



KOMPOZİT MALZEME İLE KAPLANMIŞ KUMAŞLARIN KORUYUCU TEKSTİL OLARAK KULLANIMI ÜZERİNE TEKNİK BİR ANALİZ

Güler ÖNCÜ^{1*}, Nükhet ŞAPCI²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Tekstil Bölümü, Isparta, Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
Güç Tutuşurluk, Mikronize Pomza, Koruyucu Tekstil.	Günümüzde, düşük maliyetli, çevre dostu ve doğal kaynaklı malzemelerin kullanımı, tekstil sektörü de dahil olmak üzere birçok sektörde ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma, %100 pamuklu ve polyester kumaşlar mikronize pomza ile kaplanarak güç tutuşurluk özelliklerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, kumaş yüzeylerine mikronize pomza uygulanarak yüzey morfolojisi Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Kumaşların güç tutuşurluk, hava geçirgenliği ve yırtılma mukavemeti özellikleri, standart test yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Kaplama uygulanmış kumaşların hava geçirgenliği değerlerinde azalma gözlenmiştir. Güç tutuşurluk analizlerinde, pamuklu kumaşların polyester kumaşlara kıyasla daha iyi özellik sergilediği belirlenmiştir. Pomza katkılı kumaşların, katkısız kumaşlara göre ateşleme ve numune yanma süresinde belirgin iyileşme gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca, kumaşların çözgü ve atkı yönlerinde yırtılma mukavemetinde artış kaydedilmiştir. Koruyucu tekstil uygulamaları için uygun olabilecek bir işlem aşaması, kompozit malzeme ile kaplanmış polyester ve pamuk kumaşlar üzerinde geliştirilmiştir.

A TECHNICAL ANALYSIS ON THE USE OF FABRICS COATED WITH COMPOSITE MATERIALS AS PROTECTIVE TEXTILES

Keywords	Abstract
Flame Retardant, Micronized Pumice, Protective Textile.	Nowadays, the use of low-cost, environmentally friendly and naturally sourced materials has come to the forefront in many sectors including the textile sector. This study aims to investigate the flame retardancy properties of 100% cotton and polyester fabrics by coating them with micronized pumice. For this purpose, micronized pumice was applied to the fabric surfaces and the surface morphology was examined with Scanning Electron Microscope (SEM). Flame retardancy, air permeability and tear resistance properties of the fabrics were evaluated with standard test methods. A decrease was observed in the air permeability values of the coated fabrics. In flame retardancy analyses, it was determined that cotton fabrics exhibited better properties compared to polyester fabrics. It was determined that pumice-added fabrics showed a significant improvement in ignition and sample burning time compared to fabrics without additives. In addition, an increase in tear resistance was recorded in the warp and weft directions of the fabrics. A process step that may be suitable for protective textile applications was developed on polyester and cotton fabrics coated with composite material.

Alıntı / Cite

Öncü, G., Şapcı, N., (2025). Kompozit Malzeme ile Kaplanmış Kumaşların Koruyucu Tekstil Olarak Kullanımı Üzerine Teknik Bir Analiz, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 13(1), 17-27.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
G.Öncü,0000-0002-3139-4554	Başvuru Tarihi / Submission Date 18.04.2024
N. Şapcı, 0000-0002-8390-9134	Revizyon Tarihi / Revision Date 03.11.2024
	Kabul Tarihi / Accepted Date 22.11.2024
	Yayın Tarihi / Published Date 20.03.2025

* İlgili yazar / Corresponding author: guleroncu@isparta.edu.tr, +90-246-214-6930

A TECHNICAL ANALYSIS ON THE USE OF FABRICS COATED WITH COMPOSITE MATERIALS AS PROTECTIVE TEXTILES

Güler Öncü^{1†}, Nükhet Şapçı²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Tekstil Bölümü, Isparta, Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Isparta, Türkiye

Highlights

- Investigation of flame retardant properties of different types of fabrics
 - Investigation of the flame retardant effect of micronized pumice material in the textile industry,
 - Evaluation of micronized pumice rock in protective textiles
-

Purpose and Scope

Conducting new research for the use of micronized pumice in the textile industry.

Design/methodology/approach

Coating with micronized pumice on woven fabrics,
Use and effects of micronized pumice in the textile industry,
Evaluation of applied fabrics with test results.

Findings

Flame retardancy, air permeability and tear strength of the fabrics were tested using standard methods. It has been decided that coating application with micronized pumice on woven fabrics is suitable for use in protective textiles in the textile industry.

Practical implications

There is room for more research on various rock and fabric varieties.

Social Implications

Increasing such studies and expanding their use will also be effective in meeting the demand for technical textile products.

Originality

There are a very limited number of studies on the use of micronized pumice in protective textiles. Therefore, our work is original and a source.

1. Giriş (Introduction)

Tehlikeli şartlarda çalışanlar için kullanılan elyaf hammaddeli malzemeler koruyucu tekstiller olarak tanımlanmaktadır. Koruyucu tekstiller kimyasal, biyolojik, mekanik etkilere, radyasyona, elektrik veya termal koruyucu gibi tehlikeli maddelere karşı güvenliği sağlayıcı özelliklere sahip olmalıdır. Koruyucu tekstillerde aranan performans özellikleri koruma, konfor ve dayanıklılık olarak gösterilebilir.

Güç tutuşur teknik tekstillerin amacı ise insan cildinin alev, ısı, kıvılcım ve damlalar, sıcak gazlar ve buharlara karşı korunmasını sağlamaktır (Horrocks ve Anand, 2000). Organik malzemelerde bulunan yüksek karbon ve hidrojen içeriği nedeniyle kolayca yanabilmektedir (Varghese ve Thilagavathi, 2015; Liu, vd., 2016). Pamuklu kumaşlarda termal bozunma karbonizasyona neden olmakta, polyester ise eriyerek damlamaktadır (Carosio vd., 2012). Tekstillerin yanıcılığını azaltmak için kullanılan dört yöntem vardır. Birincisi, yüksek performanslı elyaf, ikincisi liflerin kopolimerizasyon veya kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesidir. Sentetik elyaf için aleve karşı korumanın en yaygın ve etkili yöntemi, işleme sırasında aleve dayanıklı kimyasalların eklenmesidir. Genellikle tercih edilen diğer yöntemlerden biri de kumaşın kimyasallarla yüzey kaplama işlemine tabi tutulmasıdır. (Horrocks, 1996, 2011; Levchik ve Weil, 2004). Son yıllarda, daha düşük maliyetli ve çevre dostu güç tutuşur maddelerin üretimi ve kullanımına yönelik çalışmalar artış göstermiştir. Yeni yöntemler arasında plazma işlemi ile yüzey modifikasyonu, mikrokapsül uygulamaları ve nanoteknoloji uygulamaları dikkat çekmektedir (Covaci vd., 2011; Wang, vd., 2015; Horrocks 2011).

