

## Kâğıt Fabrikası Arıtma Suyu Çamuru ile Üretilen Çimentolu Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR<sup>1\*</sup>, Hüsnü YEL<sup>2</sup>, Hülya KALAYCIOĞLU<sup>3</sup>, Uğur ARAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, 61080, Trabzon

<sup>2</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 08000, Artvin

<sup>3</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

**ÖZET:** sanayileşmiş bölgelerde çevresel olarak suların kirliliği yüzyılımızın önemli bir sorunudur. Bu sorunun çözülmesi amacıyla belediyeler ve suyu yoğun bir şekilde kullanan endüstriyel tesisler suyu arıtma tesislerinde arıttıktan sonra şebeke sistemine sunmaktadırlar. Bu işlem esnasında arıtma çamuru ortaya çıkmaktadır. Bu çamur geri yıkama suyu ile alıcı ortama sevk edilerek doğaya bırakılmaktadır. Kâğıt fabrikaları da suyu yoğun olarak kullanan endüstrilerin başında gelmektedir. Çalışmada kâğıt fabrikalarının arıtma suyu çamurunun çimentolu yongalevha üretiminde katkı maddesi olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla kâğıt fabrikası arıtma suyu çamuru çimentoya oranla %10, %20 ve %30 olarak kullanılmıştır. Üretilen levhaların fiziksel (yoğunluk, su alma oranı, kalınlık artış miktarı) ve mekanik (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci) özellikleri belirlenmiştir. Kâğıt fabrikası arıtma suyu çamuru kullanımı; çimentolu yongalevhaların mekanik özelliklerinde artışa neden olurken, levhanın fiziksel özellikleri üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında; kâğıt fabrikası atık çamurunun katkı maddesi olarak çimentolu yongalevha üretiminde kullanımının mümkün olduğu söylenebilir.

**Anahtar kelimeler:** Çimentolu Yongalevha, Kâğıt Fabrikaları Arıtma Suyu Çamuru, Fiziksel ve Mekanik Özellikler

### Physical and Mechanical Properties of Cement Bonded Particleboard Made with Paper Mill sludge

**ABSTRACT:** The pollution of water in industrialized regions is a major environmental problem of this century. Municipalities and big mills that use water intensively in order to solve this problem connect water to water supply main after purifying in the water treatment plants. The paper sludge occurred after this process. This sludge with backwash water is left to nature. Paper mills are one of the water-intensive industries. In this study, paper mill sludge is investigated to use as an additive in cement bonded particleboard. For this purpose, paper mill sludge used in ratios of 10%, 20% and 30% compared to cement. Physical (density, water absorption and thickness swelling) and mechanical (modulus of rupture, modulus of elasticity and internal bonding) properties of the samples were determined. Use of paper mill sludge caused an increase in mechanical properties of cement bonded particleboards, and did not cause a negative impact on those of physical properties. In the light of results of this study the paper mill sludge can accurately be used to manufacture cement bonded particleboards as an additive.

**Keywords:** Cement Bonded Particleboard, Paper Mill Sludge, Physical and Mechanical Properties

## 1. GİRİŞ

Odun ya da lignoselülozik materyallerin inorganik maddelerle bileştirilmesi çok eskilere dayanmaktadır. Buğday veya pirinç saplarının çamur ile karıştırılarak çamur-tuğla kompozitlerinin üretilmesi (kerpiç), çimento bağlayıcılı ahşap levhaları üretiminin köklerini oluşturmaktadır (Moslemi 1999, Güntekin 2009). Çimentolu odun kompozitleri ilk defa Heraklith adı altında üretilmişlerdir. Başlangıçta bu levhalarda ambalaj talaşı şeklinde odunsu materyal ve magnezit çimentosu kullanılmıştır. Ancak sonraları portland çimentosundan yararlanılmıştır. Bunlara hafif levhalar (350–500 kg/m<sup>3</sup>) adı verilmiş olup, binalarda ses ve ısı izolasyonunda kullanılmıştır (Kalaycıoğlu 1996, Aslan 2007). Çimentolu yongalevhalar bir mühendislik materyali olarak ilk 1970 yılında “Duripanel” ticari adıyla

İsviçre’de üretilmiştir (Van Elten 2006). Reçine esaslı yongalevhalarından çok daha düşük miktarda üretilmelerine rağmen çok daha fazla avantajlara sahiptir. Bu levhalar, dış hava koşullarına ya da hızlı yaşlandırmaya karşı yüksek dayanım ve boyutsal kararlılık göstermektedir. Yangın, mantar ve böcek gibi biyolojik faktörlere karşı yüksek dirence sahiptir.

