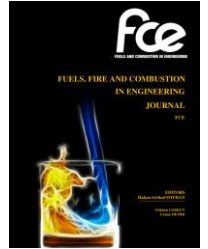
	MÜHENDİSLİKTE YAKITLAR, YANGIN VE YANMA DERGİSİ <i>FUELS, FIRE AND COMBUSTION IN ENGINEERING JOURNAL</i>		
	eISSN: 2564-6435		
	Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/fce		
	<u>Geliş/Received</u> 23.10.2024		
	<u>Kabul/Accepted</u> 02.11.2024		<u>Doi:</u> https://doi.org/10.52702/fce.1565456

Pamuğun Çeşitli Çevre Şartlarında Yanma Durumunun İncelenmesi

Merve KIRGIL^{1*}, Hüseyin ALTUNDAĞ²

ÖZ

Başta tekstil sektörü olmak üzere birçok sektörde hammadde olarak kullanılan pamuk son derece yanıcıdır. Pamuk lifli bir yapıya sahiptir ve her lifli yapı küçük kıvılcımla yanabilen bir yapıya sahip olup yandıktan sonra zor kontrol altına alınır. Yapılan bu çalışmada farklı ortam şartlarında aynı ağırlıkta farklı hacme sahip pamuk numuneleri yakılmıştır. Yakılan pamuk numunelerinden İstanbul ilinde yapılan deneyler baz alındığında yüzey alanı artırılmış olan pamuğun yüzey alanı azaltılmış olan pamuğa göre daha uzun sürede yandığı gözlemlenmiştir. Rüzgâr şiddetinin artmasına bağlı olarak yanma hızı artarak yanma süresi kısalmıştır. Adana ilinde yapılan deneylerde ise yüksek sıcaklıklara ve rüzgâr hızının az olmasına paralel olarak yanma süreleri uzun seyretmiştir. Her iki lokasyonda yapılan deneyler incelendiğinde koşullarında %70 ve üzeri nem oranına maruz kalan pamuk numuneleri ele aldığımızda, çapı 12 cm olan pamuk numunesi nem oranının yüksek olması sebebi ile çapı 6 cm olana göre daha kısa sürede sönmüştür. Yanma olayında nem oranının, hava sıcaklığının, rüzgâr şiddetinin ve hissedilen sıcaklığın büyük etkisi bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Pamuk Yangını, Çevre Şartlarının Yangın Üzerinde Etkisi, Rüzgâr Hızı ve Pamuk Yangını, Hava Durumu ve Pamuk Yangını

Examination of Combustion Characteristics of Cotton in Various Environmental Conditions

ABSTRACT


Cotton, which is used as a raw material in many sectors, especially in the textile sector, is extremely flammable. Cotton has a fibrous structure and every fibrous structure has a structure that can burn with a small spark and is difficult to control after burning. In this study, cotton samples of the same weight and different volumes were burned in different environmental conditions. When the experiments conducted in Istanbul province were taken as the basis of the burned cotton samples, it was observed that the cotton with an increased surface area burned longer than the cotton with a reduced surface area. The burning speed increased and the burning time shortened due to the increase in wind intensity. In the experiments conducted in Adana province, the burning times were long in parallel with the high temperatures and low wind speed.


When the experiments conducted in both locations were examined, when we considered the cotton samples exposed to 70% and above humidity in the conditions, the cotton sample with a diameter of 12 cm extinguished in a shorter time than the one with a diameter of 6 cm due to the high humidity rate. Humidity rate, air temperature, wind intensity and perceived temperature have a great effect on the burning event.

Keywords: Cotton Fire, Effect of Environmental Conditions on Fire, Wind Speed and Cotton Fire, Weather and Cotton Fire.

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

^{1*} Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı, merve_kirgil@hotmail.com,

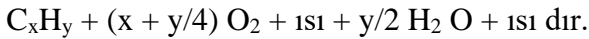
 0009-0001-4569-7492

² Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, altundag@sakarya.edu.tr,  0000-0002-3675-4133

1. GİRİŞ

Pamuk başta tekstil sektörünün önemli bir hammaddesi olmak ile birlikte özellikle pamuklu giysilerin doğal liften üretilmesi nedeniyle insan yaşamında önemli bir yer tutmaktadır[1]. Pamuk doğal ve doğal olduğu için de güvenilir olmasından da kaynaklı olarak sentetik lif üretiminin fabrikalaşmanın artmasına rağmen tekstil sanayinde kullanılan hammaddeler arasındaki yeri ve önemini büyük ölçüde korumaktadır. Dokuma hammaddesini büyük orandaki ham maddesi pamuktan sağlanmaktadır [2].

Hammadde olarak önemli bir yere sahip olan pamuğun yanmasını ele aldığımızda yanmanın ve yangının tanımını öncelikle tanımlanması gerekmektedir. Yanma yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığında yeterli miktarda oksijen ile birleşmesi sonucunda maddenin özelliklerine göre alevli, korlu veya korlu alevli şeklinde meydana gelen ekzotermik reaksiyonlara yanma denir [3]. Yanma sonucunda farklı yoğunluğa sahip ısı, ışık ve duman çıkışı görülebilmektedir. Kimyasal formülü ise;



Yangın ise yanma olayının kontrolsüz bir şekilde gelişmesi şeklinde açıklanabilmektedir. Yangın insanlık var olduğu sürece meydana gelmiş ve meydana gelmeye devam edecek olan felakettir [4].

Pamuk lifli bir yapıya sahip olup yanıcılığı yüksek bir malzeme olması nedeniyle toplanmasından balyalamasına balyalamasından depolanmasına, depolanmasından işlenmesine, işlenip kumaş elde edilmesine kadar olan tüm organizasyon süresince yangına mahal vermeyecek şekilde gerekli önlem ve tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Pamuk bitkisinin tohum kabuğu kuruyup açılmasından sonra pamuk lifleri ortaya çıkmaktadır. Pamuk bitkisi olgunlaştıktan sonra toplanıp çeşitli işlemlerden geçirilerek çiğidinden

ayrılmaktadır. Bu işleme çırçırılama adı verilmektedir.



Şekil 1. Çığidsiz Pamuk

Tarlardan hasat edilen pamuğa kütlü pamuk olarak adlandırılır ve çırçırılama işlemine tabi tutulur. Çırçırılama işlemi yapılan pamuk çiğidinden ayrılır. Çiğidinden ayrılan pamuğa çığidsiz pamuk adı verilir.

Yanıcı maddenin özelliğine göre yangın farklı sınıflara ayrılmıştır. Pamuk yangını A sınıfı yangın sınıfındadır. Bu yangınları söndürmek için su, kuru kimyevi tozlu söndürücüler, sıvı söndürücüler kullanılmaktadır. Pamuk yangınları suyun soğutucu özelliği ile söndürülebilen yangınlardır. Bu tür yangınlara su püskürtülerek veya su dökülerek müdahale edilir. Yangın yeni başlamışsa bu durumda ıslatılmış herhangi bir nesne paspas, battaniye gibi eşya yangının üzeri kapatılarak hava ile temas kesilerek yangın söndürülür [5].

Xie, Lin, Huang ve Qu, yapmış olduğu çalışmada sıkıştırılmış gözenekli biyokütledeki pamuğun rüzgârın etkisiyle pamuğun için için yanma üzerinde etkisini ilişkin farklı bir bakış açısı kazanmasına yol göstermiştir. Rüzgâr olmadan ve rüzgârın etkisi ile yanan pamuk incelendiğinde numune derinliği arttıkça için için yanmanın yayılma oranı azalmıştır. Artan oksijen kaynağı nedeniyle için için yanan pamuğun yayılma hızı ve tepe sıcaklığının rüzgâr hızıyla neredeyse doğrusal olarak arttığı bulunmuştur [6].

