



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0261

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: May 2011  
Accepted: October 2011  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2010 www.newwsa.com

**Ahmet Celal Apay**

**Ömer Özkan**

**Cemal Yılmaz**

Sakarya University  
aapay@sakarya.edu.tr  
Sakarya-Turkey

**ALTERNATİF YAKIT ÜRÜNLERİNİN KLİNKER ÜRETİMİNDE KULLANIMINA BİR ÖRNEK:  
AKÇANSA BÜYÜKÇEKMECE ÇİMENTO FABRİKASI**

**ÖZET**

Alternatif yakıtların, klinker üretiminde yakıt olarak kullanılması, atıklarda azami seviyede enerji teminine ve fosil yakıtların daha az kullanımına imkân vermektedir. Atıkların içindeki organik unsurlar çimento fırınındaki yüksek ısı, uzun işlem süresi ve oksitleyici ortam nedeniyle tamamen ortadan kalkarlar. Bu teknik sayesinde yakılan atıkların içindeki inorganik maddeler, hammaddenin yerini alarak çimentonun bir parçası olma niteliğini kazanmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye’de kullanılan atıkların çimento fabrikalarında kullanımı ve tarihsel süreci incelenmiştir. Akçansa Büyükçekmece Çimento Fabrikası örneği verilerek, fabrikanın kullandığı atık türlerinin kimyasal analizleri yapılmıştır. Kullanılan atıkların klinker içindeki etkileri vurgulanarak, fabrikanın sürdürülebilirlik çalışmaları ve atıkların kullanımı ile ilgili öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Klinker, Çimento, Alternatif Yakıtlar,  
Alternatif Hammaddeler, Atık

**AN EXAMPLE OF ALTERNATIVE FUEL USE IN PRODUCING CLINKER PRODUCTS:  
AKCANSA BUYUKCEKMECE CEMENT PLANT**

**ABSTRACT**

The use of alternative fuels in the production of clinker, allows maximum level of energy supply and less use of fossil fuel. Organic components of waste products disappear completely because of the high-temperature in the furnace cement, oxidizing atmosphere and long processing time. By means of this technique, the inorganic substances that was burned in waste products, acquires being a part of qualification of cement by replacing raw material. In this study, the use of waste products that is used in cement factories in Turkey and its historical process is explored. By giving the example Akcansa Buyukcekmece Cement Factory, the chemical analysis of waste species that factory used was carried out.

**Keywords:** Clinker, Cement, Alternative Fuels,  
Alternative Raw Materials, Waste

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnşaat sanayisi, insanlığın uygarlık macerasında kritik bir role ve itici bir güce sahiptir. Bir yandan yapı ihtiyacı karşılanırken, diğer taraftan küresel ısınma, enerji verimliliği, temiz çevre ve insan sağlığının korunması gibi temel konular ön plana çıkmaktadır [1]. İnsanların yaptıkları her türlü faaliyet sonucu ortaya çıkan atıkların miktar ve özellikleri, nüfus artışı ve beraberindeki aktivitelerle birlikte hızla artmaktadır [2]. Artan nüfus, kentleşme ve sanayileşmeye paralel olarak, oluşan katı atık miktarı da hızla artmakta ve kentler için giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir [3]. Günümüz sanayileşmiş toplumlarında, çevreyi tehlikeli atık oluşumu ve bertarafı sonucu ortaya çıkabilecek olumsuz etkilerden korumak, başlıca ilgi odaklarından biridir. Son yıllarda, atık bertarafı için yeni alternatifler bulmak kaçınılmaz olmuştur. Zira, düzenli depolama azlığı ve sızma gibi problemler doğurması, yakma teknolojisinin ise pahalı önlemler ve emisyon problemi oluşturması sebebiyle, dezavantajlara sahip yöntemlerdir [4].