Çimentolu odun kompozitlerinin üretiminde odunsu materyal olarak odun yünü, yonga ve lif şeklindeki odunsu maddenin yanı sıra yıllık bitki ve orman ürünleri sanayi atıklarından yararlanılabilmektedir. Bağlayıcı madde olarak portland çimentosu kullanılmaktadır. Levha üretiminde reaksiyon hızlandırıcı olarak bazı sertleştirici katkı maddeleri ve reaksiyon başlatıcı madde olarak da su kullanılmaktadır. Çimentolu odun kompozitleri; lifsel atıklardaki reçinenin alkalinitesi portland çimentosunun yüksek pH’ından kaynaklanan

\*Sorumlu Yazar: Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR, donmez103@gmail.com

çimentonun sertleşmesini kolaylaştırıcı ya da hızlandırıcı yönde önemli bir rol oynaması nedeniyle atık liflerin kullanımını için iyi bir değerlendirme alanıdır (McKeever 1995).

Kağıt fabrikası arıtma suyunda oluşan çamur içerisinde yüksek oranda selüloz lifi ve inorganik maddeler bulunur. Rutubeti ise %60-75 arasında değişmektedir (Ishimito 2000, Ahmadi ve Al-Khaja 2001). İnorganik madde olarak başlıca kaolinit ve kalsiyum karbonat ayrıca kağıt yapımında kullanılan yüzey aktif ajanları, yazı ve boya baskılarda kullanılan bazı ağır metaller az miktarda da olsa bulunabilir (Ishimito 2000, Ismail ve ark. 2010).

Organik içeriği yüksek olmasından dolayı kağıt hamuru ve kağıt fabrikaları arıtma sularında oluşan atık çamurun değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir (Naik ve ark. 2004). Kağıt fabrikası atık su arıtma çamurlarının çimento üretiminde değerlendirilmesinin incelendiği çalışmada; özellikle yüksek biyolojik aktivitesi ve içerisindeki atık lif ve kum nedeniyle kağıt üretimde değerlendirilemeyen ikincil atıklardan çimento lu liflevha üretimi incelenmiş, yapılan denemelerle lifsel atık kullanımının artışı ile levha özelliklerinde gelişmeler olduğu belirlenmiştir (Fernandez 2002). Başka bir çalışmada kağıt fabrikası arıtma suyu çamurunun yakılması sonucu elde edilen külün portlant çimentosuyla %10 oranında katılmasıyla

oluşan malzemenin mekanik özelliklerinin arttığı rapor edilmiştir (Fava ve ark. 2011).

Bu çalışmada kağıt fabrikası arıtma sularında oluşan lif oranı yüksek çamurların çimentoya oranla kullanımlarının çimento lu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Çimento lu yonga levhalarının üretiminde ağaç malzeme olarak KTÜ kampüsündeki bakım kesimlerinden elde edilen melez kavak (*Populus x euroamericana* cv.) odunlarından Orman Fakültesi, Yongalevha Pilot Tesisinde üretilen yongalar kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak Aşkale Trabzon Tesisleri'nde üretilen TS 19 da belirtilen PC 42,5 tipi portland çimentosu kullanılmıştır. Atık çamur olarak Hayat Kağıt A.Ş. Çorum tesisinde oluklu mukavva üretimi sonucu oluşan çamur kullanılmıştır. Ayrıca levha üretiminde çimentonun bağlanmasını hızlandırmak için %10'luk alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) çözeltisi, bağlanmayı ve levhaların mukavemetinin yükselmesini sağlamak amacıyla sıvı halde sodyum silikat ( $NaSiO_2$ ) ve karışım rutubetini dengelemek için çimentoya oranla 1:1.64 oranında su kullanılmıştır. Levha üretimi için odun, çimento, su ve katkı maddeleri katılmasıyla oluşan karışıma ait oranlar Çizelge 1'de verilmiştir. Levhaların yoğunlukları  $1.2 \text{ g/cm}^3$  olarak planlanmıştır.

