

## Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümü ve Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi

\*<sup>1</sup>İbrahim ÜÇGÜL ve <sup>1</sup>Buket TURAK

\*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

### Özet

Tekstil atıklarının binalarda kullanımıyla hem binada esneklik sağlanmış hem de doğal lifler kullanılarak daha sağlıklı ve konforlu yapılar inşa edilecektir. Çalışmada, çimento-ince kum karışımı içerisine yün ve pamuk elyaf atıkları, pamuk ipliği ve kâğıt atıkları eklenerek blok numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan bloklardan bir tanesi sade olmak üzere 4 tane çimentodan oluşan bloklar hazırlanmıştır. Çimentoyla hazırlanan bloklar; içerdikleri atıklara göre A0, A1, A2, A3 olarak kodlanmıştır. Çalışma sonucunda çıkan sonuçlara göre, A1 ve A2'nin ısı iletim katsayısı A0' a göre düşük, A3'ün ısı iletim katsayısı ise A0'a göre yüksek çıkmıştır. A3 bloğunun ısı iletim katsayısının A0 bloğuna göre yüksek çıkmasının sebebi ise, kâğıda ve pamuklu kumaş atıklarına uygulanan Fire-0 alev almazlık solüsyonu kullanılmasıdır. Pamuk, yün, kâğıt ve kumaş atıkları beton bloklar arasına şilte halinde konulup ölçüm yapıldığında ısı iletim katsayısını oldukça düşürdüğü görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yün atıkları, Pamuk atıkları, Kumaş atıkları, Kâğıt atıkları, Yalıtım.

## Recycling of Textile Waste and Evaluation of Their Potential as Insulation Material

\*İbrahim ÜÇGÜL and Buket TURAK

\*Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Department of Textile Engineering / ISPARTA

### Abstract

Using textile waste on the buildings are provided both flexibility and built in a more healthy and comfortable buildings by using natural fibers. In this study, a thin wool and cotton fiber waste, cotton yarn waste and paper samples in cement-sand mixture were prepared by adding the block. One out of four, including a simple cement, for a total of 4 units in the block created. Prepared cement blocks are encoded as A0, A1, A2, A3. According to the results of the study, A1 and A2's heat transfer coefficient is lower than A0, A3's heat transfer coefficient is higher than A0's heat transfer coefficient. A3's heat transfer coefficient is higher than A0 heat transfer coefficient because Fire-0 antifire solution is applied to paper and cotton fabric waste. As a result of this situation block remains moist. When cotton, wool, fabric and paper wastes are putting between two blocks as mattresses, the heat transfer coefficient has seen lower.

**Keywords:** Waste wool, Waste cotton, Waste fabrics, Waste paper, Insulation.

### 1. Giriş

En temel insan ihtiyaçlarından biri olan örtünme ve korunma amacıyla kullanılan tekstil ürünleri ticareti yüzyıllarca yapılmıştır. İplik yapımı, dokuma ve dikiş gibi teknikler MÖ. 5.000 yıllarından beri uygulanmaktadır (Gülyüz, 2011). Tekstil ürünleri kullanım alanlarına göre genel olarak; hazır giyim, hazır eşya (ev) ve teknik tekstiller olarak

gruplandırılmaktadır (Kozak, 2010). İnsanın varoluşu ile birlikte atık oluşumu da başlamıştır (Çakmakçı, 2012). İhtiyaç duymadığımız ve uzaklaştırdığımız her tür madde atık olarak tanımlanabilir. Çok çeşitli atık malzemelerinin (cam, kâğıt, alüminyum, plastik, pil, motor yağı, akümülatör, beton, organik atıklar, elektronik atıklar vb.) çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerle ikincil hammaddeye dönüştürülerek

\*Sorumlu Yazar: Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü 32260 Isparta – Türkiye, Tel: 0246 211 11 76, E mail: ibrahimucgul@sdu.edu.tr.

tekrar üretim sürecine dâhil edilmesine “geri dönüşüm” denilmektedir. Atıkların geri dönüşümü sayesinde; doğal kaynaklar korunmuş, enerji tasarrufu sağlanmış, atık miktarı azalmış, ekonomiye katkı sağlanmış, geleceğe yatırım yapılmış olacağı düşünülmektedir (Kozak, 2010). İplik üretimi ve boyanması, haşıl, kumaş dokunması ve boyanması, baskı yapılması, çeşitli tekstil ürünlerinin hazırlanması ve üzerlerine nakış yapılması gibi işlemler tekstille ilgili üretim birimlerinde gerçekleştirilmektedir. Bu üretim birimlerinde; parça kumaş, ilmar (iplik atıkları), şilte (pamuk balyalarında kullanılan kanaviçe), elyaf atığı, pamuk tozu, üstübü ve kadife tozu gibi endüstriyel katı atıklar oluşmaktadır (Kozak, 2010). Ülkemizde enerji fiyatlarındaki yüksek artışların etkisiyle, yalıtım teknolojilerine yatırım bilinci giderek artmaktadır. Avrupa Birliği’ne uyum çalışmaları çerçevesinde yapılan çalışmalar ve zorunlu standartların yürürlüğe girmesi yalıtım sektörünün geleceğine olumlu yansımaktadır (Kulaksızoğlu, 2006).