[†] Corresponding author: guleroncu@isparta.edu.tr, +90-246-214-6930

Bulut ve Akçalı, 2022'de yaptıkları bir çalışmada %100 polyester dokuma kumaş numunelerini amorf silika, pomza ve kolemanit gibi doğal esaslı malzemeler ile sol jel yöntemi kullanarak pigment baskı tekniği ile kaplayarak baskı fiksajını gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada farklı katkı oranları kullanarak numune kumaşların yüzey analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Aşınma direnci, UV, mukavemet ve hava geçirgenliği özellikleri tespit edilerek sonuçları değerlendirmişlerdir. Böylece farklı alanlarda kullanım olanaklarına sahip, düşük sıcaklık ve düşük enerji maliyetli, az miktarlarda kimyasal kullanımına imkân sağlayan yeni bir endüstriyel işlem adımını gündeme getirmişlerdir.

Pomza tozu katkılı formülasyonlarla üretilen ahşap plastik kompozit panellerin mekanik ve yanıcılık özellikleri, laboratuvar koşullarında geleneksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, kompozitlerin yanıcılık özelliklerinin pomza eklenmesiyle azaldığını göstermiştir. Bu sonuçlar, pomza tozunun epoksi ve ahşap karışımları üzerinde gerilim dayanımı, sertlik ve güç tutuşur özellikler açısından olumlu katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır (Koyuncu, 2018).

Kompozit malzeme üretimiyle ilgili bir diğer çalışmada, modifiye edilmiş pomza taşı bazlı aktif nano dolgu ve ticari aktif dolgu maddelerinin kombinasyonu kullanılarak üretilen cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozitlerin yangına dayanıklılığı ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, CETP kompozitlerin yangına dayanıklılığında, tutuşma süresindeki artış ve yanma hızındaki düşüş ile belirgin bir iyileşme gözlemlenmiştir (Rakhman vd., 2022).

Tekstil pomzası olarak adlandırılan iyi kalitedeki pomza türleri ülkemiz pomza ihracatının önemli bir bölümünü teşkil etmektedir. Pomza taşı ihracatının %40'ını tekstil sektörü için gerçekleştiren ülkemiz, iç pazarda önemli bir konuma sahiptir (Gündüz vd., 2005). Pomza taşının denim yıkamada, yabancı maddelerden arındırılmış olması, içerdiği sodyum oksit, demir oksit ve potasyum oksit miktarlarının kumaşı bozmayacak oranlarda olması, gözenekli ve yuvarlatılmış olması, açık renkli olması ve su emme özelliklerinin tekstil kalitesi açısından uygun olması önemli özellikleridir (Duran, 2005).

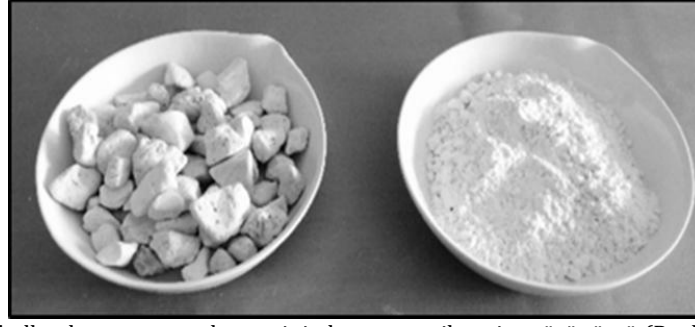
Pomza malzemesi, doğal ve hafif bir agrega olarak değerlendirilir ve pomza taşı olarak isimlendirilmektedir. Pomza; birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm^3 'ten düşük, sertliği mohs skalasına göre değeri 6 olan camsı özelliği ile volkanik bir madde olarak tanımlanır (Gündüz, 2008). Türkiye'de üretilen pomzanın tekstil ve diğer sektörlerde tercih edilmesinin üretim ve işlemede kolaylık, teminin kolay olması, yüksek su tutabilme, ortam nemini dengeleme, zararlı kimyevi maddeler içermemesi gibi önemli özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Gündüz vd., 2005).

Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile farklı türde doğal veya suni malzemelerle üretilmiş kumaşlar, koruyucu tekstil kategorisinde değerlendirilip yeni bir endüstriyel açılımı gündeme getirmiştir. Pomza taşı içerisindeki Al_2O_3 oranı ile tekstil kumaşların da ateş ve ısıya dayanım özelliğini arttırabilir. Bu durum, yüksek sıcaklığa dayanıklı kumaş elde edilmesi için pomzanın değerlendirilebileceği fikrini ortaya koymuştur. Bu nedenle bu çalışmada doğal, üretimi kolay, maliyeti düşük, yüksek sıcaklığa dayanıklı olan pomza malzemesi mikronize hale getirildikten sonra polyester ve pamuklu olmak üzere iki farklı kumaş kaplaması için kullanılmıştır. Farklı pomza kullanım oranlarına göre kaplama patı reçetesi hazırlanmıştır. Mikronize pomza malzemesi kimyasallar yardımıyla yüzey kaplama çözeltisine eklenerek kumaşlar kaplama işlemine tabi tutulmuş ve kondisyonlama işlemleri tamamlandıktan sonra teknik analizler uygulanmıştır. Böylece, yüksek sıcaklığa dayanıklı veya güç tutuşur özelliği yüksek koruyucu amaçlı kumaşların üretilmesi ile tekstil sektörüne yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bununla birlikte, çalışmamızda kullanılan pomza malzemesinin detaylı fiziksel ve kimyasal analiz yapılarak tercih edilme nedeni ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

2.1. Mikronize Pomza Karakterizasyonu (Micronized Pumice Characterization)

DeneySEL çalışmada kullanılan mikronize kaplama malzemesi, pomza kayacından elde edilmiştir. Pomza kayacı birincil tip kırıcılardan geçirildikten sonra bilyalı değirmenlerde öğütülmüş ve elek analizleri yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Kumaş kaplamada kullanılan pomza malzemesinin kayaç ve mikronize görünümü (Rock and micronized appearance of the pumice material used in fabric coating)

Bilimsel literatürde genellikle 100 mikron altı malzemeler mikronize malzeme olarak isimlendirilir. Bu çalışmada kullanılan pomza malzemesi de 50 mikron olarak boyutlandırıldığı için, mikronize pomza olarak isimlendirilmiştir. Pomza taşının endüstriyel alanlarda özellikle tekstil sektöründe kullanılabilirliğinin etüdü için, kayacın yapısal özelliklerinin yanı sıra, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de bilinmesi gerekir. Göлтаş Çimento analiz laboratuvarında yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo1’de verilmiştir.