**Çizelge 1.** Çimento lu yongalevha üretimi kullanılan hammadde ve oranları

Hammadde tipi	Kullanım Oranı
Odun:Çimento Oranı	1:2.75
Su/Çimento oranı	1:1.64
$Al_2(SO_4)_3$ (katı halde) (%çimentoya oranla)	1.5
$NaSiO_2$ (% çimentoya oranla)	3.5

### 2.2. Deneme levhalarının üretilmesi

Her tabaka için gerekli olan yonga miktarı belirlendikten sonra %12 rutubetteki kavak yongaları toplam su miktarının yarısıyla ıslatılmış ardından çimento ilavesi yapılmıştır. Bu amaçla yongaların üzerine çimento ve %65 rutubette açık havada bekletilen çamur çimentoya belirli oranlarda eklenmiştir. Çimentonun hidrasyon reaksiyonunu hızlandırmak amacıyla karışıma ilk olarak su camı ilave edilmiştir. Homojen olarak karıştırıldıktan sonra amonyum sülfat püskürtülmüştür. Karışım  $40 \times 40 \times 1.8$  boyutlarında bir kalıp içerisine serilmiştir. Taslak  $18-20 \text{ kp/cm}^2$  spesifik basınçta ve  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta preslenmiştir. Levhalar bu sıcaklıkta 8 saat bekletilmiştir. Ardından sıcaklık etkisi

kaldırılıp 24 saat boyuca mevcut pres basıncı altında bekletilmiştir.

Deneme levhaları, presleme sonrası çimento sertleşme reaksiyonu nedeniyle hava kurusu ortamda 2 hafta bekletilmiştir. Ardından  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklık ve %65 bağıl nemde sahip klima odasında yaklaşık 10 gün bekletilerek klimatize edilmiştir. Klimatize edilen levhalar fiziksel ve mekanik testler için ilgili TS EN standartlarına göre kesilmiştir. Üretilen levhaların fiziksel özellikleri (yoğunluk, su alma miktarı, kalınlık artımı) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci) belirlenmiştir. Üretimi gerçekleştirilen levha grupları Çizelge 2'de tanımlanmıştır.

**Çizelge 2.** Deneme levha tipleri

Levha tipi	*Atık Çamuru Kullanım Oranı (%)	*Çimento kullanım oranı (%)
Kontrol	0	100
A1	10	90
A2	20	80
A3	30	70

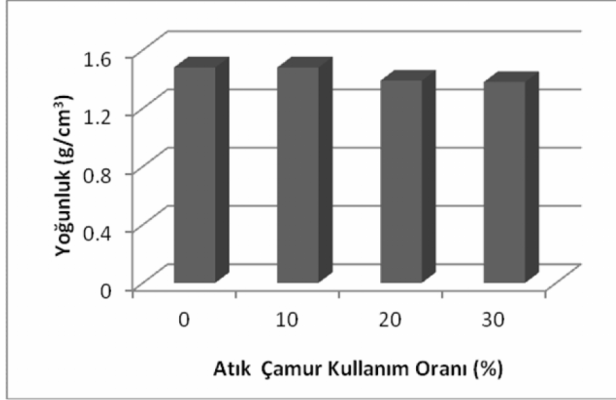
\*Atık çamur çimentoya oranla kullanılmıştır. Kavak yongaları tüm levha tipleri için ana karışımda sabit tutulmuştur.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1 Fiziksel Özellikler

##### 3.1.1 Yoğunluk

Kağıt fabrikalarının atık sularında oluşan çamurların çimentolu yongalevhalarda kullanımının yoğunluk üzerine etkisi Şekil 1'de görülmektedir. Levaların yoğunluk değerleri 1.47-1.39 g/cm<sup>3</sup> arasında elde edilmiştir. Tüm levha gruplarının yoğunluk değerleri arasında genel bir homojenlik olduğu gözlenmiştir.