Yapılan çalışmada amaç, hem Türkiye’nin önemli sektörlerinden olan tekstil endüstrisinin üretime bağlı olarak giderek artan atık yoğunluğunu azaltmaya yönelik bir çalışma ortaya koymak, hem de yeni yürürlüğe giren ENVER (Enerji Verimliliği) Kanunu gereği binalarda zorunlu olan mantolama amaçlı izolasyon malzemeleri konusunda yeni seçenekler ortaya koymaktır. Ayrıca üretilen bu malzemeler ile bina enerji kayıplarının en aza indirilerek, enerji kaynakları bakımından dışa bağımlı olan ülkemize, ekonomik olarak katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

## 2. Tekstil Atıkları ve Geri Dönüşümü

Tekstil atıkları, tekstil fabrikalarında üretim sürecinde ortaya çıkan veya tüketicilerin tüketim sonrası çıkan atıklardır. Bu bağlamda, tekstil atıkları, tüketim öncesi ya da tüketim sonrası olarak sınıflandırılır. Tüketim öncesi atıkları, otomotiv, havacılık, ev bina, mobilya, yatak, kaba iplik, ev eşyaları, kâğıt, giyim ve diğer sanayiler için yeniden üretilen tekstil, elyaf ve pamuk sanayi yan ürünü malzemelerden oluşmaktadır. Tüketim sonrası atıklar, tüketicinin artık ihtiyaç duymadığı ve atmaya karar verdiği, herhangi bir giysi ya da tekstil materyallerinden yapılan ev eşyaları olarak tanımlanır. Bu materyaller ya çok eskidikleri ve yıprandıkları için ya da modası geçtiği için atılırlar (Katkar ve Bairgadar, 2012).

2010 yılı TÜİK verilerine göre, belediyelerin 52 tane düzenli depolama tesisi, 2 tane yakma tesisi, 5 tane kompost tesisi bulunmakta olup, bu bertaraf ve geri dönüşüm tesislerine getirilen toplam atık

miktarı 14.632.790 tondur ve bu atıkların 10.000 tonunu tekstil atıkları oluşturmaktadır.

Tekstil atıkları üç ana grup altında toplanabilir. Birincisi suni iplik fabrikalarından çıkan atıklar, ikincisi tekstil imalatı atıkları, üçüncüsü ise tüketicilerin tekstil atıklarıdır (Kozak, 2010). Tekstil atıkları, farklı uygulama imkânlarına sahip bina inşalarında, yeniden kullanılabilir malzeme gruplarını birleştirir. Bu tekstil atıkları, tekstil sektörü kökenli olabilir ya da artık kullanılmayan giysilerden kaynaklanabilir (Briga vd., 2012).

Polyester iplik fabrikaları başta olmak üzere fabrika atıkları, işlenerek tekrar iplik ve elyaf haline, atık kumaşlar ise yeniden elyaf haline getirilebilmektedir. Kâğıt yapımı, dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi, yeni iplik üretiminde de tekstil atıkları kullanılabilir. Parça kumaş büyük oranda geri kazanılırken iplik fabrikası atıkları yakılmakta veya çöpe atılmaktadır. Kadife tıraş tozunun beyaz olanı tutkal yapımında ve banknotlarda kullanılırken, renkli olanları atılmaktadır (Kozak, 2010).

Avrupa Birliği (AB)’nde, yıllık ortalama 5,8 ton tekstil ürünü, tüketiciler tarafından atılır. Bu tekstil ürünlerinden sadece 1,5 milyon tonu (%25) hayır kuruluşları ve endüstriyel işletmeler tarafından geri dönüştürülür. Kalan 4,5 milyon ton atık, çöpe veya atık yakma tesislerine gider (Briga vd., 2012).

Pamuk artıklarının keçemsi hale getirilmesi ile pamuk keçesi halindeki organik asıllı izolasyon malzemesi, Pamuk ve jüt artıklarının saç örgüsüne benzer formlarda halat şekline getirilmesiyle halat, hortum şeklindeki organik izolasyon malzemesi ve atık halindeki kısa olan asbest lifleri ile asbest lifli organik izolasyon malzemesi elde edilebilir. Ancak asbestin insan sağlığına zararlı etkisi bulunması nedeniyle izolasyon malzemesi olarak kullanılmaması gerekmektedir.

## 3. Yalıtım ve Yalıtım Malzemeleri

Yalıtım, herhangi bir yalıtım malzemesi kullanılarak, ortamdan dışarı doğru olan enerji akışının azaltılmasıdır (Yalıtım, 2013). Yalıtım çeşitleri ise; ısı yalıtımı, su ve neme karşı yalıtım, ses yalıtımı ve yangın yalıtımıdır.

### 3.1. Su ve neme karşı yalıtım

Yapı ömrü ve dayanıklılığı açısından en büyük tehdit ‘su’dur. Yapıya sızan su; yapıların taşıyıcı kısımlarındaki donatıları korozyona uğratarak yük taşıma kapasitesinin ciddi miktarlarda düşmesine, beton bütünlüğünün bozularak çatlak ve kırılmaların oluşmasına yol açmaktadır.

Ayrıca insan sağlığına zararlı küf, mantar ve benzeri organik maddelerin oluşumuna sebep olur. Yapıların, her yönden gelebilecek suya veya neme karşı korunmaları için, yapı kabuğunun yüzeyinde yapılan işlemlere 'su yalıtımı' denir (İzoder, 2013).