Tablo 1. Pomzanın kimyasal bileşen analizi (Chemical component analysis of pumice)

Kimyasal bileşenler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	LOI
%	70.99	12.72	1.13	0.95	0.35	0.11	4.53	4.13	10.91

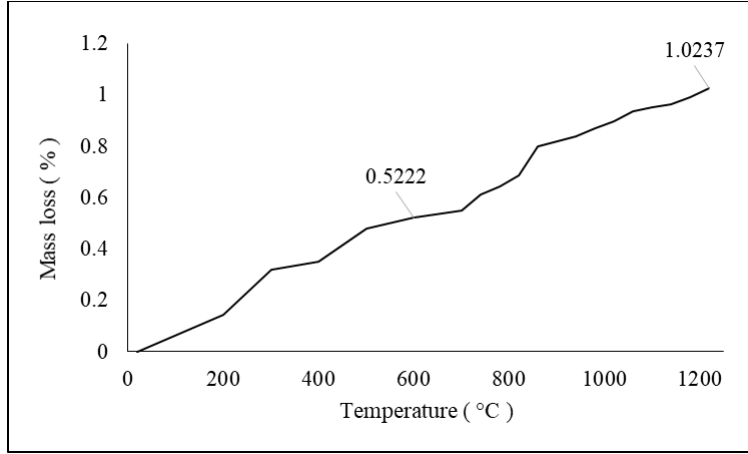
Kimyasal analiz sonuçlarından görüldüğü gibi, pomza malzemesinin %71’ e varan Si₂O içeriği kayaca asidik özellik kazandırmaktadır. Bu özellik kayacın beyaza yakın bir renk sergilemesine neden olur. Bu da tekstil sektöründe özellikle kalite açısından önemli bir özelliktir. %4.53 Na₂O ve %4.13 K₂O oranlarındaki bileşenler tekstil sektöründe reaksiyon veren bileşenler olarak bilinmektedir (Gündüz vd., 2005). Mikronize pomzanın endüstriyel olarak aranılan fiziksel özelliklerinin başında; özgül ağırlık, etüvde kurutulmuş tane yoğunluğu, su emme kapasitesi ve yüksek sıcaklığa dayanım özellikleri gelmektedir. Bu fiziksel özellikleri standarda uygun olarak belirlenerek Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Pomzanın bazı fiziksel özellikleri (Some physical properties of pumice)

Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Etüv Kuru Tane Yoğunluğu (gr/cm ³)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Görünür Porozite (%)
2.302	0.982	18.75	20.88

Pomza, oluşum özellikleri nedeni ile farklı boyutlarda ve çok sayıda boşluk barındırır. Bu boşluklar genellikle kapalı gözenek yapısı şeklinde olup kayaca önemli avantajlar kazandırmaktadır. Özellikle kapalı gözenekleri sayesinde malzeme önemli bir ısı yalıtım malzemesi olarak birçok endüstriyel alanda tercih edilmektedir. Deneysel olarak tespit edilen ve sonuçları Tablo 2’de paylaşılan malzemenin ağırlıkça su emme oranları ve görünür porozite değerleri de bunu açıkça bize göstermiştir. Ayrıca malzemenin özgül ağırlık ve etüvde kurutulmuş tane yoğunluk değerleri, alternatif malzemelere göre hafif bir malzeme olduğunun kanıtıdır.

Kayaç oluşumlar yüksek sıcaklık ortamlarına maruz bırakıldıklarında, bünyesinde bulundurduğu uçucu gaz bileşenleri sebebiyle, farklı oranlarda kütle kaybına uğrarlar. Bu bakımdan, malzemelerin ortam sıcaklık değişimlerinden hangi oranlarda etkilendiğini tespit etmek için kütlelerinde herhangi bir kaybın olup olmadığını belirlemek gerekir. Bu analizler kızdırma kaybı analizleri olarak adlandırılır. Mevcut çalışmanın amacına uygun olarak, mikronize pomza malzemesinin kızdırma kaybı analizleri TS EN 13055:2016 standardına göre yapılarak, deney sonrası kütle kaybı değerleri ve oluşan kızdırma kaybının miktarı belirlenmiştir.



Şekil 2. Pomza malzemesinin kızdırma kaybı analizi (Loss on ignition analysis of pumice material)

Mikronize pomza malzemesi üzerinde 20 °C-1220 °C arasında yapılan ısıl işlemlere dayanım analizinde, malzemenin farklı sıcaklıklardaki davranış karakteristiği deneysel olarak incelenerek analiz bulguları Şekil 2’de verilmiştir. TS EN 13055:2016 standardına göre, yapılan kızdırma kaybı analizinde, kütle kaybı %5’den fazla olmamalıdır. Pomza malzemesi için yapılan kızdırma kaybı analizinde en fazla kütle kaybı 1220 °C’de %1.0237 olarak tespit edilmiştir. Bu durum pomzanın güç tutuşur kumaş kaplama malzemesi olarak seçilmesini önemli ölçüde desteklemiştir.

2.2. Kumaşlar (Fabrics)

Çalışmada, bezayağı (1/1) yapısı ile dokunmuş, %100 pamuk ve %100 polyester olmak üzere iki farklı kumaş kullanıldı. Pamuklu kumaş, yıkanmış ve ağartılmış (251 g/m²) olup, çözgü sıklığı 29 çözgü/cm, atkı sıklık değeri 23 atkı/cm dir. Polyester kumaş, (268 g/m²) olup, çözgü sıklığı 25 çözgü/cm ve atkı sıklığı 21 atkı/cm olarak belirlenmiştir. SEM ve EDS analizleri; işlem görmemiş kumaş, %4 (en düşük) ve %12 (en yüksek) pomza kaplamalı 3 tip numune üzerinde uygulanmıştır. Güç tutuşurluk ve yırtılma testleri tüm kaplama oranları için hazırlanan numuneler üzerinde uygulanmıştır.

2.3. Pomzanın Kumaşlara Aplikasyonu (Application of pumice to fabrics)

Kullanılan %100 pamuk ve %100 polyester kumaşların yüzeylerine pomza taşının kumaş yüzeyine bağlanmasını sağlamak için kaplama patı hazırlanmıştır. Kaplama patı, RUCO-COAT PU 1130, RUCO-COAT FX 8011 ve kıvam patı kimyasalları ile %0-4-8-12 oranlarında mikronize pomza ilavesiyle hazırlanmıştır. Kaplama patının viskozitesi 21000 rps ve patın pH’ı 8-8.5’tir. Kaplama yapılan kumaşlara uygulanan pomza oranları ve numune kodları Tablo 3’te verilmiştir. Kaplama yapılan kumaşlara ait görünüm ise Şekil 3’te verilmiştir.

