبالتعاون مع القسم الفني والإنتاجي في المعمل عن مجموعة من الإجراءات الإدارية والفنية والبيئية التي من شأنها الحد من الهدر في الطاقة (الكهربائية و الحرارية):

أ- الإجراءات اللازمة لاسترجاع الهدر في الغاز الطبيعي:

- في الخطوط الإنتاجية الثلاثة:
  - تركيب كتامات مدخل الفرن ومخرجه.
  - تعديل المسخنات الأولية وتجديد بطانتها.
  - تعديل مروحة الغاز الساخن.
  - استبدال بوري شفط الغاز الساخن الذي له دور في التخفيف من الهدر الحاصل في الطاقة الكهربائية بالنسبة إلى مطحنة المواد الأولية.
  - استبدال حراق الفرن.
  - ضرورة و أهمية تقديم وجبة مواد أولية متجانسة ومناسبة تكون سهلة الحرق وغير مستهلكة للطاقة الحرارية وتعطي مواصفات جيدة بعد الحرق والطحن.

ب - الإجراءات اللازمة لاسترجاع الهدر في الطاقة الكهربائية:

- في مطاحن المواد الأولية:
  - إكساء كامل للمطحنة بشحنة كرات وبلايط في الخطوط الإنتاجية الثلاثة.
  - تركيب حاجز وسطي للمطحنة في خطي الإنتاج الأو والثالث.
  - الإسراع في تركيب وتشغيل قبانات التغذية للمطحنة التي وُرِّدَتْ للخط الإنتاجي الثالث.
  - تعديل الفارزة الهوائية في خطي الإنتاج الأول والثاني والإسراع في تركيب الفارزة الهوائية التي وُرِّدَتْ للخط الإنتاجي الثالث.
- في مطاحن الاسمنت:
  - إكساء غرفتي المطحنة في الخط الإنتاجي الثاني والثالث.
  - تركيب حاجز وسطي للمطحنة في الخطوط الإنتاجية الثلاثة.
  - شحنة كرات لزوم المطحنة في الخط الإنتاجي الثالث.
  - استبدال نظام تغذية المطحنة في الخط الإنتاجي الثالث.
  - تعديل الفارزة الهوائية في الخطوط الإنتاجية الثلاثة.
- في أنظمة تغذية الأفران بعدرا الأول (خطا الإنتاج

الأول والثاني):

- الإسراع في العمل على تشغيل النواقل الدلوية الميكانيكية التي ورِّدَتْ ورُكِّبَتْ.

يضاف إلى ما سبق باقة من التوصيات متمثلة بمجموعة من الإجراءات الإدارية والفنية والبيئية التي لا بدَّ أن تترافق مع الإجراءات العلاجية الفعالة السابقة لضمان الاستخدام الكفء للطاقة و تحسين مردود العمل:

1. إعادة إحياء مركز التدريب والتأهيل المتوافر في المعمل لتدريب وتأهيل العاملين الفنيين والإنتاجيين وفق اختصاصاتهم على مختلف مراحل الإنتاج. وتعدُّ هذه من النقاط المهمة الواجب التركيز عليها لأنها السبب الرئيسي في كثير من المشكلات القائمة ضمن المعمل.
2. يجب القيام بأرشفة الآلات والتجهيزات كلّها بالشركة تبيّن تاريخ الصيانات والقطع التي استُبدِلَتْ، فضلاً عن العمل على استقراء الأعطال المتكررة لبيان سببها ومعالجتها.
3. إجراء الصيانات الوقائية بشكل دوري وتنظيم الصيانات اللازمة بشكل علمي وإعدادها قبل توقف الأفران والمطاحن. وتوفير قطع التبديل وأدوات الصيانة وبالمواصفات الجيدة في الوقت المناسب من خلال توفير الاحتياطي منها بشكل دائم.
4. عدم التهاون في متابعة تبديل الزيوت والشحوم للآلات وفق المعايير الخاصة بكل آلة.
5. ضرورة تركيب عدادات كهرباء فرعية للتمكن من معرفة الاستهلاك الكهربائي النوعي لكل قسم بكل خط إنتاجي ومتابعة قراءتها باستمرار لتحديد الهدر الحاصل في الطاقة الكهربائية ومعالجته في الوقت المناسب، ووضع العقوبات للأقسام المتهاونة في معالجة الهدر على طول خط الإنتاج.
6. السعي في النشاطات الصناعية عموماً للاستفادة - قدر الإمكان - من التجارب في مجال الطاقات المتجددة في توليد الطاقة الكهربائية والحرارية لتخفيف الحمل عن الوقود الأحفوري.
7. الالتزام بتبني سياسات الإنتاج النظيف ومناهجه في العملية الصناعية بمختلف القطاعات الاقتصادية.