Su ve nemi geçirmeyen, genellikle petrol esaslı ürünlerden oluşan birçok yalıtım malzemesi vardır. Bunlar; tabii asfalt, suni asfalt, mastik asfalt, bitüm, katran, bitüm emülsiyonu, rüberoit (asfaltla doyurulmuş karton), asfaltlı cam tülü yalıtım pestili, asfaltlı cam dokuma yalıtım pestili vb. ile birlikte kullanılan kanaviçe ve jüt bezidir.

### 3.2. Isı yalıtımı

Farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı transferini azaltmak, diğer bir deyiş ile ısı yalıtımı, kışın ısınmak, yazın da serinlemek için harcadığımız enerjiyi azaltmak ve daha rahat ortamlarda yaşamak amacıyla binaların dış cephe duvarları, cam ve doğramaları, çatıları, döşemeleri ve tesisatlarında, ısı geçişini azaltan önlemlerin alınmasıdır. Bunu sağlayan malzemelere ısı yalıtım malzemesi adı verilmektedir (Kulaksızoğlu, 2006).

Isı yalıtım malzemelerini birbirinden ayıran en temel özellik, ısı iletim katsayılarıdır. ISO (International Organization for Standardization) ve CEN (European Committee for Standardization) Standartları'na göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanırken diğer malzemeler yapı malzemesi kapsamına girmektedir (Kulaksızoğlu, 2006).

Isı yalıtım malzemelerinde, uygulama alanlarına göre aranması gereken özellikler;

- Isı İletim Katsayısı (W/mK)
- Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)
- Yangın sınıfı (DIN (Deutsches Institut für Normung) 4102, BS (British Standards) 476)
- Sıcaklık dayanımı (°C)
- Mekanik dayanım (kPa)
- Buhar difüzyon direnci
- Su emme
- Boyutsal kararlılıktır (Kulaksızoğlu, 2006).

Isı geçişinin azaltılmasıyla, ısı yalıtım malzemeleri aşağıdaki ısı fonksiyonlarının bir ya da birkaçına hizmet edebilmektedir.

1. Boruların, kanalların, depoların, cihaz ve yapıların ısı kaybı ve kazancını azaltarak enerjiyi korur.
2. Kişisel korunma ve konfor gayesi için cihazların veya yapıların yüzey sıcaklıklarını kontrol eder.
3. Kimyasal işlemlerin, küçük bir cihazın veya bir yapının sıcaklığını kontrol etmede yardımcı olur.

4. Ortam havasının çığ noktası altındaki sıcaklıklarında yüzeyde su buharının yoğunlaşmasını önler.

5. Sistemde ısıtma veya soğutma mevcut değilse veya ihtiyacı yoksa bu sistemin içerisindeki sıcaklık dalgalanmasını düşürür.

6. Kişisel konforun artırılması için iklimlendirme yapılmış bir ortam içindeki sıcaklık dalgalanmalarını azaltır. Yangına karşı koruma sağlar (ASHRAE, 1997).

Isı yalıtımı normalde şu temel malzeme ve karmalarını içerir; Cam, kaya ve cüruf yünü gibi organik olmayan, lifli ve hücreli malzemeler; kalsiyum silikat, bileşik perlit, vermikülit (hido silikat minerallerinin ısıtılarak genişletilmesinden elde edilir), seramik mamuller ve amyant. Amyantın kanserojen bir madde olduğu ispatlanmış olup, bu madde ile karşılaşıldığında çok dikkat gösterilmelidir.

- Pamuk, hayvan tüyü ve kılı, ahşap, kâğıt hamuru, kamış gibi lifli organik maddeler veya sentetik lifler ve mantar, sünger gibi hücreli organik malzemeler, polistren, poliüretan ve diğer polimerler. Metalik veya metalleştirilmiş organik yansıtıcı yüzeyler. Bu yüzeylerin etkili olmaları için havaya, gaz dolgulu veya vakumlu boşluklara bakmaları gerekmektedir (ASHRAE, 1997).

### 3.3. Ses yalıtımı

İnsan kulağında işitme duyusunu uyaran, titreşim yapan bir kaynağın hava basıncında oluşturduğu dalgalanmalarla meydana gelen fiziksel olaya ses denilmektedir. İnsan kulağı, 20 Hz ile 20.000 Hz arasındaki sesleri işitebilmektedir. Sesin işitilebilmesi için şiddetinin belli bir düzeye erişmesi gerekmektedir. İnsan sesleri ise 250-500-1000-2000 Hz'lik frekanslarda yer almaktadır. Eğer bu ses dalgası gelişigüzel bir spektrumda yer alıyorsa ya da diğer bir deyişle istenmeyen bir ses ise buna 'gürültü' adı verilmektedir. Gürültüyle mücadele metotları 'akustik düzenleme' ve 'ses yalıtımı' olarak ikiye ayrılmaktadır (Hilali, 2013). Isı yalıtımı için kullanılan malzemeler, ses yalıtımında da kullanılabilir.

### 3.4. Yangın yalıtımı

Yapıların iç ve dış etkenlerden kaynaklanan yangınlardan korunması yangın yalıtımı ile sağlanabilmektedir. Yangın yalıtım sistemlerinin esas amacı; yapı bileşenleri ve taşıyıcı sistemi dış etkenlerden koruyarak, kullanım amacına uygun sağlık ve konfor şartlarını sağlamaktır (MEGEP, 2006).