Pomzanın kumaşa uygulanmasında, deney tasarımı belirli parametrelerin optimize edilmesini gerektirir. Bu parametreler, pomzanın parçacık boyutu, kaplama yoğunluğu, uygulama yöntemi ve kumaşın türü gibi etkenlere bağlı olarak değişir. Kaplama patı, RUCOCOAT PU 1130 ve RUCO-COAT FX 8011 kıvam macunu kimyasalları ve pomza taşının farklı konsantrasyonlarda eklenmesiyle elde edildi. Anyonik, su bazlı, alifatik polieter poliüretan dispersiyonu olan RUCO-COAT PU 1130, yüksek su sütun pasta kaplama uygulamaları için kullanılan kimyasal bazlı, yumuşak ve hidroliz dayanımı iyi bir malzemedir. RUCO-COAT FX 8011, poliüretan, poliakrilat veya polivinilasetat gibi su bazlı dispersiyonlar için formaldehit içermeyen bir çapraz bağlayıcıdır. N metil-2 prilidon (NMP) ve butanonoksim içermeyen bloke izosiyanat, anyonik ve sıvı formda bir kimyasal yapıya sahiptir. Kıvamlaştırıcı macun, su bazlı sentetik bir kalınlaştırıcıdır. Kimyasal yapısı akrilat bazlıdır ve sıvı formdadır. Kaplama patı, bağlanma sırasında mekanik kuvvetle pomza taşının yüzeyden ayrılmasını önlemek için kullanılmıştır (Öncü ve Şapçı 2023).

Test aşamasında pamuk ve polyester kumaş numunelerine %0-4-8-12 oranlarında, 50 µm mikronize pomza ile kaplama patları hazırlanarak kaplama yapılmıştır. 28x36 cm boyutundaki numuneler 60 gram pat kullanılarak kaplama makinası ile kaplanmıştır. Kaplama işlemi 110 °C, 10 dakika süre ile kurutma işlemi yapılarak tamamlanmıştır. Numune kumaşlar standart atmosfer koşulları altında 48 saat %65±2 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklıkta kondisyonlanmıştır.

Tablo 3. Kaplama yapılan kumaşlara uygulanan % pomza oranları ve kodları (% pumice rates and codes applied to coated fabrics)

Kod	Yüzey Özellikleri (Pamuk)	Kod	Yüzey Özellikleri (Polyester)
P0	%100 Pamuk	PLY0	%100 Polyester
P1	%100 Pamuk+ %0 Pomza	PLY1	%100 Polyester + %0 Pomza
P2	%100 Pamuk+ %4 Pomza	PLY2	%100 Polyester + %4 Pomza
P3	%100 Pamuk+ %8 Pomza	PLY3	%100 Polyester + %8 Pomza
P4	%100 Pamuk+ %12 Pomza	PLY4	%100 Polyester + %12 Pomza

**Şekil 3.** Kaplama yapılmış kumaş numuneleri (Coated fabric samples)

2.4. Kumaş Karakterizasyonu (Fabric Characterization)

Bellmore TC-45 model test düzeneği, kumaşlara uygulanan güç tutuşurluk testleri için kullanıldı. Atkı ve çözgü yönünde 3 adet test ortalama değerleri alınarak, test ASTM 1230 - 450 test standardına göre yapılmıştır.

Test edilen kumaş numuneleri FEI Quanta FEG 250 EDAX / EDS taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDS), numune kumaş yüzey görüntülerini elde etmek için kullanılmıştır.

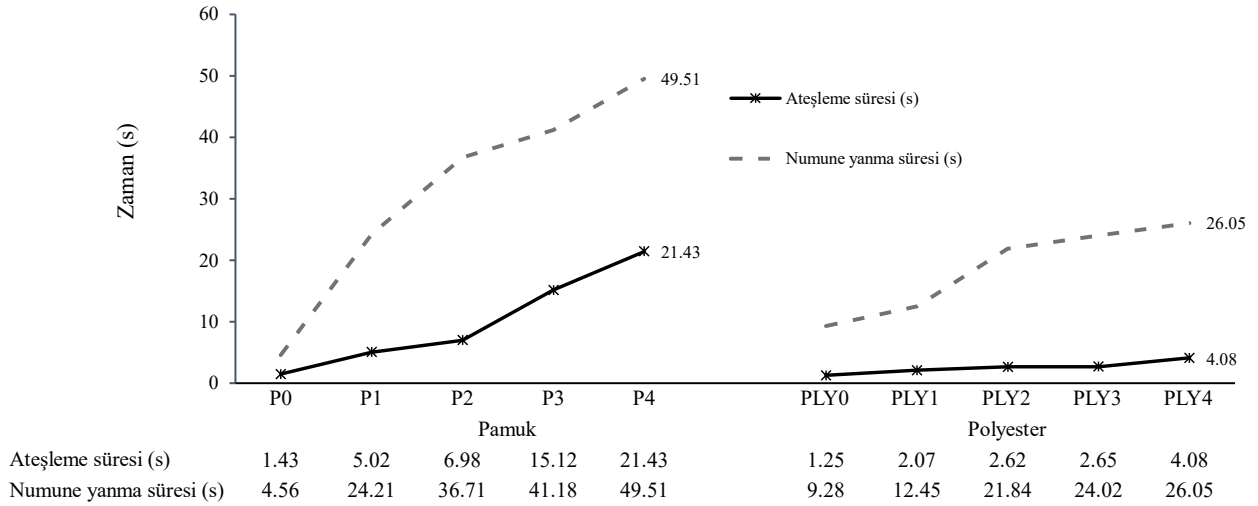
Pomza ile kaplanmış kumaşların hava geçirgenlik testleri Textest Instruments FX 3300 cihazı ile "TS 391 EN ISO 9237, Tekstil Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini" standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Hava geçirgenliği ölçümü de standart klima koşullarında 24 saat bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Seçilmiş test basıncı 100 Pascal, test alanı 20 cm² dir. Ölçüm sonuçları beş adet numunenin aritmetik ortalaması olup l/m²/s cinsinden verilmiştir.

Numune kumaşların yırtılma mukavemeti testleri ise TS EN ISO 13937-1 standardına uygun olarak ElmaTear Dijital Yırtılma Mukavemet Test cihazında yapılmıştır.

3. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

3.1. Güç Tutuşurluk Analizi (Flammability Analysis)

Pamuklu ve polyester kumaş numunelerinin 45° derece güç tutuşurluk testinde, ateşleme süresi ve numune yanma süresi üç değerinin ortalaması alınarak belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Test kumaşların güç tutuşurluk sonuçları (Flammability results of test fabrics)

Test sonuçları incelendiğinde, pamuklu kumaşların güç tutuşur özelliklere sahip olduğu, polyester kumaşın ise hızlı tutuşma nedeniyle güç tutuşur özelliğe sahip olmadığı görülmüştür. %12 oranında pomza katkılı pamuklu kumaşın (P4), pomza eklenmemiş pamuklu kumaş (P1) numunesine göre ateşleme süresinin 4.2 kat, iplik kopma süresinin 2.04 kat iyileştiği gözlenmiştir. Polyester kumaşta ise PLY1 ile PLY4 kıyaslandığında ateşleme süresinin 2 kat, iplik kopma süresinin 2.13 kat iyileştiği gözlenmiştir. Kullanılan pomza oranının güç tutuşurluğa olan etkisi Şekil 4'te görülmektedir. Bu doğrusal artışın pomza katkı oranıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ancak polyester kumaşın erime eğiliminin yüksek olması pomza ile kaplama şartlarında bile eriyerek yanmasına sebep olmuştur. Bu nedenle, pomza taşı ile kaplanmış polyester kumaşta güç tutuşurluk özellikleri pamuklu kumaşa göre daha düşük düzeydedir.