He, Ding, Yu, Ji yaptığı çalışmada yanma işlemi sırasında yanma yayılım hızının dış yatay, iç yatay ve iç düşeydeki değişim kuralları ve bu yoğunluklara sahip pamuk balyalarının kütle kaybını incelenmiş ve bu pamuk balyalarında yanmanın yayılma süreçleri araştırılmıştır. Deneysel sonuçlar oksijen miktarı ve ısı akışındaki farklılıklar nedeniyle yoğunluktaki artışın dış

yatay, iç yatay ve iç dikey yayılma oranlarında bir azalmaya yol açtığını göstermektedir. Yoğunluğun artmasıyla gözenekli yapı azalır ve hava miktarı azalır. Dolayısıyla yayılma hızı giderek azalır. Ancak kütle kaybı oranı yani birim zamanda yanan pamuk miktarı yoğunlukla birlikte artar. Yoğunlukla birlikte toplam pamuk miktarı arttıkça yanma süresi de artar [7].

Zhou , Liu , Ni , Wang , Gao yaptıkları çalışmada farklı paketleme malzemelerinin pamuk yangınları üzerindeki etkileri konusunu ele almışlardır. Farklı paketleme malzemelerinin pamuk yangınları üzerindeki etkilerini araştırarak pamuk balyası tutuşturulduktan sonra, çökme alanı, kütle kaybı oranı ve pamuk balyalarının sıcaklık değişimi oranında ölçmüşlerdir. Deney sonucunda, plastik bantla paketlenmiş pamuk balyasının çökme eğilimine sahip olduğu, ancak çelik şeritle paketlenmiş pamuk balyasının çökmediği sonucuna erişilmiştir. Plastik bantla paketlenmiş Pamuk balyasının kütle kaybı oranı açısından bakıldığında çelik şeritle paketlenmiş pamuk balyasından daha hızlıdır ve sıcaklık daha yüksektir [8].

Pamuk yandığında kendine özgü bir kokuya sahiptir. Kokusu keskin olup siyah bir duman çıkışı görülür. Kapalı alanda yanığında çevre alanını yaşanmaz hale getirir [9].

Pamuk yangını bir kez başladığında tüm dokularına yayılma eğilimine sahiptir. Depolanan pamuk balyaları yangın riski oluşturmayacak şekilde balya haline getirilip depolanmalıdır. Pamuk için için yanma özelliğine sahiptir. Küçük bir kıvılcım, elektriklenme pamuğun yanma özelliği göstermesine neden olmaktadır.

Pamuk balyalarının yanma özelliğinin derinlemesine incelenmesi ve yangın güvenliği tedbirlerinin alınması konusunun son derece önemli olduğunu göstermektedir [10]. Pamuk ister yığma olarak muhafaza edilsin ister balyalama şeklinde depolansın, isterse raflı depolama şeklinde farklı farklı konfigürasyonlarla depolansın yangın güvenliği, yangın söndürme sistemlerinin kurulumu ve pamuk hammaddesinin depolama şekli son derece önemlidir.

Pamuğun üç ana özelliği vardır:

1. Pamuk ve açık ateş teması ile yanar ve pamuk lifi ne kadar boşluklu olursa, yanma oranı da o kadar hızlı olur.

2. Pamuk yağ (bitkisel yağ ve hayvansal yağ) ile lekeliğinde oksitlenir ve yanar. Pamuk lifi çok ince olduğundan ısının yayılması kolay değildir. Bu durumda pamuk lifi kendiliğinden yanmaya eğilimlidir.

3. Pamuk yağmurdan, nemden veya büyük su içeriğinden etkilendiğinde mikroorganizmalar büyüyecek ve çoğalacaktır bu da pamuk lif dokusunun çürümmesine ve ısınmasına neden olacaktır. Eğer ısı yayılamazsa kendiliğinden yanacaktır [11].

2. PAMUĞUN İŞLENMESİ

Tarlardan toplanan çiğitli pamuk pamuk işleme ve balyalama süreçlerinden geçmektedir. Tarladan çıkan pamuktan direkt olarak iplik, saf pamuk, pamuk yağı gibi ürünler elde edemeyiz. Bu ürünlerin elde edilebilmesi için pamuğun işlenmesi çırçırlanması gerekmektedir. Tarladan çıkan pamuk pamuk depolarına dökülür ve hava kanal sistemi ile depodaki pamuk alınarak çırçır öncesi pamuk işleme cihazlarından geçirilir.



Şekil 2. Depodaki pamuğu ön temizleme ünitesinde kadar taşıyan pamuk emiş sistemi

Ziyaret edilen çırçır fabrikasında kullanılan otomasyon sistemine göre pamuklar hava kanallarına benzer kanallar ile işlenmemiş pamuk depolardan çekilerek tek bir yere, pamuk temizleme ünitesine aktarılır. Pamuk temizleme ünitesinin işlevi tarladan gelen pamuğu içerisinde kum, taş, çakıl, poşet gibi malzemeleri pamuktan ayırtmaktır.



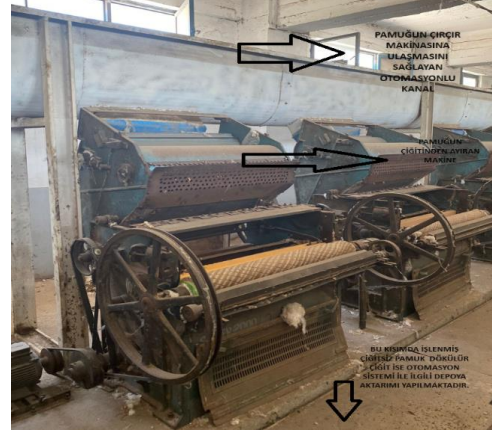
Şekil 3. Pamuk Temizleme Ünitesi

Pamuk temizleme ünitesinden çıkan pamuk bantlara dökülür. Buna otomasyon sistemi adı verilmektedir. Bant aracılığıyla gelen pamuk helezon sistemine dökülür.



Şekil 4. Pamuğun temizleme ünitesinden çıkış yeri ve bant sistemi

Pamuğun temizleme ünitesinden çıkış yeri ve bant sistemi helezon sisteminde pamuk lifleri merdane benzeri yapılardan geçirilir ve kanallar vasıtasıyla çırçır makinasına gelir.



Şekil 4. Çırçır makinası

Ön temizlemeye tabi tutulan pamuk helezon sisteminden geçerek otomasyon sistemi vasıtasıyla çırçır makinesine ulaşır. Ulaşan pamuklar çırçırılama işlemine tabi tutulur. Çırçırılama işlemi çığitli (çekirdekli) pamuğun pamuk elyafından ayrılmasını sağlayan bir sistemdir. Çırçırılama sonrasında ayrılan pamuk presleme makinasına geçer. Aktif olarak çalışan bu işletmede 15 dakikada bir pamuk balyalaması yapılabilmektedir.



Şekil 5. Pamuk işletme tesisi

Ziyaret edilen pamuk işletme tesisi genel sistemi Şekil 6'daki gibidir.

3. PAMUK DEPOLARINDA KORUNMA VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Depolamada yangın riski kullanılan elyaf türü ve depolama şekli yangın riskini belirleyen önemli faktörlerdendir. Elyafın kendine özgü yapısı, lif

uzunluğu, depolanma şekli gibi özellikler yanma davranışını etkilemektedir.

Örnek vermek gerekirse pamuk elyafı içten içe yanma özelliği göstererek gözle görünemeyecek kadar sinsice yanma özelliği gösterirken, yün ise malzeme karakteristiğine bağlı olarak pamuğa göre biraz daha zor yanmaktadır. Bu nedenle elyafın hangi elyaf sınıfından olduğu, elyaf uzunluğu, lif özelliği depolama tasarımı yaparken son derece önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır.

Görüldüğü gibi elyaf tipi ve depolanma biçimi tutuşma hızına ve yangının yayılma hızını direkt olarak etki etmekle birlikte depolardaki düzensizlik yangın riskini ciddi oranda arttırmaktadır [12].