Türk standartlarının da tabii olduğu EN13501-1 standardında yapı malzemelerinin yanıcılık sınıflandırılmasında A grubu (A1, A2), B grubu (B1, B2, B3), C, D, E, F kodları kullanılmaktadır (Fire-0, 2007). Bu kodlara göre;

A1 Yanmaz malzemeler

A2 Yanmaz malzemeler

B1 Zor alev alan malzemeler

B2 Normal alev alan malzemeler

B3 Kolay alev alan malzemeler

C Yangına sınırlı boyutlarda katkıda bulunan malzemeler

D Yangına kabul edilebilir boyutlarda katkıda bulunan malzemeler

E Yangına karşı tepki performansı kabul edilebilir olan malzemeler

F Yangına karşı tepki performansı belirlenemeyen malzemeler

d0 Alev damlacıkları veya parçacıkları meydana gelmeyen

d1 Alev damlacıkları veya parçacıkları çabucak sönen

d2 Alev damlacıkları veya parçacıklarının teşkili

d0 ve d1 sınıflarının gerekliliklerini karşılamayan

s1 Duman oluşumu çok sınırlı

s2 Duman oluşumu sınırlı

s3 Duman oluşumu s1 ve s2 sınıflarının gerekliliklerini karşılamayan malzemelerdir (Fire-0, 2007).

#### 4. Materyal ve Yöntem

Yapılacak çalışmadaki amaç, ısı iletim katsayısı düşük yalıtım malzemesi oluşturmaktır. Bunun için önce kullanılacak materyal temini yapılmıştır.

Kullanılan materyaller;

- Göltaş Puzolanik Çimento
- Yün elyaf atıkları
- Pamuk elyaf atıkları
- Atık pamuk ipliği
- Kumaş atıkları
- Kâğıt atıkları
- Selülozik elyaflara yanmazlık özelliği kazandıran, Fire-0 Alev Almazlık Solüsyonu 'dur.

Ayrıca hazırlanan karışımları içerisine dökmek için 40x40x5 ahşaptan kalıplar hazırlanmıştır. Şekil 1a'da temin edilen atık pamuk lifi, şekil 1b'de temin edilen atık yün lifi gösterilmektedir.

Şekil 2a'da atık pamuk ipliği, şekil 2b'de kumaş atıkları ve şekil 2c'de kâğıt atıkları gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1. Temin edilen atık lifler a) Atık pamuk lifi, b) Atık yün lifi



(a)



(b)



(c)

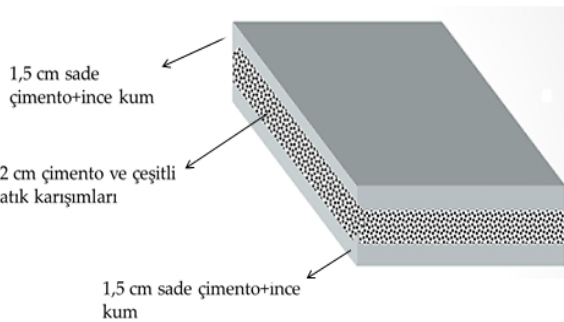
Şekil 2. Deneyde kullanılan çeşitli atıklar a) Atık pamuk ipliği, b) Atık kumaşlar, c) Atık kâğıt

Şekil 3’de ise selülozik elyaflara yanmazlık özelliği kazandıran Fire-0 Alev Almazlık Solüsyonu görülmektedir.



Şekil 3. Fire-0 Alev Almazlık Solüsyonu

Temin edilen pamuk ve yün liflerinin boyları kesilerek kısaltılmış, kâğıt ve kumaş atıkları da küçük parçalar haline getirilmiştir. İstenilen boyutlar sağlandıktan sonra önce referans olması için sade çimento-ince kum karışımı hazırlanıp kalıba dökülmüştür. Bu karışım A0 ile kodlanmış ve kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra ikinci kalıba geçilmiş, ikinci kalıbın alttan 1,5 cm’sine sade çimento+ince kum karışımı dökülmüş ve üzeri sıva filesi ile kaplanmıştır. 2 cm’sine çimento-ince kum ve hassas tartıyla ölçülen 125 gr yün atıkları eklenip, karıştırılıp dökülmüş ve üzeri yine sıva filesi ile kaplanmıştır. Kalan 1,5cm’e ise yine sade çimento+ince kum karışımı hazırlanıp dökülmüş, A1 ile kodlanmış ve kurumaya bırakılmıştır. Aynı işlem 50 gr pamuk atıkları ve 100 gr kumaş - 55 gr kâğıt atıklarına uygulanmış ve sırasıyla A2 ve A3 olarak kodlanmıştır. Aşağıdaki şekil 4’de sade çimentonun ve çimento-atık karışımının kalıba dökülme oranları verilmiştir.



Şekil 4. Sade çimentonun ve çimento-atık karışımının kalıba dökülme oranları

Hazırlanan bloklardan bir tanesi sade olmak üzere 4 tane çimentodan oluşan bloklar hazırlanmıştır. Çimentoyla hazırlanan bloklar; içerdikleri atıklara göre A0, A1, A2, A3 olarak kodlanmıştır. Aşağıdaki Tablo 1’de içeriklerine göre kodlanan bloklar verilmiştir.

Tablo 1. İçeriklerine göre blokların kodlaması

A0	Sade çimento blok
A1	Yün atıklarıyla oluşturulan blok
A2	Pamuk atıklarıyla oluşturulan blok
A3	Kâğıt, PES ve pamuk kumaş atıklarıyla oluşturulan blok

Pamuk ipliği ve pamuk atıklarıyla oluşturulan A2 bloğunda pamuk iplikleri çapraz halde yerleştirilmiş böylece bloğa mukavemet de kazandırılmıştır. Aşağıdaki Şekil 5’de pamuk ipliklerinin yerleştirilmesi verilmiştir.