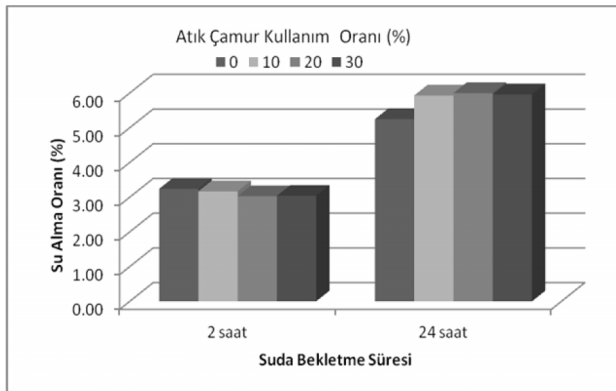


Şekil 1. Çimentolu yongalevhalarda çamur kullanım oranının yoğunluk üzerine etkisi

Ismail ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada kağıt fabrikası atık çamuru ve palmiye yağı kabuk ve zulufları yandıktan sonra elde edilen külleri kullanılarak üretilen çimentolu levhaların yoğunlukları çamur miktarı arttıkça az da olsa azalma gözlenmiştir. Bu çalışmada çimento oranının azalmasına paralel olarak yığın yoğunluğunun azalmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

##### 3.1.2 Su Alma Oranı

Kağıt fabrikalarının atık sularında oluşan çamurların çimentolu yongalevhalarda kullanımının 2 ve 24 saatlik su alma oranı üzerine etkisi Şekil 2'de görülmektedir. Suda bekletme süresi arttıkça su alma oranlarında artış gözlenmiştir.



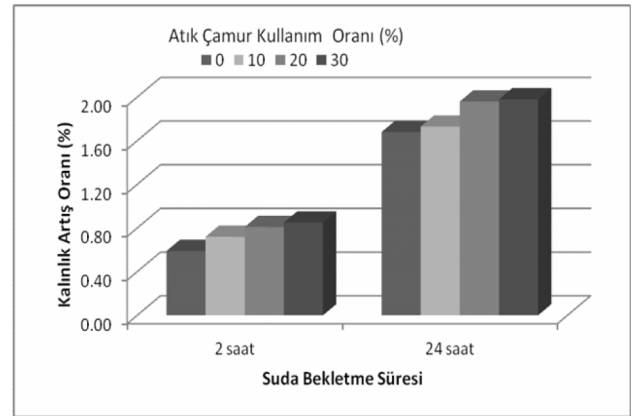
Şekil 2. Çimentolu yongalevhalarda çamur kullanım oranının su alma oranı üzerine etkisi

2 saat sonrasında elde edilen su alma oranları değerleri levha tipleri arasında değişiklik olmamasına

rağmen 24 saat sonrasında atık çamur miktarı arttıkça su alma oranlarında küçük de olsa artış gözlenmiştir. Atık çamur miktarı içerisinde yoğun olarak selüloz bulunmaktadır. Selülozda yapısındaki hidroksil gruplarından dolayı su alma oranını arttırmaktadır (Ozdemir 2002).

##### 3.1.3 Kalınlık Artış Oranı

Kağıt fabrikalarının atık sularında oluşan çamurların çimentolu yongalevhalarda kullanımının 2 ve 24 saatlik kalınlık artış oranı üzerine etkisi Şekil 3'de görülmektedir. Suda bekletme süresi arttıkça su alma oranlarında artış gözlenmiştir.