Pamuk, özellikle yanıcılık açısından risk grubunda yer alan bir elyaf olup düşük tutuşma direncine (LOI değeri 19) sahiptir. Buna karşılık, polyester elyaf, güç tutuşma özellikleri bakımından pamuğa göre daha avantajlıdır (LOI değeri 21). Deney sonuçlarına göre, işlem görmemiş pamuk ve polyester karşılaştırıldığında, polyesterin yanma süresinin daha uzun olduğu, ancak pamuklu kumaşa pomza taşı ilavesinin daha etkili sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

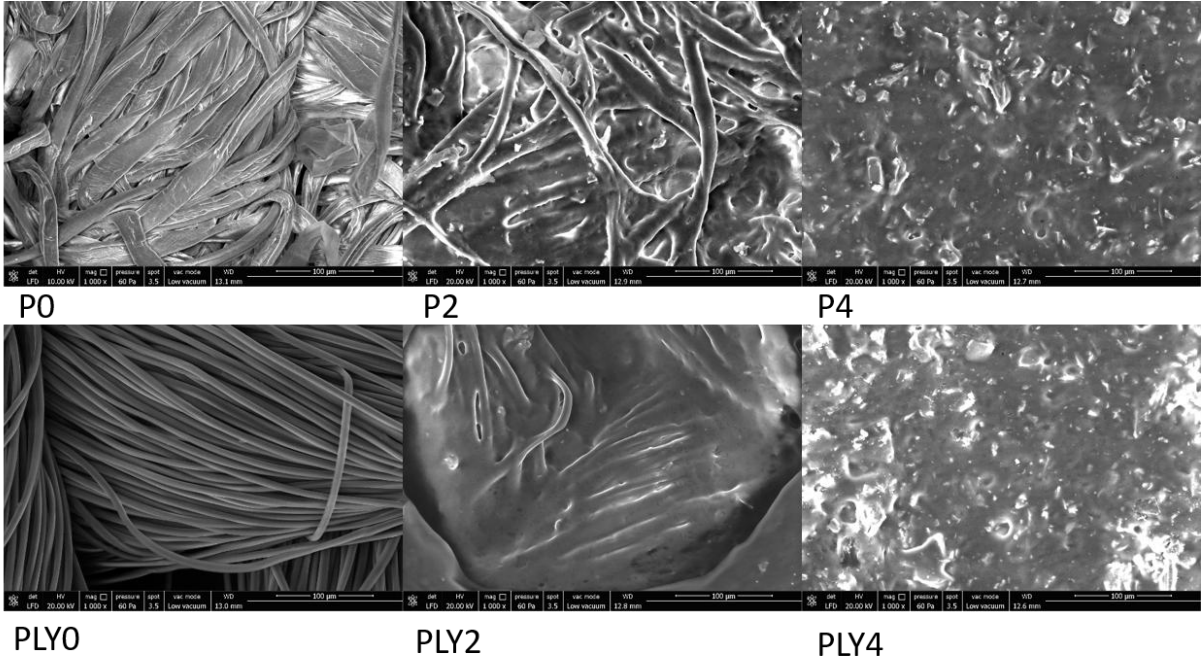
3.2. SEM ve EDS Analizi (SEM and EDS Analysis)

EDS spektrumunda kimyasal bileşenlerine bakıldığında, alüminyum, silisyum ve potasyum ve sodyum elementlerinin kumaş yüzeyinde düzgün bir şekilde dağıldığı ve her iki kumaş türünde de %4 ve %12 oranlarındaki pomza taşı kaplamasının EDS spektrumlarına yansıdığı gözlenmiştir (Tablo 4). Al elementinin pamuklu kumaşta (%0.28-0.54), polyester kumaşta (%0.14-0.56), Si elementinin pamuklu kumaşta (% 0.41-1.54) ve polyester kumaşta (%0.46-1.59) değerlerinde bulunması pomza taşı ile kaplanmış kumaş yüzeyinin kimyasal analiz ile uyumlu olduğunu göstermiştir.

Tablo 4. Numune kumaşlara ait kimyasal bileşen analiz (EDS) sonuçları (Chemical component analysis (EDS) results of sample fabrics)

% Atomic	% C	% O	% Al	% Si	% K	% Na
P0	51.91	48.09				
P2	73.34	25.80	0.28	0.41	0.08	
P4	76.58	20.79	0.54	1.54	0.11	0.44
PLY0	72.34	27.66				
PLY2	73.82	25.58	0.14	0.46		
PLY4	73.42	24.11	0.56	1.59	0.17	0.15

Ayrıca numunelere ait SEM görüntüleri incelendiğinde, ham numuneler üzerinde gözlenen liflerin mikronize pomza katkılı malzeme ile kaplandığı görülmektedir (Şekil 5).



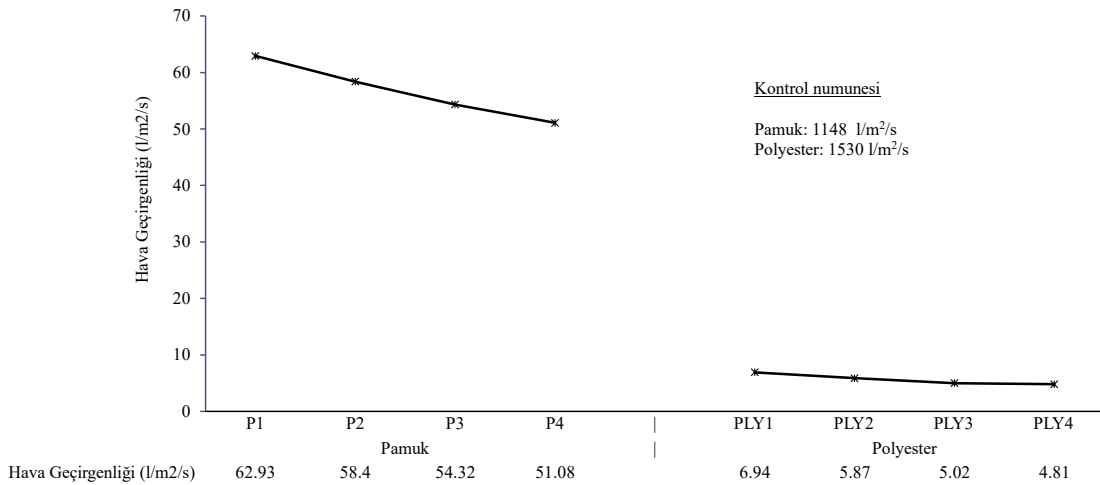
Şekil 5. Pamuk ve polyester kumaşların SEM görüntüsü (P0: Ham pamuk kumaş, P2: %4 pomza ile kaplanmış pamuk kumaş, P4: %12 pomza ile kaplanmış pamuk kumaş, PLY0: Ham polyester kumaş, PLY2: %4 pomza ile kaplanmış polyester kumaş, PLY4: %12 pomza ile kaplanmış polyester kumaş (SEM image of cotton and polyester fabrics (P0: Raw cotton fabric, P2: Cotton fabric coated with 4% pumice, P4: Cotton fabric coated with 12% pumice, PLY0: Raw polyester fabric, PLY2: Polyester fabric coated with 4% pumice, PLY4 : Polyester fabric coated with 12% pumice)

Pomza konsantrasyonunun kimyasal bileşen analizlerinde görülen element yüzdelerindeki artış, SEM görüntüleri ile de desteklenmektedir. Kumaş yüzeyi üzerinde mikronize pomza taşının katı partikül yapıdaki görünümü net bir şekilde gözlemlenebilmektedir.