Şekil 5. Kalıba pamuk ipliklerinin yerleştirilmesi

Numuneler 1 atm. basınçta 25 °C’de 1 hafta kadar bekletildikten sonra ısı iletim katsayı ölçümlerine geçilmiştir. Numunelerin ısı iletim katsayı ölçümleri, Süleyman Demirel Üniversitesi bünyesinde bulunan, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından yapılmıştır. POMZA-MER’de ısı iletim katsayısı ölçümleri için kullanılan mekanizma şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Isı iletim katsayısı ölçüm mekanizması

Kullanılan bu mekanizma sadece 20x20x5 cm ölçülerindeki numuneler içindir. O yüzden hazırlanan numuneler bu ölçülerde oluşturulmuştur. Mekanizmanın orta kısmına numune yerleştirilmiş ve numunenin farklı yüzeylerine termokupullar yerleştirilerek sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.

### Isı transferi

Isı transferinin fiziki mekanizması genellikle oldukça karmaşık olmakla beraber, literatürde üç tür ısı transferi mekanizması tanımlanır. Bunlar;

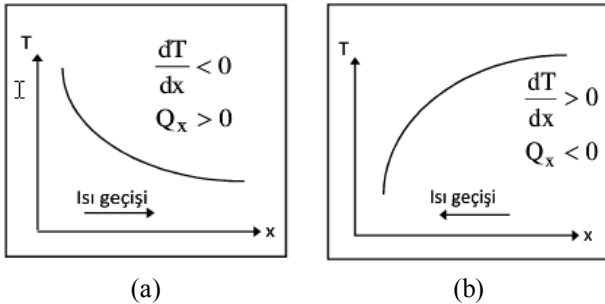
- Isı iletimi
- Isı taşınımı
- Isı ışınımıdır (Yüncü ve Kakaç, 1999).

### Sürekli rejimde tek boyutlu ısı iletimi

Isı iletimi; bir katı malzeme veya durgun akışkan içerisindeki sıcak bir bölgeden daha soğuk bir bölgeye doğru ısının geçmesidir. Bir katı cisim içinde sıcaklık farkları varsa yüksek sıcaklık bölgesinden düşük sıcaklık bölgesine ısı, iletim yolu ile geçer. İletimle ısı geçişi deneysel gözlemlere dayanan Fourier kanunu ile belirlenmektedir. Fourier kanununa göre herhangi bir yönde (örneğin x yönünde) geçen ısı miktarı, x yönündeki sıcaklık gradyanı (sıcaklık değişim miktarı)  $dT/dx$  ve ısı geçiş yönüne dik alan  $A$  ile orantılıdır. Fourier kanununun matematiksel ifadesi;

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad [W] \quad (1)$$

şeklinde. Burada;  $Q_x$ , x yönünde ve bu x yönüne dik  $A$  alanı üzerinden geçen ısı miktarıdır. Orantı sabiti  $k$ , ısı iletim katsayısı olarak adlandırılır ve maddenin bir özelliğidir. Eşitlik (1)'deki (-) işareti ısı geçiş yönünü belirlemektedir. Şekil 7a' da görüldüğü gibi eğer sıcaklık x yönünde azalıyor ise  $dT/dx$  negatiftir ve ısı geçişi pozitif x yönünde olmalıdır. Şekil 7b' de görüldüğü gibi eğer  $dT/dx$  pozitif ise  $Q_x$  negatif olur ve bu durumda da ısı akışı negatif x yönündedir (Isı iletim, 2013).



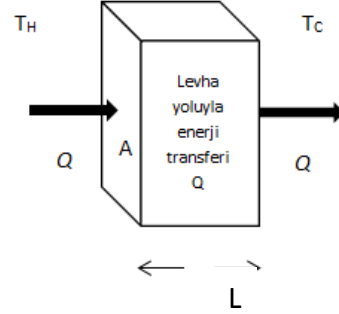
Şekil 7. Sıcaklık değişim hızına bağlı olarak ısı geçiş yönleri (Isı iletim, 2013).

x yönündeki sıcaklık değişimi ise;

$$\frac{dT}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta T} \quad (2)$$

şeklinde tanımlanır (Isı iletim, 2013).

Şekil 8'de levha yoluyla sıcak ortamdan soğuk ortama enerji transferi verilmiştir.



Şekil 8. İki düzlem yüzey arasındaki ısı iletimini (Methods of heat transfer, 2012)

İki düzlem arasında iletim olduğu için (örneğin, bir evin duvarı boyunca olan ısı kaybı) ısı transfer oranı;

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_H - T_C}{L} \quad (3)$$

$T_H$  = sıcak ortam sıcaklığı

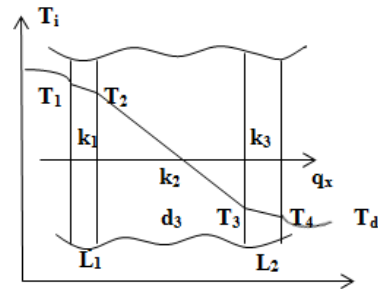
$T_C$  = soğuk ortam sıcaklığı

$L$  = yüzey kalınlığı

şeklinde (Methods of heat transfer, 2012).