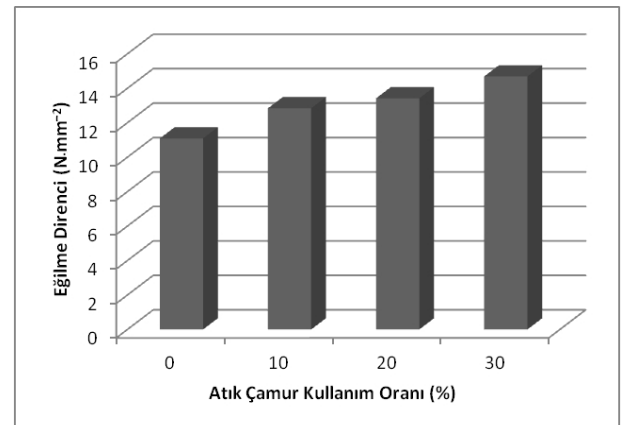
Şekil 3. Çimentolu yongalevhalarda çamur kullanım oranının kalınlık artış oranı üzerine etkisi

Atık çamur miktarı oranı arttıkça levhaların kalınlık artış oranında az da olsa artış gözlenmiştir. Çimento oranının azalmasıyla selüloz içerikli lifsi materyal oranı arttığından kalınlık artış oranlarında bir artış olduğu düşünülebilir.

#### 3.2 Mekanik Özellikler

##### 3.2.1 Eğilme Direnci

Kağıt fabrikalarının arıtma suyunda oluşan çamurların çimentolu yongalevhalarda kullanımının eğilme direnci üzerine etkisi Şekil 4'de görülmektedir.

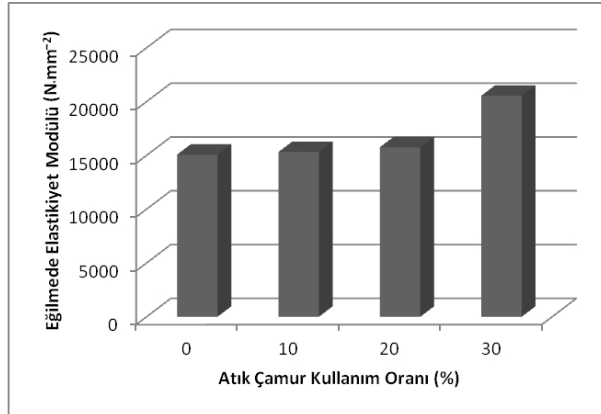


Şekil 4. Çimentolu yongalevhalarda çamur kullanım oranının eğilme direnci üzerine etkisi

Eğilme direnci değerleri atık çamur miktarı arttıkça artmıştır. Bu da atık içerisinde bulunan lifsi materyalin çimento ve kavak yongaları ile daha homojen bir dağılım göstermesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Atık çamurda bulunan lifsi materyal yoğun olarak selüloz içermektedir ve kâğıt üretimi sırasında birçok ön işleme maruz kalmıştır. Literatürde ön işleme tabi tutulduktan sonra kullanılan lignoselülozik materyallerin çimento ile daha iyi bir bağlanma gerçekleştirdiği ve eğilme direnç özelliklerinde bir iyileşme olduğu belirtilmektedir (Paribotro 2000, Sample, ve Evans 2000). Levhaların eğilme direnç değerleri TS EN 634-2’de belirtilen standart değerlerden üstte sonuçlar vermiştir.

### 3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Kâğıt fabrikalarının arıtma suyunda oluşan çamurların çimentolu yongalevhelerde kullanımının eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisi Şekil 5’de görülmektedir.



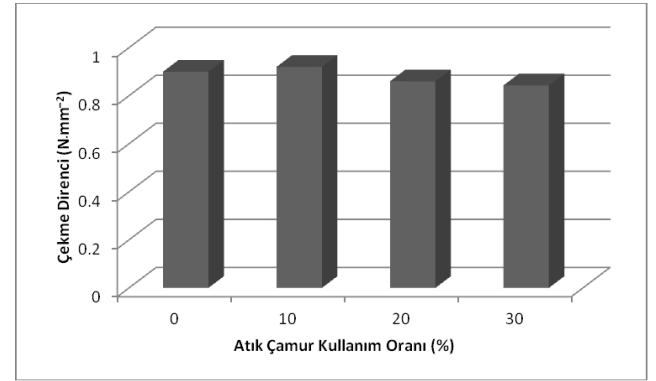
Şekil 5. Çimentolu yongalevhelerde çamur kullanım oranının eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisi

Eğilmede elastikiyet modülü değerleri atık çamur miktarı arttıkça artmıştır. Bunun atık çamur içerisindeki selülozca zengin lifsi materyalin artışına paralel olarak çimento oranının azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Lifsi materyallerin elastikiyet modülleri çimentoya göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Elde edilen sonuçlar TS EN 634-2

standardında belirtilen değerlerin oldukça üstündedir. Kâğıt fabrikası atık çamurunun değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, atık çamurun çimentoya oranla %30 oranında kullanılarak üretilen çimentolu yongalevhelerde da elde edilen yoğunluk değeri 10.000’ in üzerinde olduğu belirlenirken standartların oldukça yüksek sonuçlar vermiştir (Goroyias ve ark. 2004).

### 3.2.3 Çekme Direnci

Kâğıt fabrikalarının arıtma suyunda oluşan çamurların çimentolu yongalevhelerde kullanımının çekme direnci üzerine etkisi Şekil 6’da görülmektedir.



Şekil 4. Çimentolu yongalevhelerde çamur kullanım oranının çekme direnci üzerine etkisi

Atık çamur kullanımı levhaların çekme direnci üzerinde ciddi bir etki yaratmamıştır. Levha tipleri arasında istatistikî açıdan da anlamlı bir fark bulunmamıştır. İnorganik bağlayıcı olan çimento oranı azalmasına rağmen çekme direnci değerlerinde ciddi bir düşüş gözlenmemiştir. Yapılan bazı çalışmalarda da kâğıt fabrikası çamurları ya da kuru atıkların portlant çimentosu üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir (Dunster 2007). Elde edilen sonuçlar TS EN 634-2 standardında belirtilen değerlerin oldukça üstündedir.

Çimentolu yongalevhelerin mekanik özellikleri üzerine atık çamur kullanımının etkileri ayrıca istatistikî olarak basit varyans analizi ile değerlendirilmiş sonuçlar Çizelge 3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Çamur kullanımının çimentolu yongalevheler üzerindeki etkilerine ait basit varyans analiz sonuçları

Mekanik Özellikler	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilme Direnci	Gruplar içi	53.58	3	17.86	11.87	0.000
	Gruplar arası	42.12	28	1.50		
	Toplam	95.70	31			
Eğilmede Elastikiyet Modülü	Gruplar içi	174537913.42	3	58179304.47	40.04	0.000
	Gruplar arası	40686649.32	28	1453094.62		
	Toplam	215224562.73	31			
Çekme Direnci	Gruplar içi	0.01	3	0.00	2.04	Önemli Değil
	Gruplar arası	0.04	28	0.00		
	Toplam	0.05	31			

Basit varyans analizi sonuçlarına göre atık çamur kullanımı eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkileri %0.1 hata payı ile anlamlı, çekme direnci üzerinde ise %5 hata payı ile önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

#### 4. SONUÇ

Kağıt fabrikalarında kullanılan atık suların artırılması önemli bir çevre sorunudur. İçerisinde bulundukları lifsi materyalin yanı sıra üretim yöntemine bağlı olarak çeşitli kimyasallar ve ağır metalleri de bulundurmaktadırlar. Bu anlamda arıtma sonucu oluşan lifsi materyalce zengin çamurun değerlendirilmesi çevre problemlerinin çözümünde önemli bir paya sahip olacaktır. Bu çalışma, çimentolu yongalevha üretiminde portland çimento kullanımını azaltarak hem maliyet açısından aynı zamanda da asbest oranını düşürerek daha çevreci bir malzeme elde etme amacı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında çimentolu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri standart değerlerin üstünde olduğu, atık çamur kullanımının levha özellikleri üzerinde önemli bir azalmaya neden olmadığı aksine mekanik özelliklerde bir iyileşmeye neden olduğu söylenebilir. İleriki çalışmalarda daha yüksek oranlarda atık çamur kullanımı ile farklı odun/çimento oranlarında üretimler gerçekleştirilerek kalite özellikleri belirlenebilir.