Depo alanlarında yangın riskine karşı alınması gereken önlemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir [12]:

- Depolama alanları üretim alanından bağımsız olmalıdır. Depolarda kimyasal malzeme depolanması yapılmamalıdır.
- Pamuk sinsice yanabilen bir malzeme olduğundan her türlü taşıma esnasında son derece dikkatli olmalı kıvılcım çıkmasına engel olunmalıdır.
- Elektrik panolarının yakınlarına depolama yapılmamalıdır. Elektrik panonun yakınında pamuk işletme alanları yakın olmamalıdır.
- NFPA verilerine göre pamuk depolama yüksekliği 4,6 m ile sınırlandırılıp yangın ve alarm sistemi kurulmalıdır. Ancak pamuk işletme tesislerinde hala söndürme sistemi bulunmayan işletme tesisleri mevcuttur. Bu yanlış uygulamaya örnek Şekil 8 de görülmektedir.



Şekil 7. Söndürme sistemi olmayan pamuk işletme tesisi

Yukarıda görülen örnek bir pamuk işletme tesisine aittir. Yapılan incelemelerde otomatik söndürme sistemi olmadığı gibi tavan üzerinde pamuk havaları ile kaplanmış bir tabaka yer almaktadır. Pamuk havlarının bu şekilde tavan üzerinde toplanması yangın açısından son derece riskli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Aşağıda yer alan Tablo 1 'de görüldüğü gibi elyaf tipi ve depolanma şekli yangının hızını etki etmektedir. Depolama ne kadar düzensiz olursa yangın riski de artış göstermektedir [12].

Tablo 1. Elyaf türü ve depolama şekline göre yangın riski [13].

Emtia Tipi	Elyaf Tipi	Tutuşma Hızı	Yangının Yayılma Hızı	Yüksek Risk ↓ Düşük Risk
Dağınık, açık formda bulunan kumaş atıkları, Dağılmış elyaflar vb.	Polyester, polietilen, akrilik vb. birçok sentetik elyaf ve bunların karışımları	Dağınık haldeki balyalarda bulunan açık kumaşlar	Aşırı kumaş ve elyaf yığınları, yığınlar arasında yetersiz geçiş koridorları, havanın kolayca dolaşması	
Bitmiş ürün paketleri, kompozit ürünler vb.	Selülozik lifler, pamuk, viskoz	Dikey olarak aşırı şekilde yığılmış kumaşlar, elyaf atıkları	Paletli depolama Metal raflarda depolama	
Dokunmuş kumaş ruloları, bobinlere sarılmış iplik paketleri	Yün, ipek PVC	Karton koliler içerisinde aşırı depolama Metal kutular içinde depolama	Hava dolaşımı kısıtlanmış, penceresi olmayan, kapısı süreklili kapalı küçük odalarda depolama	

Pamuk yangınları A sınıfı yangınlar sınıfında girmekle birlikte korlu bir şekilde yanma özelliği

gösteren yanıcı bir madde olarak değerlendirilmelidir.

Ülkemizde hangi yapılarda ve hangi durumlarda yağmurlama sistemi (sprinkler sistemi) ile koruma yapılacağı Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik ile düzenlenmiştir.

Bu yönetmeliğe göre sprinkler sistemi ile korunması zorunlu mahaller şu şekildedir [14]:

Yapı yüksekliği 30,50 metreden fazla olan konut haricindeki bütün binalarda, yapı yüksekliği 51,50 metreyi geçen konutlarda, alanlarının toplamı 600 m²' den büyük olan kapalı otoparklarda ve 10' dan fazla aracın asansörle alındığı kapalı otoparklarda, birden fazla katlı bir bina içerisindeki yatılan oda sayısı 100' ü veya yatak sayısı 200 'ü geçen otellerde, yurtlarda, pansiyonlarda, misafirhanelerde ve yapı yüksekliği 21,50 metreden fazla olan bütün yataklı tesislerde, toplam alanı 2000 m²' nin üzerinde olan katlı mağazalarda, alışveriş, ticaret ve eğlence yerlerinde, toplam alanı 1000 m²' den fazla olan, kolay alevlenici ve parlayıcı madde üretilen veya bulundurulmuş yapılarda sprinkler sistemi ile korunması zorunlu alanlar olarak yönetmelikte belirtilmiştir.

Pamuk lojistik depolarının yanma durumunu inceleyen Wen-Hui Ju pamuğun fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre pamuk lojistik deposunun yangın riski analiz edilerek yangın tehlikesi kaynakları araştırmış, araştırma sonucunda için için yanan yangının tüm nedenleri arasında nem emilimi ve ısı salınımı olasılığının en yüksek olduğunu gösterdiğini, bu nedenle de sıcaklığın 303 K'nin altında olması gerektiği ve ortam neminin %70 in altında kontrol edilmesi önemli olduğunu vurgulamıştır [15].

Ziyaret edilen çırçır fabrikasında söndürme sistemi olarak sprinkler sistemi olmamakla birlikte seyyar şekilde manuel müdahale edilerek yangın söndürülebilecek sistem bulunmaktaydı. Fabrikanın tercih ettiği söndürme sistemi tekerlekli köpüklü söndürme cihazları, arabalı yangın hortumu söndürme sistemi şeklindeydi. Arabalı yangın hortumu sistemi taşınabilir bir yangın söndürme cihazıdır. Genellikle endüstriyel tesislerde, hava alanlarında, limanlarında kullanılabilir. Genellikle geniş alanlarda tercih edilir. Geniş alanlarda bunun gibi taşınabilir tekerlekli cihazların seçilmesinin amacı yangın

anında hareket etmenin kolaylaşması uzak mesafeden suyun taşınabilmesini yangın anında yeterli su akışının sağlanarak yangının söndürülmesini sağlamaktır. Hortumları genellikle aşırı sıcak havalara dayanıklı, kimyasallara karşı dirençli malzemeden yapıldığı gibi su akışını sağlamak için hortum üzerinde vanalar yer alır. Vanaların hortumun üzerinde yer alması sayesinde de suyun doğru zamanlarda doğru miktarda kullanılmasını sağlamaktadır.



Şekil 8. Köpüklü söndürme cihazı ve Arabalı yangın hortumu

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma ile pamuk maddesinin yanıcılığının ortam şartları ile ilişkisi arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Söz konusu %100 organik çığitsiz pamuk yanma karakteristiğini ağırlıklı dış çevre olmak üzere açık ve kapalı ortamda yanma olayının ne kadar etkili olduğunu belirleyerek, dış ortamda istiflenen pamuğun nasıl istiflenirse yangının daha kolay kontrol altına alınabileceği hedeflenmektedir. Yüzey alanı fazla tutularak istiflenen pamuk mu yoksa yüzey alanı azaltılarak yani kütle bakımından aynı olan pamuğun yüze alanına göre yanma süresi incelenmek istenmektedir.

4.2. Çalışmanın Önemi:

İstanbul ve Adana lokasyonlarında çeşitli hava şartlarında yakılan pamuğun farklı günlerde hacim bazında yanma durumu incelenerek yanma süresi bazında farklı hava koşullarının yanma durumuna etkisi incelenmiştir.

Bu sayede yanma olayının farklı hacimler üzerinde etkisi de gözlemlenerek pamuk materyalinin

balyalayarak depolanmasının yangın güvenliği açısından önemi vurgulanmıştır.

4.3. Çalışmanın Konusu:

Pamuk maddesi yakıldığında çevre şartları pamuğun yanma karakteristiğini nasıl etkiler, pamuk maddesi yandığında yüzey alanının yanma üzerinde bir etkinliği var mıdır, rüzgâr hızı yanma süresini nasıl etkiler, hava sıcaklığı yanma olayının hızını nasıl etkiler, havadaki nem oranı yanma süresine etkisi ne derecede etkiler ve bu sayede pamuk maddesinin yanıcılığı nasıldır sorularına yanıt aranmaya çalışılmıştır.