Ayrıca pomza katkılı kaplama işlemi sonrası kumaş numunelerinde görüntüsel olarak yüzeyde yoğun bir katmanın varlığı söz konusudur. Bu katmanın reçetede mevcut olan mikronize pomza ilaveli kaplama patı kaynaklı olduğu ön görülmektedir.

3.3. Kaplanmış Dokuma Kumaşların Hava Geçirgenlik Analizi (Air Permeability Analysis of Coated Woven Fabrics)

Çalışma kapsamında kumaşlara güç tutuşurluk özelliği kazandırmanın kumaş özelliklerini etkileyip etkilemediğini tespit etmek için hava geçirgenliği ve yırtılma mukavemeti testleri yapılmıştır. Kaplanmış test numuneleri ve ham kumaş numunesine ait hava geçirgenliği test sonuçları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Hava geçirgenliği test sonuçları (Air permeability test results)

Şekil 6'daki değerler incelendiğinde mikronize pomza taşı ile kaplanmış kumaşların hava geçirgenlik değerlerinde (P0-1148 l/m²/s_P4-51.08 l/m²/s / PLY0-1530 l/m²/s_PLY4- 4.81 l/m²/s) azalma görülmüştür. Pamuk kumaşta hava geçirgenliği azalma yüzdesi P1-P2 arasında %7.2, P2-P3 arasında %7.5, P3-P4 arasında %6 oranında azalmıştır. Polyester kumaşta ise PLY1-PLY2 arasında %15.4, PLY2-PLY3 arasında %14.4, PLY3-PLY4 arasında ise %4.2 oranındadır. Pomza miktarı arttıkça hava geçirgenlik değeri düşmektedir. Kumaşta hava geçirgenlik özelliği; kumaşın yapısal özelliklerine bağlı olarak değişir. Ayrıca, elyafın hammaddesi ve iplik özellikleri, kumaşın yapısal özellikleri kumaşın kimyasal, fiziksel, mekanik, duyuşal özelliklerini de etkileyen parametrelerdir (Turan ve Okur, 2008).

Kumaşların hava geçirgenliği gözeneklilik özelliği ile ilişkilidir ve kumaşın toplam gözenekliliği; iplik lifleri arası, lif içi ve kumaş ipliklerinin kesişmeleri sonucu oluşan iplikler arası gözeneklilik olmak üzere üç bileşene ayrılmaktadır. Bilindiği üzere iplikler arasındaki boşluklar kumaşta hava akışını belirler ve gözeneklilik azaldığında hava geçirgenliğini de azalmaktadır (Havlová, 2014; Çeven vd., 2011). Kaplama işlemi sonucunda ise kumaş kalınlığı artmaktadır (Alay vd., 2012). Gözenekliliğin azaldığı SEM görüntüleri (Şekil 5) ile net bir şekilde görülmektedir. Bu durum bize pomza taşının kumaş yüzeyine bağlanarak gözenekliliği azalttığını göstermiştir.

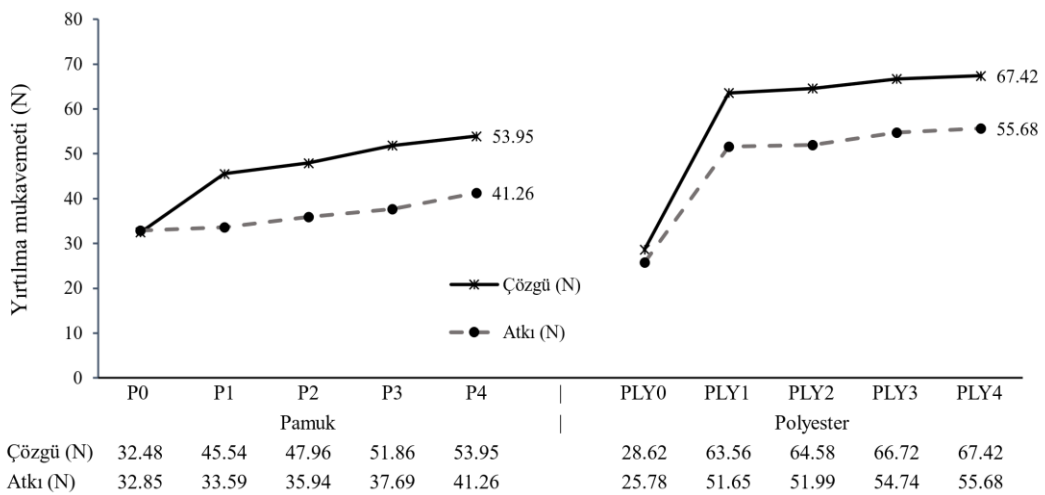
İplikler arasındaki boşluk, kumaşın hava akışını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Backer,1951). Bilindiği gibi kumaşların hava geçirgenliği, gözeneklilik özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Kaplama işlemi, kumaş yüzeyindeki iplikler arasındaki gözenekliliği azaltarak, diğer bir deyişle iplikler arasındaki boşlukları daraltarak, bu kumaşların hava geçirgenliği değerlerinde düşüşe neden olmuştur.

Hava geçirgenliği testleri, yüzeyi %4, %8 ve %12 oranında pomza ile kaplanan kumaşlarda, pomza oranı arttıkça hava geçirgenliği değerlerinin belirgin şekilde azaldığını göstermektedir. Test sonuçları, kaplama işlemiyle lif yüzeyinin kaplandığını ve geçirgenliğin azalmasıyla lif yüzeyinde film tabakalarının oluştuğunu kanıtlamaktadır (Uğur 2023).

3.4.Kaplanmış Dokuma Kumaşların Yırtılma Mukavemeti Analizi (Tear Strength Analysis of Coated Woven Fabrics)

Yırtılmaya karşı dayanma tüm kumaşlarda istenen bir özellik olup, yırtığa uygulanmış yanal çekme kuvvetine karşı, kumaşın gösterdiği dirençtir. Yırtılma mukavemet sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Yırtılma mukavemetine etki eden faktörler doku türü, sıklık ve gramaj ve kumaş yapısal özellikleri ile ilgili faktörlerdir (Scelzo vd., 1994).