الخاتمة:

إن ثمار هذا البحث هي لمعمل واحد فماذا لو عممت هذه الدراسة البحثية على معامل الاسمنت كلّها في سورية ما كمية الطاقة الكهربائية والغاز الطبيعي التي سنوفرها ونحن بأشد الحاجة إليها اليوم؟ ولاسيَّما مع التوجه الحالي نحو الطاقات المتجددة خوفاً على مصادر الوقود الأحفوري التي تستنزف بشدة وتستنجد بمن يسعى بترشيد استخدامها ويسمع نداء هدرها. وكم طن من الانبعاثات الغازية الملوثة ستمنع من الوصول إلى البيئة المحيطة لتحفظ البيئة من التدهور وتنقذ حياة أشخاص هم ضحايا هذا التلوث.

المراجع

1- Daguet,S.,Maradan,D.,Matton,F.,(2008). Theoretical and Practical Guide Book of MESO Analysis.ecosys,Geneve.

2- Maradan,D.,(2008).Meso–Economic Analysis: Methodological Guide. Ecosys, Geneve.

3 - تقرير الإستراتيجية الوطنية الإطارية للتنمية المستدامة في سورية لعام 2010، وزارة الدولة لشؤون البيئة.

4 - تقرير الميزانية العمومية والحسابات الختامية للدورة المالية لعام 2008 شركة عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء.

5 - التقرير الإنتاجي لمعمل عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء لعام 2008 - مديرية الإنتاج.

6 - التقرير العام للخطة الاستثمارية لشركة عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء لعام 2008 - مديرية التخطيط والإحصاء.

7 - الدراسة الاستشارية النمساوية لتطوير خط الإنتاج الثالث بعدرا الثاني.

8 - عقد لتنفيذ أعمال استبدال أنبوب سحب الغازات الساخنة مع مؤسسة تنفيذ الإنشاءات العسكرية - الفرع الصناعي بتاريخ 2003/1/30 - المديرية التجارية - شركة عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء.

9 - عقد لتوريد حاجز وسطي لزوم مطحنة الاسمنت في الخط الإنتاجي الأول 2009/6/22 - المديرية التجارية - شركة عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء.

10 - عقد تطوير نظام تغذية مطاحن الاسمنت في عدرا الأول 2002/4/30 - المديرية التجارية - شركة عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء.

11 - لائحة المعدات والتجهيزات المستوردة من قبل شركة اسمنت عدرا والموجودة حالياً في الشركة للتطوير وغير المركبة وقيمتها الإفرادية والإجمالية - عقد بتاريخ 2009/12/3 - المديرية التجارية - شركة عدرا لصناعة الاسمنت ومواد البناء.

12 - النيش، ن. (1999). تكاليف التدهور البيئي وشح الموارد الطبيعية: بين النظرية وقابلية التطبيق في الدول العربية. المعهد العربي للتخطيط، الكويت.

13-http://www.globeline.ro: ملوثات الهواء لمعامل الاسمنت و طرق معالجتها

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2010/10/21.