Alternatif yakıt olarak atıkları, çimento pişirme prosesinde kullanma eğilimi giderek yaygınlaşmaktadır. Bu nedenle, fırın girişinden ikincil yakıt verme çalışmaları hız kazanmıştır. Bu arada, son zamanlarda atık madde miktarlarının devamlı olarak artması, depolama veya yakma yolu ile bertaraf etme seçeneklerinin düşünülmesine yol açmıştır. Bu atık maddeleri depolamak çok zor ve sorunlu olduğundan, bunları mümkün olduğu kadar yakarak bertaraf etmek en uygun ve verimli işlem olarak akla gelmektedir. Bu açıdan, çimento sanayi kollarının atıkların bertaraf edilmesi konusunda, önemli rol oynamaktadır [2].

Çimento sektörü, atık sorununda %100'e varan bir verim sağlamaktadır. Çünkü yakılamayan inorganik atıklar ürün içinde kalmakta ve yeni bir sorun ortaya çıkmamaktadır. Yakma tesislerinde ise atıkların ancak %60-80'i giderilebilmekte, geri kalanı depo alanlarına gönderilmektedir. Çimento sanayinin, çeşitli katı atıkları alternatif yakıt olarak kullanması bir yandan fosil yakıtlardan tasarruf sağlarken, bir yandan da atıkların değerlendirilmesi ve çevrenin korunması yoluyla ulusal atık sorununa katkıda bulunabilme imkânını sağlamaktadır [2].

Atıkların çimento fabrikalarında, enerji üretiminde kullanılması sonucu yan ürünler ortaya çıkmaktadır. Çimento fabrikalarında, yanmadan sonra ortaya çıkan kül, yarı mamul olan klinker bünyesine katılmakta; katkının son ürün olan çimento üzerinde herhangi bir negatif etkisi bulunmamaktadır. Arazide depolanması gerekecek herhangi bir kül/cüruf atığı oluşmamaktadır. Bu anlamda çimento fabrikalarındaki atık bertaraf işlemleri bu soruna daha etkin bir çözüm getirmektedir [1]. Bu tesislerde toz halinde kömür ve petrokok, fueloil ve doğal gaz yakılmaktadır. Bu yakıtların ana kül bileşenleri silis ve alümin bileşikleridir. Bunlar ham maddelerle birleşir ve klinkerin bir parçasını oluşturur [2].

Çimento sanayinde atıkların birlikte işlenmesi, yenilenemeyen malzemelerin azami ölçüde ikamesini sağlamaktadır. Temel kural olarak, alternatif yakıt / hammadde olarak kabul edilen atıklar, organik kısmın ısı değeri olarak veya mineral kısmın malzeme değeri olarak çimento fırınlarında katma değerde bulunmalıdır. Bazı alternatif malzemeler her iki gereksinimi de karşılamıştır [5].

Türkiye'de, atıkların geri kazanımında en yüksek verimle çalışan Akçansa Büyükçekmece Çimento Fabrikası, çalışma sonuçlarında örnek olarak gösterilmiştir. Akçansa Büyükçekmece Çimento Fabrikasında

kullanılan atıklar, atıklara ait kimyasal analizler ve fabrikanın sürdürülebilirlik çalışmaları örnek olarak sunulmuştur.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Günümüzde tehlikeli atıkların giderilmesi, birçok sanayi ve endüstri kuruluşu için çözülmesi zor problemlerden birini oluşturmaktadır [2]. Avusturya'da ki çimento fabrikaları 1980'lerin başında atık lastikleri, 1993 de ise geri dönüşümlü katı atıkları sadece enerji elde etmek için kullanmaya başlamışlardır [5]. 1999 yılında, Belçika'da kontaminasyon potansiyeli olan, hayvan ürünlerinden elde edilen binlerce tonluk hayvan küspesi ve yağın arıtılması için acil bir çözüme ihtiyaç duyulmuştur. O dönemde bu potansiyel sağlık tehdidine karşı halkın yoğun endişeleri vardı.