Kumaşın yırtılması atkı ve çözgü ipliklerin bir çizgi boyunca kopmasıyla gerçekleşmektedir. Yırtılma mukavemetinin test sonuçlarına göre, kullanılan pomza oranı arttıkça kumaş yırtılma mukavemetinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 7). Yırtılma mukavemeti test sonuçlarına göre, kaplama uygulanmış kumaşlar, yırtılma mukavemeti açısından herhangi bir performans kaybı göstermemiştir.



Şekil 7. Yırtılma mukavemeti değerleri (Tear strength values)

Aksine polyester kumaşta pomza oranındaki artış çözgü yırtılma mukavemet değerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Her iki kumaş türünde de pomza oranındaki artış yırtılma mukavemet değerini de doğrudan yükseltmiştir. Pamuklu kumaşlarda, P1-P2 numuneleri arasında çözgü yönünde %5,3, atkı yönünde %7 oranında; P2-P3 numuneleri arasında çözgü yönünde %8,1, atkı yönünde %4,9 oranında; P3-P4 numuneleri arasında ise

çözgü yönünde %4, atkı yönünde %9,4 oranında artış kaydedilmiştir. Bu artış, pomza oranının etkisini açıkça göstermektedir. Polyester kumaşlarda ise, PLY1-PLY2 numuneleri arasında çözgü yönünde %1,6, atkı yönünde %0,6; PLY2-PLY3 numuneleri arasında çözgü yönünde %3,3, atkı yönünde %5,3; PLY3-PLY4 numuneleri arasında ise çözgü yönünde %1, atkı yönünde %1,7 oranında artış saptanmıştır. Elde edilen veriler, pomza katkısının hem atkı hem de çözgü yönlerinde yırtılma mukavemeti değerlerini artırdığını göstermektedir. Kumaşlarda pomza oranı ile mukavemet değeri ilişkisinin belirlenmesi kumaş tasarımlarında da önemli rol oynayacaktır. Genel olarak, kaplama işlemi sonrasında numunelerde hava geçirgenliğinde azalma, yırtılma mukavemetinde ise artış gözlemlenmiştir (Akçalı ve Bulut, 2022; Baykal ve Karataş 2021).

İşlem görmemiş bir kumaşa, elyaf eksenine paralel bir kuvvet uygulandığında, elyaf yapısındaki makromolekülleri birbirine bağlayan bağlar, bu kuvvete karşı bir direnç göstermektedir. Uygulanan kuvvet, bu direnç seviyesini aştığında ise elyaf kırılma eğilimi göstererek yırtılma gerçekleşmektedir. Geliştirilen işlem basamağı ile kumaş yüzeyine bir tabaka uygulanması sonucunda, mikronize pomza ile işlem gören kumaşların yırtılma mukavemeti değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir [Akçalı ve Bulut, 2019].

Güç tutuşur kumaşlar genelde uzay, uçak, petro-kimya, çelik endüstrisi gibi yüksek koruyuculuk gerektiren sanayi dallarında kullanılmaktadır (Gemci ve Gülşen 2010). Bu tür kumaşlarda, güç tutuşur özelliklere ek olarak, yırtılma mukavemeti ve hava geçirgenliği gibi fiziksel özellikler de kritik rol oynar. Kaplama işlemi sonrasında yırtılma mukavemetindeki artış, kumaşın dayanıklılığını yükseltirken uzun süreli kullanımda yıpranma direncini artırabilir. Bu, özellikle ağır yükler ve yüksek mekanik stres altında olan iş kıyafetleri ve koruyucu ekipmanlar için avantaj sağlar. Öte yandan, kaplama işleminin hava geçirgenliğinde önemli bir azalmaya yol açması, kullanıcı konforunu olumsuz etkileyebilir. Bu tür kumaşların kullanım alanları göz önünde bulundurularak, kullanıcı konforunu artırmaya yönelik ek stratejilerin geliştirilmesi yararlı olabilir. Örneğin, bütül akrilat türevleri, kumaşın kırılma, uzama ve yırtılma darbe dayanımını artırmak için kullanılabilir (Brandrup vd., 1999). Ayrıca, polimer katkı maddelerinin yırtılma mukavemetini iyileştirici etkisi bilinmektedir (Abo-Shosha ve Ibrahim, 1992). Şekil 7 de görüldüğü gibi sadece baskı patının kullanımı pamuk kumaşta çözgü yırtılma mukavemeti değerinde % 40, atkı yırtılma mukavemeti değerinde %2.3, polyester kumaşta ise çözgü yırtılma mukavemeti değerinde % 120, atkı yırtılma mukavemeti değerinde yaklaşık %100 artış göstermiştir. Kaplama malzemesinde kullanılan patın da bu iyileşmeye katkı sağladığı muhtemeldir.

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışmada pomza hammaddesi ile pamuk ve polyester özellikli olan pamuk ve polyester kumaşlar kumaş yüzeyine %0, %4, %8, %12 katkı oranlarıyla kaplanarak deney sonuçları incelenmiştir. Kaplama malzemesi olarak kullanılan pomza taşında bulunan Al_2O_3 bileşimi ise ısıya ve ateşe karşı yüksek dayanım özelliği sağladığından, kaplanmış kumaşların güç tutuşurluk analizinde olumlu etki yaratmıştır. Pomza ile kaplanmış her iki kumaş türünde numune yanma süresinde, ham kumaşlara göre, önemli düzeyde gecikme gözlenmiştir. Özellikle %12 oranında en fazla pomzanın kullanıldığı pamuklu kumaşın güç tutuşurluk özelliğinde önemli bir artış tespit edilmiştir. Hava geçirgenlik testlerinin sonucunda ise; kaplama işlemine alınan tüm kumaş türlerinin hava geçirgenlik oranlarının önemli ölçüde düştüğü tespit edilmiştir. Yırtılma mukavemet analiz sonuçlarına göre ise, pomza kullanım oranı arttıkça yırtılma mukavemet değerlerinin arttığı görülmüştür. En yüksek pomza kullanım oranı (%12) ile kontrol numunesi pamuklu kumaşta (P0-P4) çözgü yönünde yaklaşık olarak %66.1, atkı yönünde ise %25.6 civarında mukavemet artışı belirlenmiştir. Polyester kumaşta ise en yüksek pomza kullanımında (%12) ile kontrol numunesi pamuklu kumaşta (PLY0-PLY4) çözgü yönünde yaklaşık olarak %135 atkı yönünde ise %115 civarında yırtılma mukavemetinde artış olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada sunulan bütün bulgular ışığında, yanma geciktirici kumaşların yapımında doğal bir hammadde olan pomza taşının kullanılmasının verimli olacağı görülmüştür. Bu veriler, teknik ve koruyucu tekstiller ile ilgili çalışmalara da zemin olacaktır. Ayrıca giyilebilir kumaş tasarımında da gerekli testlerin yapılarak değerlendirilmesi yeni çalışmaların kazanılmasını sağlayacaktır. Diğer taraftan farklı doğal kayaç bileşen malzemeler ile bu tarzda çalışmaların yapılması tekstil endüstrisine yeni kazanımların sağlanması ve bilimsel çalışmalara katkı sağlaması açısından önemli olacaktır.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu araştırma çalışması, aşağıda listelenen kişi ve kurumların sağladığı laboratuvar ve malzeme desteği ile gerçekleştirilmiştir.