### Bileşik düzlem duvarda ısı iletimi

Şekil 9'da görülmekte olan, üç farklı yapı malzemesinden oluşan bir dış duvarda, iç taraftaki sıcaklık  $T_i$ , dış taraftaki sıcaklık  $T_d$ 'dir.



Şekil 9. Bileşik düzlem duvarda sıcaklık gradyanı (Yetim, 2007).

Bileşik düzlem duvarda sürekli rejimde duvarın her noktasında ısı akışı aynı, iç taraftaki ısı taşınım katsayısı  $h_i$ , dış taraftaki ısı taşınım katsayısı  $h_d$ , malzemelerin ısı iletim katsayıları  $k$  ve kalınlıkları  $d$  olduğuna göre;

$$q = h_i (T_i - T_1) \quad \Rightarrow \quad (T_i - T_1) = \frac{q}{h_i} \quad (4)$$

$$q = \frac{k_1}{L_1}(T_1 - T_2) \rightarrow (T_1 - T_2) = \frac{qL_1}{k_1} \quad (5)$$

yazılabilir. Benzer şekilde her katman için eşitlikler yazılıp taraf tarafa toplanırsa toplam ısı transferi (1 m<sup>2</sup> yüzey için );

$$q_{\text{toplam}} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_d}} \quad (6)$$

şeklinde yazılabilir ( Yetim, 2007).

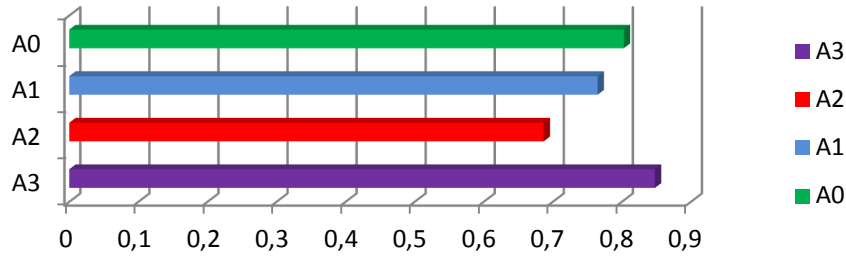
### 5. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Yapılan çalışmada yün, pamuk, kumaş ve kâğıt atıkları içeren, çimento ile hazırlanan blokların ısı iletim katsayı ölçümleri yapılmıştır. A0, A1, A2 ve A3 bloklarına ait veriler Tablo 2’de verilmiştir

**Tablo 2.** Çimento ve çeşitli atıklarla hazırlanan A0, A1, A2, A3 bloklarına ait veriler

	A0	A1	A2	A3
Numune Boyu (mm)	400,00	400,00	401,00	400,00
Numune Geniřliđi (mm)	200,50	202,40	203,10	204,00
Numune Kalınlığı (mm)	53,70	49,70	50,50	54,80
Deney Öncesi Numune Ağırlığı (gr)	7340	6638	6287	7895
Numune Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )	0,0802	0,0810	0,0814	0,0816
Kuru Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1704,31	1649,72	1528,61	1765,56
Numune Yüzeyi Sıcaklık Farkı-T <sub>1</sub> -T <sub>2</sub> (°C)	17,21	18,37	19,56	17,05
Isı Akışı-Q (W)	20,637	22,887	21,664	21,527
Numune Isı İletkenlik Deđeri (W/mK)	0,803	0,765	0,687	0,848

### Çimentoyla Hazırlanan Blokların Isı İletim Katsayı Değerleri (k)



**Şekil 10.** A0, A1, A2, A3 bloklarının ısı iletim katsayı değerleri

Çimento ve atıklarla hazırlanan A0, A1, A2, A3 bloklarının ısı iletim katsayı değerleri Şekil 10’da verilmiştir.

Şekil 10’a göre, A0 bloğunun (sade çimento) ısı iletim katsayısı, 0,803 W/mK’dir. A1 bloğunun 0,765 W/mK, A2 bloğunun 0,687 W/mK, A3 bloğunun ise 0,848 W/mK’dir. Bir yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ne kadar düşük olursa o kadar iyi izolasyon sağlar. Tabloda görüldüğü üzere, A1 ve A2 bloklarının ısı iletim katsayı değerleri A0’ a göre düşük çıkmıştır. A3’ün ısı iletim katsayısı ise A0’a göre yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi, Fire-0 alev almazlık solüsyonu uygulanan kâğıt ve kumaş atıklarının A3 bloğu içerisinde nemli kalmalarıdır. Nem, ısı iletim katsayısını yükselten bir etkidir. A1 bloğu; yün atıklarıyla oluşturulan blok, A2 bloğu; pamuk atıklarıyla oluşturulan blok, A3 bloğu ise kâğıt atıkları ve atık kumaşlarla oluşturulan bloktur. Buna göre

çimento ile hazırlanan yalıtım malzemesinde, yün ve pamuk liflerinin katkı malzemesi olarak kullanılması ısı iletim katsayısını düşürerek iyi bir yalıtım sağlamaktadır. Tablo 3’de, ısı iletim katsayıları verilen yün, pamuk, kâğıt ve polyester gibi atıkların bina arası boşluklarda izolasyon amaçlı şilteler şeklinde kullanılması mümkündür. Bu amaçla kullanım varsayılarak, aşağıda bazı hesaplamalar yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

**Tablo 3.** Pamuk, yün, kâğıt ve polyesterin ısı iletim katsayı değerleri (Marmaralı, 2006)

	Isı İletim Katsayısı (W/mK)
Pamuk	0.071
Yün	0.054
Kâğıt	0.05
Polyester	0.14

1,5 cm'lik çimentodan oluşturulan iki blok arasında sadece pamuk, şilte halinde yerleştirilirse;

$$\frac{1}{k_{A1}} = \frac{1}{k_0} + \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_0} \quad (7)$$

$k_0$ = Çimentonun ısı iletim katsayısı  
 $k_1$ = Pamuğun ısı iletim katsayısı

(7)'deki eşitlik yerine değerler konularsa;

$$\frac{1}{k_{A1}} = \frac{1}{0,803} + \frac{1}{0,071} + \frac{1}{0,803}$$

$$\frac{1}{k_{A1}} = 16,574$$

$k_{A1}$  = 0,0603 W/mK olarak bulunur.