Federal makamlar, kontamine olmuş hayvan eti ve kemik küspesinin çimento sanayinde birlikte işlenmesini bu krizin çözümünde en iyi yöntem olarak belirlemiştir. Böylece Belçika'daki fabrikalardan potansiyel olarak kontamine olmuş çok fazla hayvan küspesini işlemden geçirmesi talep edilmiştir. Bu işlem, fırındaki kontaminasyona sebep olan maddelerin tamamen bertaraf edilmesini ve yakıt ikamesinin sonucu olarak emisyonların azaltılmasını sağlayarak güvenli ve çevre dostu çözümler sunmuştur [6]. Belçika'da çimento sanayinde katı atıkların alternatif yakıt ve hammadde olarak kullanılması ile atıkların tehlikeli atık yakma fırınlarında yakılması işlemlerini karşılaştırmıştır. Sonuçlar çevresel etkileri bakımından kıyaslanmıştır. Bir ton atığın numune olarak kullanıldığı çalışma sonucunda, çimento sanayinde alternatif yakıt olarak endüstriyel atıkların kullanılmasının, bunların atık yakma fırınlarında işlemden geçirilmesinden daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır [7]. Benzer bir durum İtalya'da 2001 yılında yaşanmıştır. İtalya'daki çimento fabrikaları, kamu idareleri ile anlaşarak, çok miktarda kontamine olmuş hayvan eti ve kemik küspesini işlemden geçirmesini talep etmiştir [5]. Resmi olarak ise 2003 yılında Avrupa Adalet Divanı bir dava sonucunda, katı atıkların çimento fabrikalarında yakıt olarak kullanılmasının bir geri kazanım işlemi olduğuna, atıkların insitörlerde kullanılması durumunda ise bir bertaraf işlemi olduğuna karar vermiştir [5]. Avrupa çimento birliği 2009 yılında ham maddelerin ve alternatif yakıtların birlikte kullanılabilmesine dair bir rapor yayınlamıştır [8].

Ülke atıklarının resmi olarak kullanımı, 2001 yılında "Çimento Fabrikalarında Atıkların Alternatif veya Ek Yakıt Olarak Kullanılmalarında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ" 'in yayınlanması ile başlamıştır. 2005 yılında da tebliğ Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından revize edilmiş ve "Atıkların Ek Yakıt Olarak Kullanılmasında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ" olarak değiştirilmiştir. Atıkların kullanım oranlarının artması ve AB uyum kapsamında mevcut tebliği, 2010 yılında "Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik" adını vererek tekrar revize etmiştir. Bu yönetmeliği diğer yönetmeliklerden ayıran en önemli unsurlar; eğitime sıcaklıklarının detaylandırılması, emisyon değerlerinin revize edilmesi ve bertaraf tesis tanımının ve geri kazanım tesis tanımının değiştirilmesi olmuştur. Yeni tanıma göre beraber yakma tesisi, ortaya çıkan yakıt ısı güç değerinin %40 veya daha azını atıktan sağlıyorsa, belirlenen emisyon limit değerleri uygulanır. Yakıt ısı güç değerinin %40'dan fazlasını atıktan karşılıyor ise, bu tesis yakma tesisi olarak değerlendirilir [9].

Günümüzde atıkların geri kazanımındaki en önemli tesis çimento fabrikalarıdır. Türkiye'de Atıkların Ek Yakıt Olarak Kullanım Lisansı"

'nı 2004 yılında Bolu Çimento fabrikası almıştır. Bu tarihten itibaren Türkiye'deki çimento fabrikaları atıkların geri kazanımı konusunda hızlı bir süreç içinde yer almışlardır. 2010 yılı itibarı ile Türkiye'de çimento fabrikalarının yaklaşık %60'ı (lisanslı ve atık yakma tesisli) atıkların geri kazanımında aktif olarak işlev görmektedirler. Avrupa Çimento Sektörünün alternatif yakıt kullanım oranı %20 civarındadır. Bu rakam Türkiye'de ise %1'den düşüktür [10].