#### KAYNAKLAR

- Ahmadi, B., Al-Khaja, W. 2001. Utilization of Paper Waste Sludge in the Building Construction Industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 32: 105-113.
- Aslan, M. 2007. İçme Suyu Atık Çamurunun Çimentolu Yongalevha Üretiminde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dunster, A. M., 2007. Paper Sludge and Paper Sludge Ash in Portland Cement Manufacture. [http://www.smartwaste.co.uk/filelibrary/Portland\\_cement\\_paper\\_sludge.pdf](http://www.smartwaste.co.uk/filelibrary/Portland_cement_paper_sludge.pdf). (Erişim tarihi: 12.02.2012)
- Fava, G., Ruello, M. L. ve Corinaldesi, V. 2011. Paper Mill Sludge Ash as Supplementary Cementitious Material. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23(6): 772-776.
- Fernandez, E.C. 2002. Alternative Construction Material from a Recycling Paper Mill Sludge. <http://redb.uplb.edu.ph/index.php/technology-database/article/50-alternative-construction-material-from-recycling-paper-mill-sludge>. (Erişim tarihi: 12.02.2012).
- Goroyias, G., Elias, R. ve Fan, M. 2004. Research into Using Recycled Waste Paper Residues in Construction Products. <http://www.wrap.org.uk/downloads/PaperResiduesConst1.cc963861.393.pdf>. (Erişim tarihi: 12.02.2012).
- Guntekin, E. 2009. Hızlı Yaşlandırma Testlerine Maruz Brakılmış Çimentolu Lif Levhaların Bazı Fiziksel ve

- Mekanik Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 92-103.
- Ishimoto, H. 2000. Use of Papermaking Sludge as New Material. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 12: 310-313.
- Ismail, C. M., Ismail, M.A., Lau, S.K., Muhammad, B. ve Majid, Z. 2010. Fabrication of Bricks from Paper Sludge and Palm Oil Fuel Ash. *Concrete Research Letters*, 1(2): 60-66.
- Kalaycıoğlu, H. 1996. Çimento Yapıştırıcılı Odun Levhaları Üretiminde Yenilikler. Bahar Yarıyılı Seminerleri, Seminer serisi-2, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1996.
- McKeever, D.B., Youngquist, J.A. ve English, B.W. 1995. Sources And Availability of Recovered Wood and Fiber for Composite Products. in: *Proceedings of the 29th International Particleboard/Composite Materials Symposium*, April 4-6, Washington State University, Pullman, WA, 197-214.
- Moslemi, A.A. 1999. Emerging Technologies in Mineral-Bonded Wood and Fiber Composites. *Advanced Performance Materials*, 6 (2): 161-179.
- Naik, T. R., Friberg, T. S. ve Chun, Y-C. 2004. Use of Pulp and Paper Mill Residual Solids in Production of Cellucrete. *Cement and Concrete Research*, 34(7): 1229-1234.
- Ozdemir, Z. 2002. Capillary Water Absorption Potential of Some Building Materials. *Geological Engineering*, 26: 19-32.
- TS EN 634-2, 1999. Çimentolu Yongalevhaların Özellikleri, Bölüm 2, Dışarıda Kuru ve Nemli Ortamda Kullanılan Yapıştırılmış Yongalevhaların Özellikleri, TSE, Ankara.
- Paribotro, S. 2000. Effect of Aqueous Extraction of Wood-Wool on the Properties of Wood-Wool Cement Board Manufactured from Teak (*Tectona grandis*), (Wood-Cement Composites in the Asia-Pacific Region Ed: Evans, P.D.). *Proceedings of a Workshop*, 10 December, Canberra, Australia.
- Sample, K., ve Evans, P.D. 2000. Adverse Effects of Heartwood on the Mechanical Properties of Wood-Wool Cement Boards Manufactured from Radiata Pine Wood. *Wood and Fiber Science*, 32(1): 37-43.
- Van Elten, E.J. 2006. Cement Bonded Particle Board (CBPB) and Wood Strand Cement Board (Eltoboard): Production, Properties and Applications. 10th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, 15-18 November, Brazil.