Yine 1,5 cm'lik çimentodan oluşturulan iki blok arasında sadece yün, şilte halinde yerleştirilirse;

$$\frac{1}{k_{A2}} = \frac{1}{k_0} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_0} \quad (8)$$

$k_2$ = Yünün ısı iletim katsayısı

$$\frac{1}{k_{A2}} = \frac{1}{0,803} + \frac{1}{0,054} + \frac{1}{0,803}$$

$$\frac{1}{k_{A2}} = 21,008$$

$k_{A2}$  = 0,047 W/mK olarak bulunur.

Kâğıt, polyester ve pamuk kumaş karışımları eşit miktarlarda 1,5 cm'lik iki blok arasında konularak ölçüm yapılırsa;

$$\frac{1}{k_{A3}} = \frac{1}{k_0} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_0} \quad (9)$$

$k_3$ = PES kumaş, Pamuk kumaş, kâğıt karışımının ısı iletim katsayısı;

$$\frac{1}{k_3} = \frac{1}{0,071} + \frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,05}$$

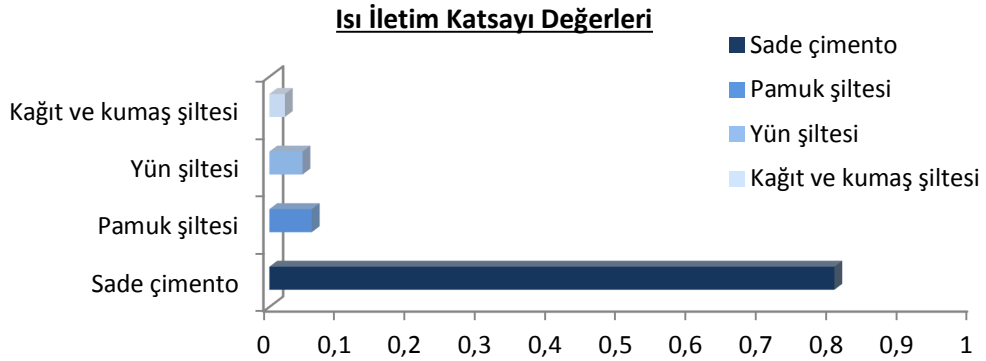
$k_3$  = 0,024

$$\frac{1}{k_{A3}} = \frac{1}{0,803} + \frac{1}{0,024} + \frac{1}{0,803}$$

$$\frac{1}{k_{A3}} = 43,76$$

$k_{A3}$  = 0,022 W/mK olarak bulunur.

Her bir şilte için ısı iletim katsayılarının sade çimento ile karşılaştırılmış hali Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Şiltelerin ısı iletim katsayılarının sade çimentonun ısı iletim katsayısı ile karşılaştırılması

İşlemler sonucu çıkan ısı iletim katsayı değerlerine bakıldığında, atıkların çimento ile karıştırılmadan, şilteler halinde ara boşluklara uygulandıklarında, şiltelerin ısı iletim katsayıları oldukça düşük çıktığından iyi bir ısı yalıtımı sağlamış olacağı görülmektedir.

## 6. Sonuç

İnsanoğlunun varoluşuyla birlikte atık kavramı da ortaya çıkmıştır. Artık ihtiyaç duyulmayan ve

uzaklaştırılmak istenen her türlü maddeye atık denilmektedir. Bu atıkların tekrar kullanılabilir hale getirilmesine ise geri dönüşüm denilmektedir. Geri dönüşüm sayesinde; atık yoğunluğu azaltılmakta, tasarruf sağlanmakta ve çevre korunmaktadır. Bununla birlikte ekonomiye de katkı sağlanmaktadır.

Ülkemizde önemli bir yeri olan tekstil endüstrisinde de çok çeşitli atıklar ortaya çıkmaktadır. Tüketim öncesi ya da tüketim sonrası olarak sınıflandırılan



tekstil atıkları, üretimden kaynaklanan her türlü lif, iplik ve kumaşlardan oluşabileceği gibi, tüketimden kaynaklananlar ise daha büyük bir çeşitliliğe sahiptir.

Bu kadar büyük miktar atığın yeniden değerlendirilmesi ve ekonomiye kazandırılması ülkemiz için büyük bir kazanç olacaktır. Bu atıkların değerlendirilmesinde ülkemizde yeni uygulamaya konan binalarda ısı izolasyonu amaçlı mantolama ile ilgili yasal düzenlemeler, bu atıkların yalıtım malzemesi olarak kullanılabilmesi yolunu da açmıştır. Tekstil atıklarının izolasyon malzemesi olarak kullanılmasıyla hem yapıda esneklik sağlanmış hem de doğal liflerin kullanılmasıyla sağlıklı bir ortam oluşturulmuş olunacaktır.