### **2.1. Klinker Üretiminde Atık Kullanımı (Clinker Production Using Waste)**

Avrupa'da Kurulu 300 fabrika, yıllık 170 milyon ton çimento üretmekte ve yaklaşık 30 milyon ton kömür tüketmektedir [2]. Aynı tarihlerde Türkiye'de ise yıllık 41,3 milyon çimento üretilmekte ve çimento fabrikaları 6 milyon ton civarında kömür tüketmektedir [2, 6]. 2009 yılı itibarı ile Türkiye'nin yıllık çimento üretimi ise, 57,6 milyon tona ulaşmıştır [6].

Çimentonun ana bileşeni klinkerdir [5]. Klinker çimentonun en önemli bileşenidir. Ancak klinker üretimi yüksek seviyede CO<sub>2</sub> emisyonuna sebep olmaktadır. Diğer taraftan mineral içeren bazı çimentomsu malzemeler klinkerin çimentoya sağladığı özellikleri kazandırabilmektedir. Demir ve çelik sektörünün yan ürünü olan yüksek fırın cürufu ve fosil yakıtta dayalı termik santrallerin atığı uçucu kül ile öğütüldüğünde, benzer özellikler gösterebilen bazı doğal volkanik kayalar (puzolan), klinkerin yerine kullanılabilir. Daha az klinker kullanımıyla klinker üretiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımı azaltılmaktadır. Böylelikle çimento üretiminde iklim değişikliğine sebep olan CO<sub>2</sub> emisyonunun düşürülmesi mümkün olmaktadır. Ancak klinkerin başka bileşenlerle ikame edilmesinin bazı zorlukları vardır. Bunlar, bu bileşenlerin bulunabilirliği, maliyeti, kimyasal özellikleri ve üretilmesi hedeflenen çimento tipine uygunluğu, ulusal standartlar, müşterinin/pazarın talebi ve alışkanlıklarıdır [1].

Klinker, kireçtaşı ve kil gibi hammaddelerin öğütülüp homojenize edilerek döner fırınlarda beslenmesi ile üretilmektedir. Klinker pişirme yeni bileşenlerin oluşması için gereken 1450°C'lik malzeme sıcaklığında gerçekleşmektedir. Klinker, temel olarak kalsiyum, silisyum, alüminyum ve demir oksitlerden oluşmaktadır. Bir sonraki aşama, çimento öğütme değirmeninde gerçekleşmektedir. Alçı ve diğer malzemeler (yüksek fırın cürufu, uçucu kömür külü, doğal puzolan, kireç taşı vb.) klinkere eklenmektedir. Bütün bileşenler ince ve homojen bir toz, yani çimento oluşuna kadar öğütülmektedir [5].

Atıkların çimento fırınlarında alternatif yakıt olarak kullanılması, atıklardan azami seviyede enerji teminine imkân vermektedir. Malzeme enerjisinin tamamı fırında dolaysız olarak klinker üretimi için kullanılmaktadır. Bu teknik sayesinde, yakılan atıkların içindeki inorganik unsurlar gerekli ham maddelerin yerini alarak çimentonun bir parçası olma niteliğini kazandıkları için kullanılan atığın yanmayan kısımları da kazanılmakta cüruf ve küllerin ortadan kaldırılması zorunluluğu kalmamaktadır. Atıkların alternatif yakıt olarak kullanılması, atıkların değerlendirilmesi için güvenli bir yöntemdir [2].

Atık maddelerin çimento fırınında yakılmasında 2 unsur özellikle önemlidir. Bunlar yakma koşulları (yüksek sıcaklık ile ortam) ve ham maddelerdeki doğal alkalın ortamıdır [8]. Atıkların içindeki organik unsurlar çimento fırınındaki yüksek ısı, uzun işlem süresi ve oksitleyici ortam nedeniyle tamamen ortadan kalkarlar. İnorganik unsurlar ise fırındaki ham maddelerle birleşir ve süreçten çimentonun bir parçası olarak çıkarlar. Çimentoya geçen ağır metaller sonuçta

betonun içinde bağlı kalırlar. Atık yakıt kullanılarak üretilen çimentodan yapılan betonun fiziksel ve çevresel özellikleri, fosil yakıtlar kullanılarak üretilen çimentodan yapılan betonunkilerden farklı değildir [2].