4.4. Çalışmanın Yöntemi:

%100 çığitsiz pamuğun yakılarak farklı hava sıcaklıklarında çevresel faktörlerin yangın üzerindeki etkisi incelenmesi amaç edinilmiştir. Deneyde % 100 pamuk maddesi kullanılmıştır. Alınan numuneler hassas terazi ile 5 gr olarak ölçülmüştür. Akabinde yoğunluğu artırılarak, yüzey alanı azaltılarak hazırlanan 6 cm çaplı pamuk numunesi ile, yoğunluğu azaltılarak yüzey alanı artırılarak 12 cm çapında olan pamuk numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanmış pamuk numuneleri yüzey alanı artırılmış ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuk numuneleri olarak aynı zaman diliminde yakılmıştır.

4.5. Çalışma Bulguları

Yanmayı tanımlayacak olursak yanıcı maddenin belirli bir oranda oksijen ve belirli bir oranda ısının birleşmesi sonucunda meydana gelen kimyasal bir reaksiyon şeklinde açıklanabilmektedir. Yangın ise kontrolümüz dışında gerçekleşen yanma olayıdır.

Deneyde %100 pamuk maddesi kullanılmıştır. Alınan numuneler hassas terazi ile 5 gr olarak ölçülmüştür.



Şekil 9. Pamuk numunelerinin 5 er gr olarak hassas terazi ile ölçülmesi

Akabinde yoğunluğu artırılarak, yüzey alanı azaltılarak hazırlanan 6 cm çaplı pamuk numunesi ile yoğunluğu azaltılarak yüzey alanı artırılarak 12 cm çapında olan pamuk numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanmış pamuk numuneleri yüzey alanı artırılmış ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuk numuneleri olarak aynı zaman diliminde yakılmıştır.



Şekil 6. Pamuk numunelerinin yanma başlamadan önce alınan numunelerin yarı çapları



Şekil 11. Yarı çapı azaltılmış olan pamuk numunesinin yarı çapı (r_1): 3 cm



Şekil 12. Yarı çapı arttırılmış olan pamuk numunesinin yarı çapı (r_2): 6 cm



Şekil 13. Pamuğun yanma safhaları

Şekil 13 pamuğun yanma safhaları esnasında yanma sürecini içeren görseli içermektedir.

Hazırlanan her pamuk numuneleri farklı gün ve saatlerde defalarca kez tekrarlanmıştır. Yanma olayının tamamlanması süre bazında saniye cinsi baz alınarak hava sıcaklığı, ortamın nemi, hissedilen sıcaklık, rüzgâr hızı gibi çevresel parametreler grafik haline getirilmiştir.

Farklı hava durumuna göre farklı yüzey alanına sahip, aynı ağırlıkta pamuk numunelerinin yanma süreleri incelendiğinde;

1. Hava sıcaklıkları
2. Havanın nemi
3. Rüzgârın şiddeti
4. Hissedilen hava sıcaklığı baz alınarak yanma sürelerinin karşılaştırılması şeklinde kategorize edilebilir.

4.5.1. Farklı Hava Koşullarında Yakılan Pamuğun Analizi

5'er gram ölçülen pamuk numuneleri ikişer adet olmak suretiyle yüzey alanı arttırılmış ve yüzey alanı arttırılmamış pamuk olarak hazırlanmış akabinde aynı anda yakılmıştır.

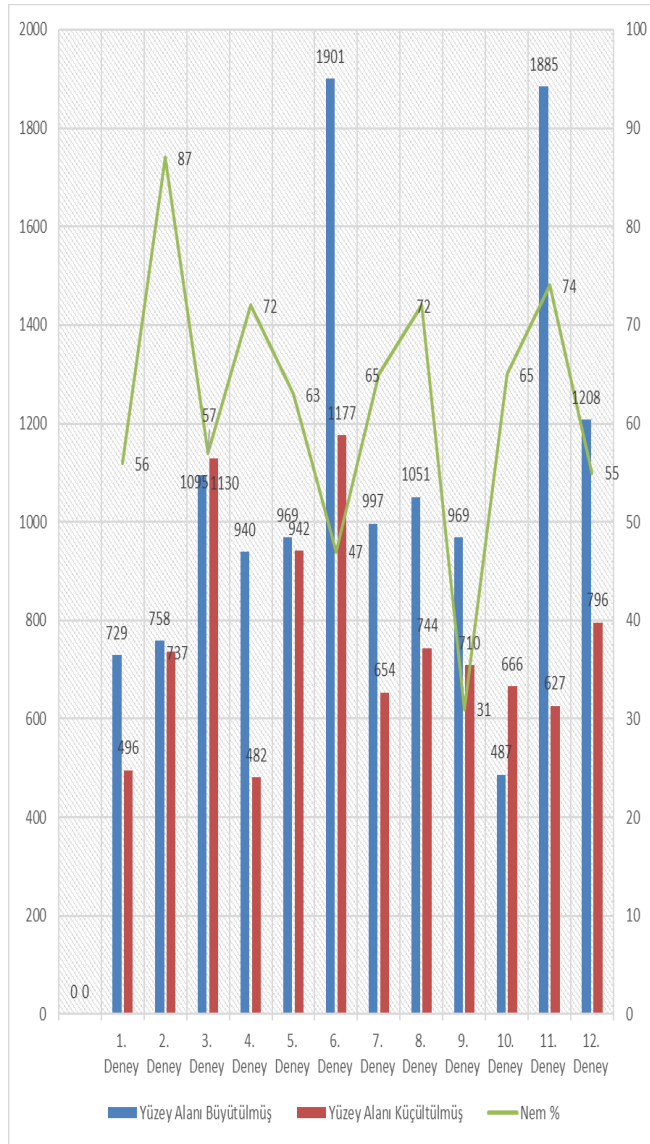
Deneyler İstanbul İlinde ve Adana ilinde gerçekleştirilmiştir. Yanma süreleri yüzey alanı arttırılmış ve yüzey alanı azaltılmış olarak not alınmıştır. Yanma süreleri hava durumu parametreleri baz alınarak grafik haline getirilmiştir.

İstanbul iline ait yaklaşık yanma süreleri (± 10 sn)



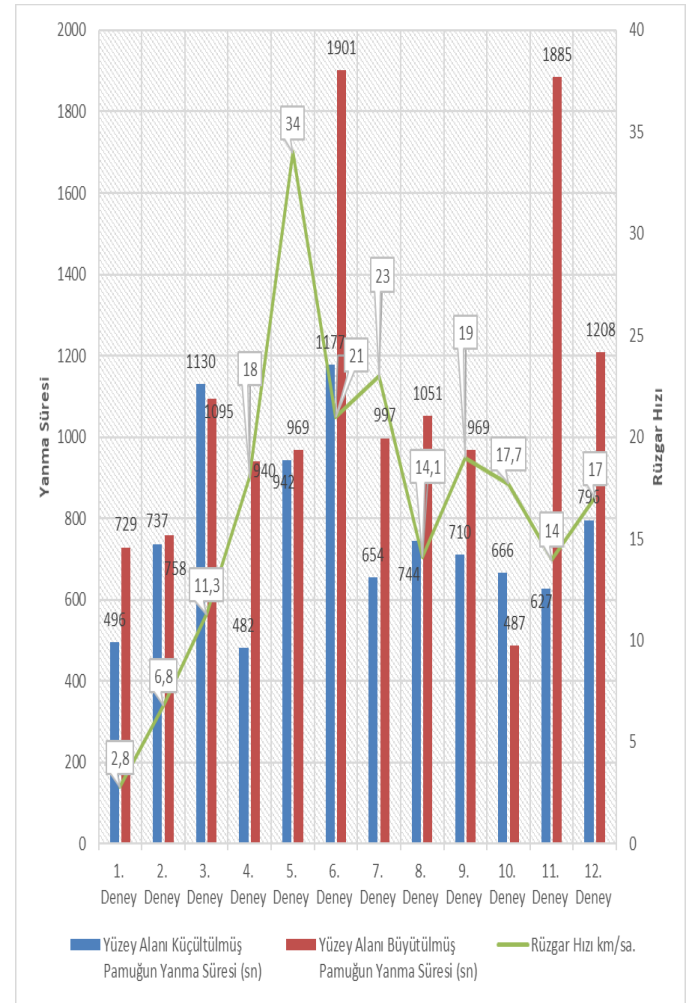
Şekil 14. İstanbul İlinde Yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun havanın sıcaklığına bağlı yanma süreleri

Deney bazında her bir deney ayrıntılı incelendiğinde hava sıcaklığı bazında değerlendirildiğinde 7. Deneyde en düşük hava sıcaklığında pamuk numunesi yakılmıştır. Yanma süresine bakıldığında yapılan deneyler arasında en düşük hava sıcaklığında yüzey alanı büyük olan pamuk numunesi yaklaşık 997 sn, küçük yüzey alanına sahip pamuk numunesi yaklaşık 654 sn sürmüştür. Ancak yanma süresinin bu denli düşük olmasının nedeni sadece hava sıcaklığını baz almak son derece yanlış olacaktır. Çünkü 7. Deneyde hava sıcaklığı düşük olmasına rağmen rüzgâr hızı yapılan deneyler arasında yüksek seyreden şiddete sahip olup 23 km/sa. dir.