Bu çalışmada atıklar kullanılarak yalıtım malzemesi üretilmiştir. Çimento-ince kum ve çeşitli atık karışımları ile harçlar hazırlanıp ısı iletim katsayı değerleri analiz edilmiştir. Yapılan bu analizlere göre tekstil endüstrisi atıklarının yalıtım amaçlı izolasyon maddesi olarak hem kompozit oluşturularak hem de şilteler halinde (ara boşluklara) uygulanabileceği ortaya konmuştur. Çalışmada elde edilen bilgi ve bulguların, enerji ihtiyacının bir sonucu olan enerji tasarrufu gerekliliği ile birlikte önem kazanan yalıtım sektörüne katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

### Teşekkür

Bu araştırma için Yün atıkları teminde yardımcı olan ÇAM Halı'ya ve selülozik atıklar için yanmazlık özellik kazanması açısından Fire-0 solüsyonunu temin eden İnnotra Kimya Çözümleri San. Tic. Ltd. Şti.'ne, numunelerimin ısı iletim katsayısı ölçümlerini yapan başta POMZA-MER Müdürü Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ olmak üzere tüm POMZA-MER çalışanlarına, SDÜ-YEKARUM ve tüm çalışanlarına, 3294-YL1-12 No'lu Proje ile çalışmayı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na yazarlar teşekkür ederler.

### Ekler

A	Isı Transfer Alanı (m <sup>2</sup> )
L	Kalınlık (mm)
T <sub>h</sub>	Sıcak Ortam Sıcaklığı
T <sub>c</sub>	Soğuk Ortam Sıcaklığı
h	Isı Taşınım Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
Hz	Hertz
k	Isı İletim Katsayısı (W/mK)
kPa	Kilopascal
Q	Isı Miktarı (W)
W	Watt
Δ	Fark

### Kaynaklar

- [1] ASHRAE TC 4.4, 1997. Isı Yalıtımı ve Buhar Kesiciler-Esaslar. Çev. Özgüç, F., Genceli, O. F. (Ed.), Alaş Ofset, İstanbul.
- [2] Briga-Sa, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H., Paiva, A., 2012. Textile Waste as an Alternative Thermal Insulation Building Material Solution. Construction and Building Materials, 38, 156.
- [3] Çakmakçı, M., 2012. Endüstriyel Atık Yönetimi. Erişim tarihi: 22.12.2012. <http://www.isguvenligi-uzmani.org/cevre-gorevlisi-notlari/endustriyel-atik-yonetimi-ders.html>
- [4] Fire-0 Alev Almazlık Solüsyonu Tanıtım Kitapçığı, 2007. Erişim tarihi: 25.01.2013. [http://innotra.org/fireo/Fire-O\\_TR.pdf](http://innotra.org/fireo/Fire-O_TR.pdf)
- [5] Gülyüz, Ö., 2011. Küresel Gelişmeler Işığında Türkiye'de Tekstil Sektörü ve Geleceği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tezsiz Yüksek Lisans Bitirme Projesi, 3s, Isparta.
- [6] Hilali, İ., 2013. Ses Yalıtımı Ders Notları. Erişim tarihi: 14.03.2013. [http://eng.harran.edu.tr/~ihilali/ses\\_yalitimi.pdf](http://eng.harran.edu.tr/~ihilali/ses_yalitimi.pdf)
- [7] Isı İletim, 2013. Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi Deneyi. Erişim Tarihi: 16.03.2013. <http://www.belgeler.com/blg/31n7/isi-iletim-katsayisinin-belirlenmesi>
- [8] İZODER, 2013. Su yalıtımı. Erişim tarihi: 10.05.2013. [http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/su\\_yalitimi/su-yalitimi.pdf](http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/su_yalitimi/su-yalitimi.pdf)
- [9] Katkar, P., M., Bairgadar, S.M., 2012. Textile Waste Recycling. Erişim Tarihi: 30.04.2012. <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/28/2726/textile-waste-recycling1.asp>
- [10] Kozak, M., 2010. Tekstil Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Alanlarının Araştırılması. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6, 65-68.
- [11] Kulaksızoğlu, Z., 2006. Isı Yalıtım Sektör Araştırması. İstatistik Şubesi.
- [12] Marmaralı, A., Dönmez Kretzschmar, S., Özdiş, N., Gülsevin Oğlakçıoğlu, N., 2006. Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler. Tekstil ve Konfeksiyon, 4, 241-244.
- [13] MEGEP (Mesleki eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi), 2006. Yangın yalıtımı. Erişim tarihi: 10.11.2012. <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kurspr ogramlari/insaat/moduller/YanginYalitim.pdf>
- [14] Methods of Heat Transfer, 2012. Erişim Tarihi:21.11.2012. [http://www.physics.usyd.edu.au/teach\\_res/jp/therm al/ptD\\_transfer.ppt](http://www.physics.usyd.edu.au/teach_res/jp/therm al/ptD_transfer.ppt)
- [15] Yalıtım 2, 2013. Erişim tarihi: 10.03.2013. <http://www.belgeler.com/blg/2oqx/yalitim>

[16] Yetim, İ.Y., 2007. Yapı Elemanlarının Özgül Isıların ve Buhar Difüzyon Direnç Katsayılarının Belirlenmesi. Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi, 34-34s, İzmir.

[17] Yüncü, H., Kakaç, S., 1999. Temel Isı Transferi. Bilim Kitabevi, 2s, Ankara.