Klinker üretim sürecinde önemli oranda atık maddeler kullanılmaktadır. Atıkların nihai olarak hangi fabrikada kullanılacağı sorusunun tek bir yanıtı yoktur. Hangi tür tehlikeli atıkların, çimento fabrikalarında yakıt olarak kullanılıp kullanılmayacağı çevre ve orman bakanlığınca sınıflandırılmıştır. Çimento sanayinde birlikte işlenmesi uygun olmayan atıklara örnek olarak, nükleer atıklar, bulaşıcı tıbbi atıklar, bataryaların tümü ve işleminden geçmemiş karışık belediye atıkları gösterilebilir. Temel kural olarak, alternatif yakıt / hammadde olarak kabul edilen atıklar, organik kısmın ısı değeri olarak veya mineral kısmın malzeme değeri olarak çimento fırınlarında katma değerde bulunmalıdır. Lastikler, evsel atıklar, atık yağlar, endüstriyel atıklar, grid, pirit külü, yüksek fırın cürufu, mermer atıkları, döküm kumu, demir tozu, tufal, alçı kırığı, bypass tozu, uçucu kül v.b. malzemeler çimento fabrikalarında kullanılan bazı atık maddelerdir [5].

Örneğin klinker pişirme sürecinde lastiklerin münferit bileşenlerinden eşzamanlı olarak enerji ve malzeme geri kazanım fırsatı sunmaktadır. Kauçuğun yüksek kalorifik değeri aynı zamanda birincil yakıtların ve tepkimesiz bileşenlerin (demir ve alüminyum) ikamesinde de kullanılmaktadır. Ayrıca, doğal hammadde yeterli demir içermediği takdirde lastiklerin kullanılması doğrudan ürün gereksinimlerinin karşılanmasına yardımcı olmaktadır. Lastiklerin birlikte işlenmesindeki uzun vadeli başarılı deneyimleri üzerine Almanya, lastikleri klinker pişirme işlemine uygun malzemeler listesine almıştır [5]. Atık lastiklerin kullanımından dolayı baca gazında aşırı CO yayılımı oluşabilir, ancak fırına verilen fazla hava, yanma olayı için doğru ayarlandığında CO emisyonu kontrol altında tutulmuş olur. Atık lastik tekerlerin çelik kuşakları, klinkerin  $Fe_2O_3$  ve ZnO miktarlarını arttırır [2].

Evsel atıklar çimento üretiminde kullanılabilir mertebede ısı değere sahiptir. Bu atıklar düşük kükürt yüzdesine sahip oldukları için, bunlardan yanabilecek kısımların ayrılması ile çöpten türetilmiş yakıtlar elde edilebilmektedir. İncelemeler, klinker içindeki kurşun, çinko, bakır, fosfat ve arsenik oranlarını biraz artmasının çimento kalitesini olumsuz etkilemediği görülmüştür. Evsel atıkların kullanılmasıyla baca gazı emisyonlarında anormal bir artış söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler sonunda evsel atıktan elde edilen yakıt %35 oranında kullanılmıştır. Almanya'da atık yağların çimento fırınında yakılıp yakılamayacağına ilişkin bir araştırma yapılmış ve bu atığın büyük ölçüde yakılabileceğini ortaya koymuştur [2].

Kalsiyum, silis, alüminyum ve demir gibi mineralleri içeren atık ve sanayi yan ürünlerinin (alternatif hammadde) çimento yapımı için maden sahalarından çıkarılan kireçtaşı, kil gibi hammaddeleri ikame etmesi, doğal kaynakların korunmasına büyük katkı sağlamaktadır [1]. Ancak, bugün 0,80 mertebesinde olan Klinker/Çimento oranının yine AB Ülkelerinde olduğu üzere daha fazla katkı kullanılarak, 0,70 seviyelerine düşürülmesi halinde; sera gazları emisyonundaki büyüme %44 mertebesinde kalacaktır [12].