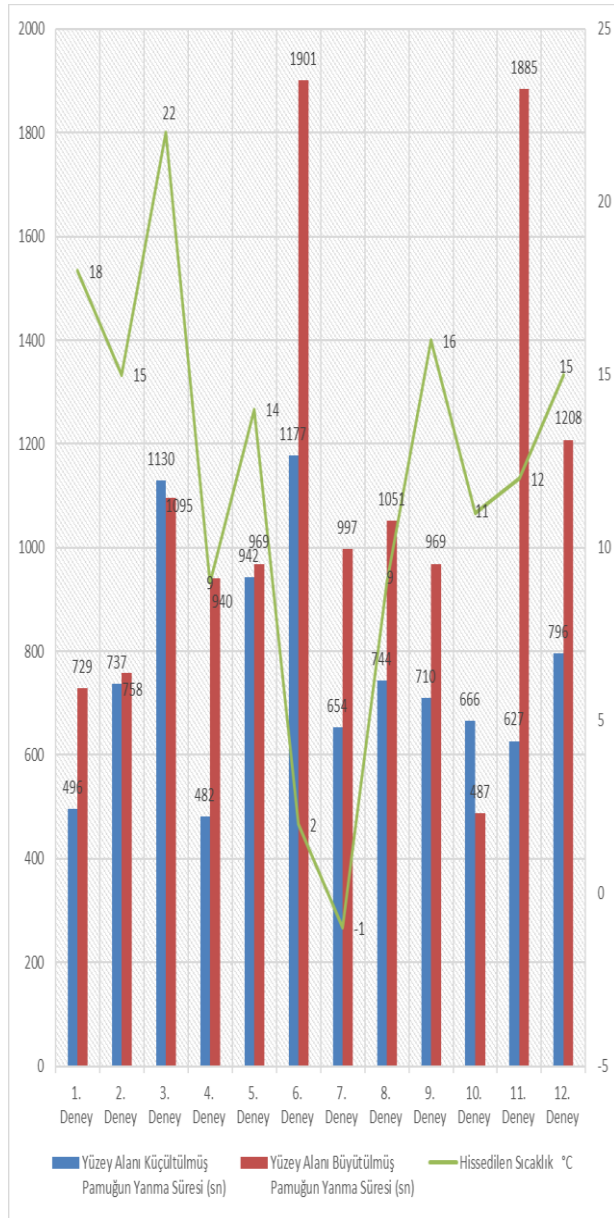
Şekil 15. İstanbul İlnde Yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun havanın nemine bağlı yanma süreleri

Yapılan deneylerden havanın nemine bağlı yanma deneyleri incelendiğinde 4. Deneyi ele aldığımızda en hızlı yanma sürecini tamamlayan deney arasında yer almaktadır. Deney yapılan günde rüzgârın hızı ne kadar yüksek olsa da havada bulunan %72 nem oranı yanma olayının uzun süre devam etmesine engel olduğu gözlemlenmiştir. Yanma olayı sona erdiğinde yanma sonrası arta kalan artık ürün gözle görülür bir şekilde fazladır.



Şekil 16. İstanbul İlnde yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun rüzgârın hızına bağlı yanma süreleri

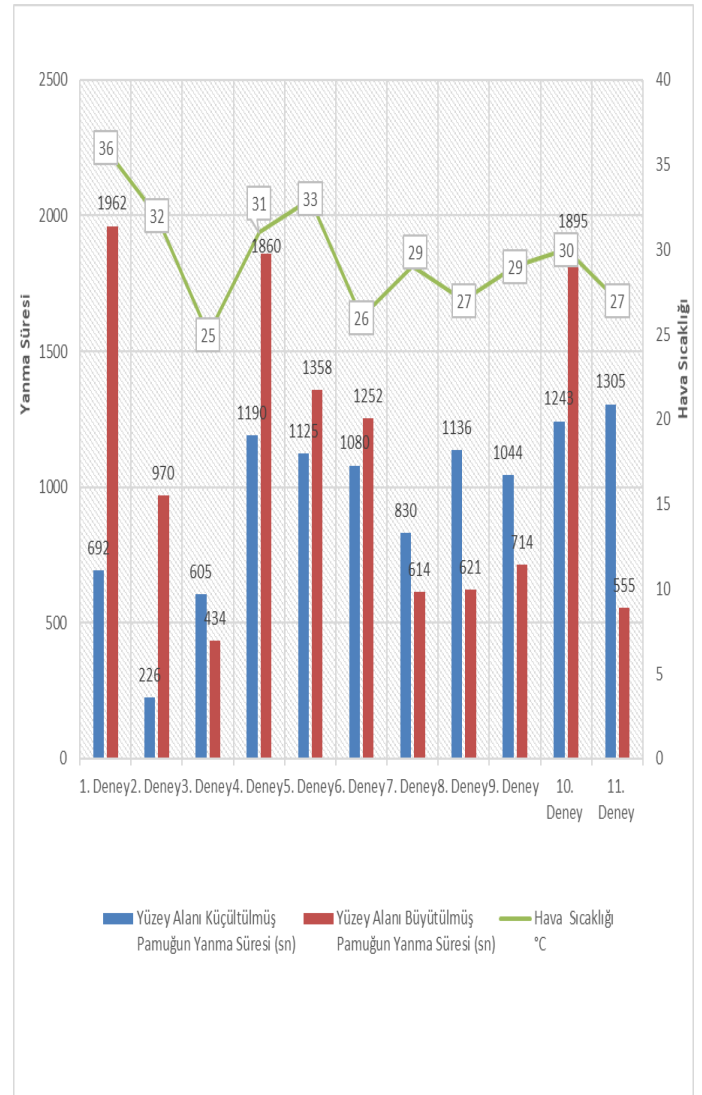
Yapılan deneylerden rüzgârın hızına bağlı yanma deneyleri incelendiğinde 7. Deneyi ele aldığımızda yüzey alanı artırılmış olan pamuk numunesi yaklaşık 997 sn yanma süresi gözlemlenmiştir. Yüzey alanı azaltılmış olan pamuk numunesinde ise 654 sn de yanma olayı meydana gelmiş olup bu yanma süreleri 3 °C çevre sıcaklığında gözlemlenmiştir. 5. Deneyde yüzey alanı artırılmış olan pamuk numunesi yaklaşık 969 sn de yanma olayı tamamen bitmişken yüzey alanı azaltılmış olan pamuk numunesi yaklaşık 942 sn de yanma olayı tamamen bitmiştir. Yüzey alanları artırılmış olan pamuk numunelerin yanma sürelerine baktığımızda birbirine çok yakındır. Sonucun bu şekilde çıkmasının temel nedeni çevresel şartlarda maruz kaldıkları rüzgâr hızıdır.



Şekil 17. İstanbul ilinde yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun hissedilen sıcaklığa bağlı yanma süreleri

Yapılan deneylerde hava sıcaklığının yanma hızına etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısı ile hissedilen sıcaklıkta yanma hızına etki etmektedir. Hissedilen sıcaklık arttıkça genel olarak yanma hızı artarak yanma süresi azalmaktadır.