Bey-Han Tekstil Konfeksiyon San. ve Tic. Ltd. Şti Gürsu/Bursa/Türkiye
Rudolf Duraner Kimyevi Maddeler Tic. ve San. A.Ş Nilüfer/Bursa/ Türkiye
Göлтаş Göller Bölgesi Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş., Isparta/ Türkiye

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Abo-Shosha, M. H., & Ibrahim, M. A. 1992. Water Soluble Polyether Polyurethanes as Finishing Additives in Easy Care Finishing of Cotton Fabrics. *SCIENCE INTERNATIONAL-LAHORE-*, 4, 163-163.
- Akçalı, K., Bulut, M. O., 2022. Pomza, Amorf Silika ve Kolemanit Katkılı Baskı ve Sol Jel Yöntemi Kullanılarak Polyester Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Geliştirilmesi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 17 (2022) 384-403.
- Akçalı, K., & Bulut, M. O. 2019. A new finishing process of cotton fabric. *Industria Textila*, 70(2), 101-110.
- Alay, S., Alkan, C., Göde, F., 2012. Steady-State Thermal Comfort Properties of Fabrics Incorporated with Microencapsulated Phase Change Materials. *The Journal of The Textile Institute*, 103:7, 757-765.
- Backer, S. 1951. The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties, part IV: Interstice geometry and air permeability, *Textile Research Journal*, 21, 703-714.
- Baykal, P. D., & Karataş, E. 2021. Güç Tutuşurluk Apresinin Denim Kumaş Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(1), 43-54.
- Brandrup, J., Immergut, E. H., Grulke, E. A., Abe, A., & Bloch, D. R. (Eds.). 1999. *Polymer handbook* (Vol. 89, pp. V87-V90). New York: Wiley.
- Carosio, F., Alongi, J., Malucelli, G., 2012. Layer by Layer Ammonium Polyphosphate-based Coatings for Flame Retardancy of Polyester-Cotton Blends. *Carbohydrate Polymers*. 88 (2012) 1460– 1469.
- Çeven, E.K., Süle, G., Gürarda, A., Ersöz, A., 2011. Metal İplikli Dokuma Kumaşların Hava Geçirgenliğinin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 16, Sayı 2.
- Covaci, A., Harrad, S., Abdallah, M. A. E., Ali, N., Law, R. J., Herzke, D., & de Wit, C. A. 2011. Novel brominated flame retardants: a review of their analysis, environmental fate and behaviour. *Environment international*, 37(2), 532-556.
- Duran, K., Bahtiyari, M.İ., Özdemir, D. 2005. Pomza Taşı ile Denim Yıkama, *Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi*, s313-320, Isparta, Türkiye.
- Gemci, R., Gülşen, G., 2010. Güç Tutuşur Kumaş Üretiminde Bor Bileşiklerinin Kullanılması. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(1), 1-10.
- Gündüz, L. 2008. The Effects of Pumice Aggregate/Cement Ratios on the Low-strength Concrete Properties. *Construction Building Materials*. 22(5),721.
- Gündüz, L., Şapcı, N., Davraz, M. 2005. Pomza Madenciliği Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi (Gelişen Yeni Bir Sektör), *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET 2005*, İzmir, 9-12 Haziran.
- Havlová, M. 2014. Model of Vertical Porosity Occurring in Woven Fabrics and its Effect on Air Permeability. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*.
- Horrocks, A. R & Anand, S. C. 2000. *Teknik Tekstiller El Kitabı*. Türk Tekstil Vakfı. İstanbul.
- Horrocks, A. R. 1996. Developments in Flame Retardants for Heat and Fire Resistant Textiles-the Role of Char Formation and Intumescence. *Polymer Degradation and Stability*. 54(2-3), 143–154. doi:10.1016/S0141-3910(96)00038-9.
- Horrocks, A. R. 2011. Flame Retardant Challenges for Textiles and Fibres: New chemistry Versus Innovative Solutions. *Polymer Degradation and Stability*, 96(3), 377–392. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2010.03.036.
- Koyuncu, M. 2018. The influence of pumice dust on tensile, stiffness properties and flame retardant of epoxy/wood flour composites. *Journal of Tropical Forest Science*, 89-94.
- Levchik, S. V., & Weil, E. D. 2004. A Review on Thermal Decomposition and Combustion of Thermoplastic Polyesters. *Polymers for Advanced Technologies*. 15(12), 691–700.
- Liu, Y., Pan, Y. T., Wang, X., Acuña, P., Zhu, P., Wagenknecht, U., ... ve Wang, D. Y. 2016. Effect of Phosphorus-Containing Inorganic-Organic Hybrid Coating on the Flammability of Cotton Fabrics: Synthesis, characterization and flammability. *Chemical Engineering Journal*, 294, 167-175.
- Öncü, G., & Şapcı, N. 2023. Protective properties of different fabrics using micronized pumice. *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, 48(3), 320-325.
- Rakhman, A., Diharjo, K., Raharjo, W. W., Suryanti, V., & Kaleg, S. 2022. Improvement of fire resistance and mechanical properties of Glass Fiber Reinforced Plastic (GFRP) composite prepared from combination of active nano filler of modified pumice and commercial active fillers. *Polymers*, 15(1), 51.
- Scelzo, W.A. and Backer, S. and Boyce, M.C. 1994. Mechanistic Role of Yarn and Fabric Structure in Determining Tear Resistance of Woven Cloth - Part I: Understanding Tongue Tear, *Textile Research Journal*. 64, 291- 303.
- Turan, R.B., Okur, A., 2008. Kumaşlarda Hava Geçirgenliği, *Tekstil ve Mühendis*, Yıl 15, Sayı 72, 16-25.
- Uğur, Ş. S. 2023. Polyester Kumaşların Polianilin Esaslı Çok Tabakalı Kaplama İşlemi İle İletkenlik Ve Uv-Koruma Özelliklerinin Geliştirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(2), 837-843.
- Varghese, N., Thilagavathi, G. 2015. Development of woven stretch fabrics and analysis on handle, stretch, and pressure comfort. *The Journal of the Textile Institute*, 106(3), 242–252. doi.org/10.1080/00405000.2014.914652.
- Wang, B., Sheng, H., Shi, Y., Hu, W., Hong, N., Zeng, W., ... & Hu, Y. 2015. Recent advances for microencapsulation of flame retardant. *Polymer degradation and stability*, 113, 96-109.