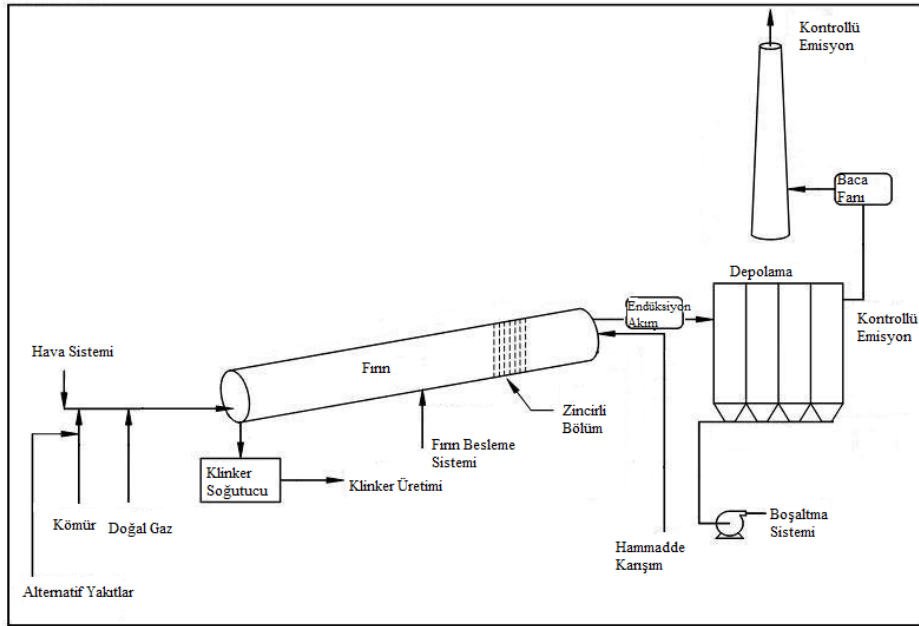
### 3. AKÇANSA BÜYÜKÇEKMECE ÇİMENTO FABRİKASI (AKÇANSA BUYUKCEKMECE CEMENT FACTORY)

Akçansa Büyükçekmece Çimento Fabrikası, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı R134 - 001 alternatif yakıt kullanım lisansını alan ilk fabrikalardan biri olma özelliği taşımaktadır [13]. Fabrikanın yıllık çimento ve klinker üretimi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Klinker ve çimento üretimi [1]  
(Table 1. Clinker and cement production)

Ürün	2007	2008	2009
Klinker Üretimi (milyon ton)	2,4	3,75	4,15
Çimento Üretimi (milyon ton)	5,23	5,42	5,28

Bu fabrikanın klinker üretimi 4 aşamada gerçekleşmektedir. Birince aşamada, taş ocaklardan getirilen hammaddeler homojenizasyonunun sağlandığı depolarda depo edilir. İkinci aşamada, homojene edilmiş hammadde farin değirmeninde öğütülür. Üçüncü aşamada malzeme farin silolarına ve oradan da klinker değirmenine verilir. Son aşamada ise, 850°C ile fırına gelen farin, %3 eğimli döner fırınlarda 1450°C civarında sıcaklığa kadar pişirilir. Hammaddenin çimento fabrikasındaki işlem süreci Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Hammaddenin çimento fabrikasındaki işlem aşamaları [14]  
(Figure 1. Stages of processing the raw material of cement factory)

Şekil 1'de gösterilen hammaddenin, fırındaki işleme süreci fosil yakıtlarla ve alternatif yakıtlarla yapılmaktadır. Kullanılan alternatif yakıt oranları har fabrika için değişiklik arz etmektedir. Akçansa Büyükçekmece Çimento Fabrikasının kullandığı yakıt karışım oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çimento üretiminde yakıt karışım oranları [1]  
(Table 2. Cement production rates of the fuel mixture)

Yakıt Türü	2007	2008	2009
Kömür (yerli + ithal) (%)	80,99	59,93	28,15
Petrokok (%)	16	37,11	68,55
Doğalgaz (%)	0,15	0,07	0,06
Fuel oil (%)	0,23	0,45	0,38
Alternatif yakıt (%)	2,63	2,84	2,86