Adana iline ait yaklaşık yanma süreleri (± 10 sn)

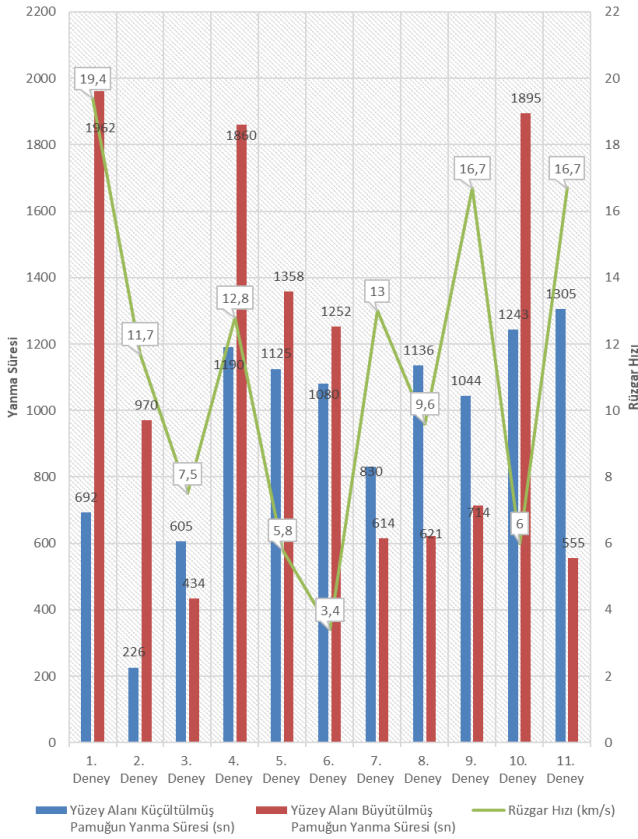


Şekil 18. Adana ilinde yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun havanın sıcaklığına bağlı yanma süreleri

Adana ilinde pamuğun havanın sıcaklığına bağlı yanma süreleri incelendiğinde 3. Deney ve 8. Deney numunelerinin maruz kaldıkları nem oranları eşittir ve nem oranı %82 dir. Ancak yanma sürelerini ele aldığımızda yüzey alanı gözetmeksizin yanma süreleri 3. Deneyde 8. Deney numunelerine göre daha kısadır. Bu durumun çevresel koşullara göre nedenini irdelediğimizde 3. Deneyde rüzgâr hızı 7,5 km/sa. iken 8. Deneyde 9,6 km/sa. dir. Hava sıcaklığı

bakımından değerlendirildiğinde 3. Deneyde hava sıcaklığı 25 °C iken 8. Deneyde 27 °C dir.

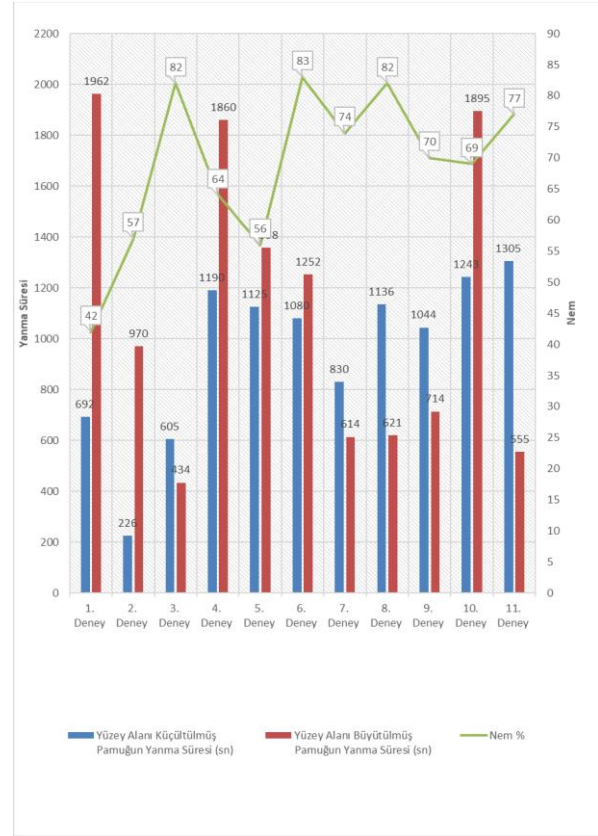
Hava sıcaklığının artması yanma durumunu destekler nitelikte davranıp yanma süresini arttırmıştır.



Şekil 19. Adana ilinde yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun rüzgârın hızına bağlı yanma süreleri

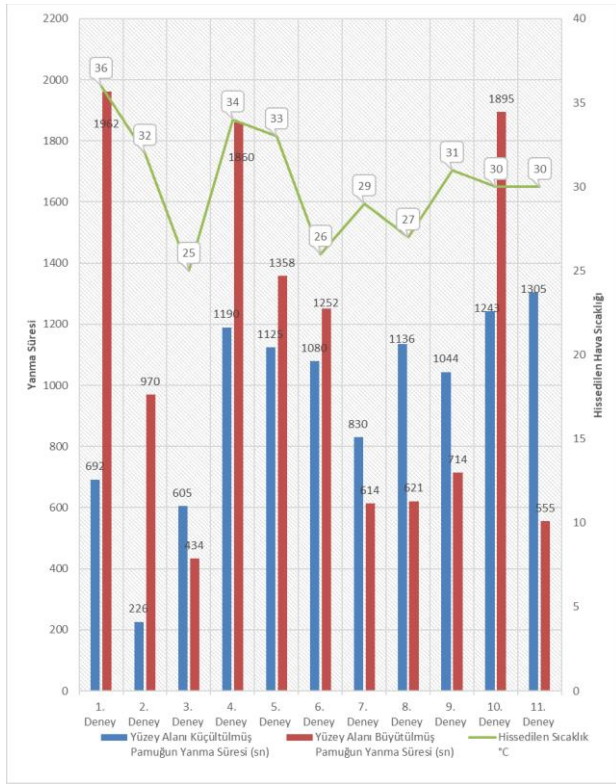
Adana ilinde yapılan deneylerde pamuğun rüzgârın hızına bağlı yanma süreleri incelendiğinde rüzgâr hızının artışı ile pamuğun lifli ve kolay yanan yapısından da kaynaklı yanmanın tüm dokulara sirayet etmesine neden olmuştur. Bu nedenle de 8. Deneyde yanma süresi 3. Deney numunelerine göre daha uzun olduğu gözlemlenmiştir.

9. Deney ile 11. Deney numunelerinin maruz kaldıkları rüzgâr hızları eşit olup 16,7 km/sa. dir. Ancak maruz kaldıkları nem oranı 11. Deneyde 9. Deneye göre daha yüksektir. Yüzey alanı artırılmış pamuk numunesinin maruz kaldığı nem oranının artması ile birlikte yanma süresi kısalmıştır.



Şekil 20. Adana ilinde yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun havanın nemine bağlı yanma süreleri

Adana ilinde yapılan deneylerde pamuğun havanın nemine bağlı yanma süreleri incelendiğinde 7. ve 9. Deney numunelerinin yanma karakteristiğinde her iki deney numunelerinin maruz kaldıkları hava sıcaklığı eşit olup 29 °C dir. Ancak yanma sürelerine bakıldığında yüzey alanı artırılmış olan pamuk numunesinin yanma süresi 7. Deneyde yaklaşık 614 sn, 9. Deneyde yaklaşık 714 sn dir. Yüzey alanı küçültülmüş olan pamuk numunelerinin yanma süresi ise 7. Deneyde 830 sn olup 9. Deneyde yaklaşık 1044 sn dir. Pamuk numunelerinin yanma süresini etkileyen faktör çevresel koşullarda maruz kaldıkları nem oranı ve rüzgâr hızıdır. 7. Deneydeki nem oranı %74 iken 9. Deneyde nem oranı %70 dir. Nem oranının yüksek olması yanma süresini kısaltmıştır. Rüzgâr hızı 7. Deneyde 13 km/sa. iken 9. Deneyde 16,7 km/sa. dir. Rüzgâr hızının yüksek olması pamuk numunelerinin lifli yapısından kaynaklı olarak yanmanın sirayet etkinliğini artırarak yanma süresini arttırmıştır.