Akçansa Çimento Fabrikası'nda kullanılan alternatif yakıtlar, 2009 yılı itibarı ile kullanılan yakıtların %2,86'sını oluşturmaktadır. 2007 - 2009 yıllarına ait alternatif yakıt ve hammaddeler Tablo 3'de verilmiştir. Tablodaki bu oranlar, sürekli olarak bir önceki yıla göre artış göstermektedir. Öreneğin alternatif yakıt oranındaki artış, aynı zamanda klinker içine yapılan ikamelerde de alternatif hammadde oranını arttırmaktadır. Fakat bu artışlar paralel olmamaktadır. Bunun nedeni ise, kullanılan hammadde türü ve enerji miktarları farklılık arz etmektedir.

Tablo 3. Alternatif yakıt ve hammadde oranları [1]  
(Table 3. Alternative fuel and raw material rates)

Yakıt- Hammadde	2007	2008	2009
Alternatif yakıt ikame oranı (%)	2,63	2,84	2,86
Alternatif hammadde kullanımı (%)	3,76	2,73	1,57

#### 4. BULGULAR (FINDINGS)

Akçansa Büyükçekmece Çimento Fabrikası, alternatif hammadde kullanımında en büyük payı grid almaktadır. Gridi, sırasıyla pirit külü ve demir-çelik üretiminden gelen yüksek fırın cürufu takip etmektedir. Alüminyum, demir gibi mineraller içeren mermer atıkları ile döküm kumu, demir tozu, tufal, alçı kırığı, bypass tozu, uçucu kül ve demir cürufu gibi diğer atıklar da, şirket tarafından çimento üretim sürecinde değerlendirilmekte ve bu mineraller için gereken doğal hammadde kaynak ihtiyacı azaltılmaktadır. Akçansa Büyükçekmece Çimento Fabrikası tarafından kullanılan alternatif hammaddelere ait bu numunelere ait kimyasal analizleri Tablo 4'de verilmiştir [1].

Tablo 4. Akçansa Çimento Fabrikası'nda kullanılan alternatif hammaddeler

(Table 4. Alternative raw materials used in Akçansa Cement Plant)

Numune Adı	Grid	Alçı Taşı	Mermer Kırığı	Demir Tozu	Pirit Külü	Curuf	Tufal	Uçucu Kül	Bypass Tozu	Döküm Kumu
CaCO <sub>3</sub> + Mg CO <sub>3</sub>	0	0	98	0	0	0	0	6,5	0	0
H <sub>2</sub> O	9,4	2,4	16,5	3,6	17,6	10,2	0,1	0,1	0	11,2
Ç.K.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SiO <sub>2</sub>	37,12	0,52	0,94	4,31	7,12	42,35	12,04	51,54	6,98	65,47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,24	0,6	1,65	2,15	4,31	12,58	0,08	20,46	3,48	10,23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	44,23	0,22	0,85	92,31	84,31	3,02	85,18	9,55	3,67	7,24
CaO	5,12	34,12	53,04	0,23	0,32	32,96	0,27	5,44	45,52	1,02
MgO	4,96	0,71	0,64	0,45	0,14	5,85	1,55	4,18	0,25	1,12
SO <sub>3</sub>	0,25	43,52	0,28	0,18	1,12	0,12	0,35	4,54	0,75	2,15
Cl <sup>-</sup>	0,0154	0,0252	0,0075	0,0214	0,063	0,021	0,031	0,006	0,852	0,074
Na <sub>2</sub> O	0,1	0,02	0,01	0,07	0,1	0,8	0,05	0,58	0,28	1,45
K <sub>2</sub> O	0,2	0,03	0,08	0,04	0,04	1,25	0,06	2,52	2,04	0,52
Ti <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kızdırma Kaybı	0	19,51	42,35	0	2,2	0	0	0,84	36,05	10,65
Toplam	99,2	99,28	99,85	99,76	99,72	98,95	99,61	99,66	99,87	99,92

Tablo 4'de verilen alternatif hammaddeler aynı zamanda fabrika tarafından klinker içine katkı olarak kullanılmaktadır. Tablodaki malzemelerin yüksek ısıl enerji vermesi ve malzeme içindeki SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve CaO miktarlarının yüksek oranda olması atıklarda aranan temel özelliklerdir. Çünkü bu oksitler, aynı zamanda çimentonun ana bileşenlerini oluşturmaktadır. Atıklarda aranan bir başka özellik ise çözünmeyen kalıntının kalmamasıdır. Çimentonun genleşmesine sebep olan ve çimentonun kimyasal yapısını olumsuz etkileyen oksitlerin de minimum oranda olması atıklardan istenen bir başka özelliktir.

#### 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Çimento Üretim prosesinde alternatif yakıt kullanımı şu sonuçları vermektedir;

- **Alternatif Yakıt Kullanımı Çimento:** Fırınlarında kömür, petrokok gibi primer yakıtların yerine, atıkların yakıt olarak kullanılmasıyla daha az karbondioksit salımı gerçekleşmektedir. Primer yakıtlar yerine alternatif yakıt olarak özellikle biyokütle ağırlıklı malzemelerin kullanımı CO<sub>2</sub> emisyonlarında azalma sağlamaktadır.
- **Çimento'da Klinker Oranının Azaltılması:** Çimento içerisindeki klinkeri çimentomsu malzemeler ile (ısıl işlem gerektirmeyen) ikame ederek, üretilen bir ton çimentoya düşen CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması sağlanmaktadır.
- **Enerji Verimliliği:** Daha az enerji kullanarak bir yandan maliyetleri düşürmeyi amaçlamaktadır.
- **Doğal Kaynakların Korunması:** Çimento fabrikasının ısı ihtiyacının karşılanmasında kullanılan kömür, petrokok, doğalgaz gibi fosil kaynakların tüketiminde sağlanacak azalma doğal kaynakların korunmasında büyük rol oynamaktadır.
- **Toplam CO<sub>2</sub> Salınımında Azalma:** Karbon yoğun fosil yakıtların yanmasıyla oluşacak CO<sub>2</sub> emisyon miktarı, daha az karbon içeren alternatif yakıtların kullanımıyla azalmaktadır [1].

#### NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Akçansa, (2011). "Akçansa 2007 - 2009 Sürdürülebilirlik Raporu", www.akcansa.com.tr.
2. Tosun, F., (2006). "Çimento Fabrikalarında Alternatif Yakıt Olarak Katı Atıkların Kullanımı", Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
3. Akpınar, N., (2006). "Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi", İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Haziran.
4. Çelik, S.Ö. ve Sivri, N., (2010). "Tehlikeli Atık Bertarafı için İyi Bir Alternatif Olarak Stabilizasyon/Solidifikasyon Teknolojisi".



5. Cembureau, (2009). "Sustainable cement production: Co-processing of Alternative Fuels and Raw Materials in the Cement Industry", January.
6. www.febelcem.be 02.03.2011
7. <http://www.coprocessing.info/en/waste-treatment/index.htm#i11> 12.12.2010
8. <http://www.cembureau.be/topics/alternative-fuels-raw-materials/Fuels> 12.12.2010
9. Çevre ve Orman Bakanlığı, "Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik", Resmi Gazete, 6.10.2010.
10. <http://www.tcma.org.tr> 12.12.2010
11. Çevre ve Orman Bakanlığı, "Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu", ÇOB Yayını, 2009.
12. TÇMB, (2008). "Çimento Sektöründe Enerji Yönetimi ve Tasarruf İmkanları", Enerji Verimliliği Konferansı, 11-12 Ocak 2008.
13. <http://www.akcansa.com.tr/cevrefaaliyetlerimiz> 12.02.2011.
14. Tulsa O.K., (2009). "Process Information", Lafarge Building Materials Inc., U.S., June.