Şekil 21. Adana ilinde yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun hissedilen sıcaklığa bağlı yanma süreleri

10. ve 11. Deneylerde hissedilen sıcaklık eşit olup 30 °C dir. 10. deneyde nem oranı %69, hava sıcaklığı 30 °C olup rüzgâr hızı ise 6 km/sa. dir. 11. Deneyde ise nem oranı %77, hava sıcaklığı 27 °C ve rüzgâr hızı 16,7 km/sa. dir.

Genel İstanbul lokasyonunda yapılan deneyler ile Adana ilinde yapılan deneylerin karşılaştırması yapıldığında;

Adana ilinde yakılan pamuk numunelerinden 11. ve 9. Deney numunelerinde rüzgâr hızı 16,70 km/sa. iken İstanbul ilinde 12. Deneyde 17 km/sa. dir. Bu deney numunelerinin maruz kaldığı rüzgâr hızı birbirine çok yakın değere sahiptir. Ancak yanma İstanbul ilinde yapılan 12. Deneyde yüzey alanı büyütülmüş pamuk Yüzey alanı küçültülmüş pamuktan daha uzun süre yanma özelliği göstermiştir. Nem oranına baktığımızda ise İstanbul ili için maruz kalınan oran %55 olup maruz kaldığı hava sıcaklığı 15 °C dir. Hava sıcaklığının düşük olması hissedilen sıcaklığının Adana ili için 9. ve 11. Deneyler baz alındığında daha düşük olması sebebi ile yüzey alanı büyütülmüş pamuk numunesi, yüzey alanı küçültülmüş pamuk numunesine göre daha uzun süre yanmıştır.

Ancak yanma karakteristiğini sadece neme bağlanmaması gerekmektedir. Deney numunelerinin maruz kaldığı rüzgâr hızları da yanma karakteristiği üstünde etkisi vardır. Adana ilinde yapılan 1. Deneyde yakılan pamuk numunesinin maruz kaldığı rüzgâr hızı 19,40 km/sa. iken yanma süresi İstanbul ilinde yapılan 5. Deneyde yakılan pamuk numuneleri ne göre daha uzun yanma süresi olduğu gözlemlenmiştir. Adana'da ve İstanbul'da pamuk numunelerinin maruz kaldıkları nem oranı %56 dır. Hava sıcaklığı ise Adana ilinde daha yüksektir. Sıcaklıklarında yanma süresinin bu denli uzun olmasına etki etmiştir.

Farklı günlere İstanbul ve Adana şehirlerinde ağırlığı beşer gram olan bir numunenin çapı 6 cm değerinin 12 cm olacak şekilde pamuk numuneleri yakılmıştır. Genel olarak nemin yüksek seyrettiği ve nem oranının %70 in altında olduğu günlerde nem oranının yüksek olması ile yanma hızı artmış olup yakılan pamuklar diğer nem oranı düşük olan günlere göre daha hızlı yanma eğilimi göstermiştir. Nem oranı yükseldikçe buharlaşma ısısı da yükselir. Nem oranları yangının yayılmasında çok büyük önem taşır. Kuraklık zamanında yanıcı maddeler nemli ve yağışlı havadan daha az sıvı taşır ve yangının söndürülmesi daha güçtür [24].

Ancak pamuğun sadece neme bağlı olarak yanma karakteristiğinin incelenmesi pek doğru bir karar olmayacaktır. Nem oranının yüksek olduğu günler ve düşük olduğu günler incelendiğinde yanma süreleri uzun olup nem oranının düşük olduğu veya nem oranının yüksek olup yanma sürelerinin aynı şekilde uzun olduğu gözlemlenmiştir. Adana ilinde yapılan deneyler neticesinde şu kanaata varmak mümkün olabilecektir.

Nem oranı %70 ve üstü oranda yakılan pamuk numunelerinde Yüzey alanı büyütülmüş olan pamuk numunesi uzun süre yanmayıp belirli bir süre sonunda yanma sürecini tamamlayamadan sönmülenebileceği gözlemlenmiştir.

Oksijen oranı yükseldikçe yanma hızı ve ısısı artar. Rüzgâr ateşe daha fazla oksijen verebilme özelliği nedeniyle körükleyici etki yapar yapar. Bu nedenle şiddetli rüzgâr altında yangın meydana geldiğinde, yangına rüzgâr körükleyici etki yaptığından rüzgâr hızının yüksek olduğu yangınlar çok zor kontrol altına alınır [24].

Yapılan deneyler incelendiğinde rüzgâr hızı arttıkça pamuğun yanma hızı artmıştır. Yanma hızı arttıkça yanma süresi kısalmış ve yanma olayı daha hızlı aksiyon almıştır.

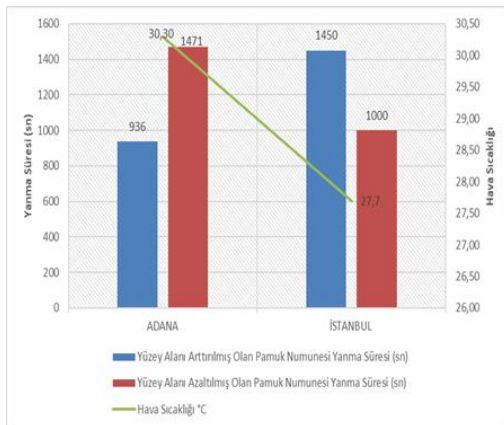
Grafikler incelendiğinde farklı hava sıcaklıklarının etkisi ile rüzgâr hızının da yanma hızına etki ettiği gözlemlenmiştir. İstanbul ilinde aynı anda yakılan yüzey alanı artırılmış pamuk ile yüzey alanı azaltılmış pamuk incelendiğinde yüzey alanı küçük olan pamuk yüzey alanı büyütülmüş olan pamuktan daha erken yanma olayını tamamlamıştır. Yüzey alanı artan pamuk liflerinin arasında bulunan hava boşlukları tüm liflerin yanmasına yönelik bir ilerleme göstermektedir. Pamuk numunesinin tamamı yanma olayını gerçekleştirene kadar yanmayı devam ettirmektedir.

İstanbul ilinde yakılmış olan pamuk numuneleri için preslenmiş olarak aynı kütleye sahip olan pamuk numunesi içerisinde hava boşluklarının nispeten daha az olması sebebi ile yanma olayı daha kısa süre tamamlanmıştır.

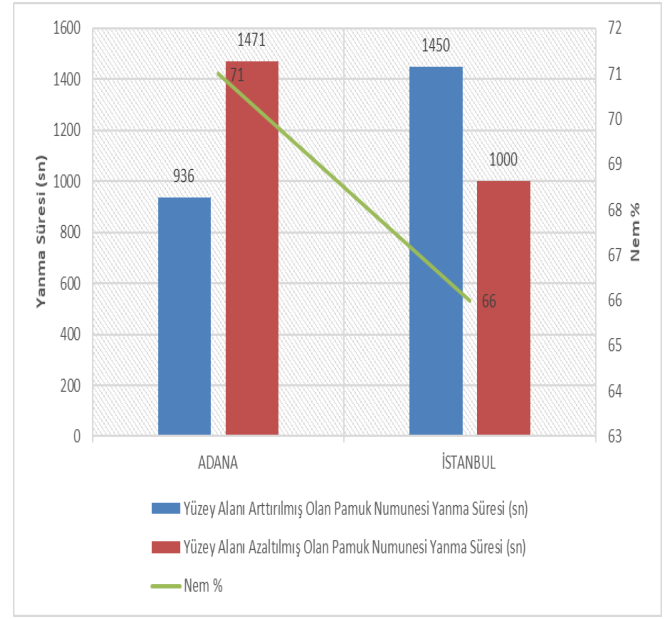
4.5.2. Farklı Hava Koşullarında Kapalı Alanda Yakılan Pamuğun Analizi

İstanbul ve Adana illerinde kapalı alanda pamuğun nasıl bir yanma süreci izleyeceği konusunda izlenimlerde bulunmak amacı ile yüzey çapı 12 cm ve 6 cm olarak hazırlanan pamuk numuneleri birer adet deneyler yapılarak izlenmiştir.

Yapılan deneylerin kapalı alanda maruz kaldıkları nem ve hava sıcaklığı dijital termometre ile ölçülmüştür. Yapılan deneyler için çıkarılan sonuçlar grafik haline getirilmiş olup aşağıdaki gibidir.



Şekil 22. Yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun kapalı alanda sıcaklığa bağlı yanma süreleri



Şekil 23. Yüzey alanı büyütülmüş ve yüzey alanı azaltılmış olan pamuğun kapalı alanda neme bağlı yanma süreleri

Kapalı alanda yapılan deneylere göre Adana'da yakılan pamuk numunesinin yanma sürelerine baktığımızda yüzey alanı artırılmış pamuk numunesi İstanbul'da yakılan deney numunesine göre daha önce sönmülmüştür. Yüzey alanı azaltılmış pamuk numunesi ise Adana ilinde daha uzun süre yanma eğilimi göstermiştir. Yüzey alanı artırılmış olan pamuk numunesinin Adana ilinde daha kısa sürede kendi kendine sönmülmemesinin nedeni maruz kaldığı nem oranı etkili olmuştur. %70 ve üstü neme maruz kalan yüzey çapı 12 cm olan pamuk numunesi çapı 6 cm olan pamuk numunesine göre daha hızlı sönmülmüştür. Maruz kalınan nem oranı %70 in altında ise yüzey alanı artırılmış pamuk numunesi, yüzey alanı azaltılmış pamuk numunesine göre daha uzun yanma eğilimi göstermektedir. İstanbul ilinde yapılan deneyde pamuk numuneleri %66 oranında nem oranına maruz kalmıştır. Bunun neticesinde yüzey alanı artırılmış pamuk numunesi, yüzey alanı azaltılmış pamuk numunesine göre daha uzun süre yanma eğilimi göstermiştir.

Yanma ürünleri, yanmamış ürünler, su buharı, karbondioksit ve karbonmonoksit ile diğer zehirleyici korozif gazları içermektedir[17]. İstanbul ilinde yapılan kapalı alan deneyinde yüzey mermerdi ve yüzey alanı artırılmış pamuk numunesi sönmüldükten sonra zemine bakıldığında su partiküllerinin görünür bir şekilde olduğu gözlemlendi. Buda bize organik

maddelerin yanması sonucunda yanma sonucu çıkan gazlara ek su çıkışının da görüldüğünü bir kez daha ispatlamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Pamuk numunesinin çevresel koşullarda yanma olayı incelendiğinde havanın sıcaklığına, rüzgârın şiddetine, havanın nemine bir nebze olsa hissedilen sıcaklığa bağlıdır. Hava sıcaklığı yüksekse ortamdaki nem yüksekse ve rüzgâr hızı düşükse yanma daha uzun sürede tamamlanmaktadır. Hava sıcaklığı yüksek rüzgâr hızı yüksek nem oranı yüksekse yanma hızı artmaktadır.

Çalışmanın sonuçları şu şekildedir;

- %70 ve üzeri neme maruz kalan deney numunelerinden yüzey alanı azaltılmış olan pamuk numuneleri daha uzun süre yanma eylemi gösterirken, yüzey alanı artırılmış olan pamuk numunesi daha hızlı sönmümlenerek yanma sonrası yanmamış ürün miktarı daha fazla olduğu görülmüştür.
- İstanbul'da yapılan deneyler incelendiğinde yüzey alanı azaltılmış olan pamuk daha hızlı sönmümlenmiştir. Bunun nedeni pamuk lifli bir yapıda olması ve oksijen ile teması iç noktalarında daha az olduğundan iç kısımlardaki yanma oksijen yetersizliğinden kaynaklı sönmümlenme hızının fazla olmasıdır.
- %70 ve altı neme maruz kalan yüzey alanı artırılmış pamuk ise daha uzun yanma eğilimi göstermiş olup pamuk liflerinin arasındaki oksijen fazlalığı tüm pamuk liflerinin yanmasına sebep olmuş bu nedenle de yanma sona erdiğinde daha az kalıntı bırakarak yanma sürecini tamamlamıştır.
- Yapılan deney neticesinde %70 ve üstü nem oranına maruz kalan ve hava sıcaklığını yüksek seyrettiği günlerde yakılan yoğunluğu artırılmış olan pamuk numunesi için için yanma özelliği göstermiştir. Ancak çapı büyütülerek yoğunluğu azaltılan pamuk numunesi yakıldığında yanma belirli bir süre sonra kendiliğinden sönmümlenmiştir. Wen-Hui Ju da makalesinde belirtmiş olduğu şekilde depolama alanlarının bağıl neminin %70

altında tutulması ve sıcaklığın 30 °C üzerinde olmaması önem taşımaktadır.

Öneriler;

Pamuk yangınları konusunda gelecekteki çalışmaları geliştirmek için aşağıdaki öneriler sunulabilmektedir:

- Doğal renkli pamukların yanma karakteristikleri incelenebilir.
- Pamuğun lif özelliklerine göre yanma karakteristiklerine göre yanma durumları incelemesi yapılabilir.
- Aynı lif özelliğine sahip farklı bölgelerde üretilen pamuğun aynı lokasyonlarda yanma durumları gözlemlenebilir.

Bu öneriler, pamuğun yanma karakteristiğinin incelenmesi konusunda gelecekteki araştırmalara rehberlik edebilecek nitelikte olabilir.

6. KAYNAKÇALAR

- [1] Cevheri C.İ, Şahin M. (2020) Dünya'da ve Türkiye'de Pamuk Üretiminin Tekstil Sektörü Açısından Önemi, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 5(2): 71-81
- [2] Gülten Güzel (2010) Tekstilde Pamuğun Standardizasyonunun Önemi Üzerine Bir Araştırma Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı,
- [3] İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı Yangın ve Kazalarla Mücadele Eğitim Kitabı
- [4] Hakan Serhad Soyhan, Cemil Özkalay, Kadir Can, Onur Mammacıoğlu (2018) Yangın ve Yaşam, Cenevre Fikir Sanat, İstanbul.
- [5] Yangın Tedbirleri Türkiye Büyük Millet Meclisi Destek Hizmetleri Başkanlığı
- [6] Xie Q., Lin S. and Huang X., Qu Y. (2020) Smoldering Fire of high – Density Cotton Bale Under Concurrent Wind Fire Technology ,56 2241-2256, Springer Science + Business Media

LLC. Part of Springer Nature Manufactured in The United States

[7] He M., Ding L., Yu L., Ji J. (2021) Effect of density on the smoldering characteristics

[8] Yanzhao Zhou, Wanfu Liu, Zhaopeng Ni, Lu Wang, Bo Gao (2017) Effects of Different Packing Materials on Cotton Fires, China

[9] Cotton Processing Property Risk Consulting Guidelines A Publication of AXA XL Risk Consulting

[10] Pamuklu lisanslı Depo Tebliği (12 Nisan 2013) Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Resmî Gazete Sayı: 28616

[11] Zhuo. (1986) Open air storage and storage technology of cotton[J], Commercial technology.

[12] A. Patlar (2016) Pamuklu Kumaş Üretiminde Yangın Risklerinin Değerlendirilmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2016.

[13] İbrahim Utku Başyazıcı VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Tekstil üretim ve depo alanlarındaki söndürme sistemleri uygulamaları Syf:505-521

[14] 19.12.2007 tarih ve 26735 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanmış olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik

[15] Wen-hui Ju (2016) Study on Fire Risk and Disaster Reducing Factors of Cotton Logistics Warehouse Based on Event and Fault Tree Analysis, ScienceDirect, Procedia Engineering 135 Pages: 418 – 426

[16] Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç, Duman Kontrol Gerekliliği, Dumanın Etkileri