

The Effect Of Calender Temperature And Number Of Fabric Layers On Fabric Performans In Combining Nonwovens With Calender Method

Utkay DÖNMEZ^{1,*}, Hacı Arif KURT¹, Arzu ATICI²

¹Teknomelt Teknik Mensucat San. ve Tic. A.Ş. Arge Merkezi, 46100, Onikişubat/ KAHRAMANMARAŞ

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Onikişubat/ KAHRAMANMARAŞ

Graphical/Tabular Abstract

Article Info:

Received: 26/04/2019

Revision 20/08/2019

Accepted: 02/09/2019

Highlights

- Spunbond kumaşların üretimi.
- Çok katlı spunbond kumaşların kalender ile birleştirilmesi.
- Tek katlı ve çok katlı kumaşların performans karşılaştırılması
- Tek katlı ve çok katlı kumaşların üretim/maliyet öngörüsü

Keywords

Spunbond,
Calender,
Effect of Temperature,
Performance Tests

In this study, tear strength, tensile strength and water resistance values of the spunbond fabrics obtained as a result of the degradation caused by thermal bonding on different calender temperatures were compared. As a result of the experimental study, both the nonwoven producers and their consumers have been guided about the effect of temperature values on the fabric physical properties in joining with the calender method.

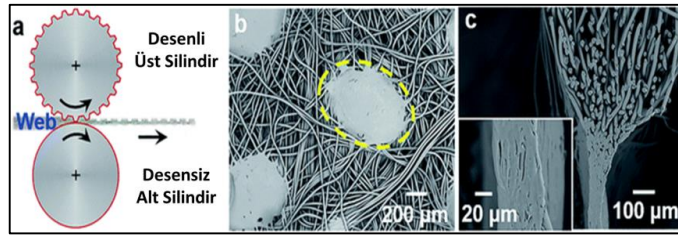


Figure A. Calender process and SEM image of the coupling point [13]

Purpose: In this study, physical properties of 1-layer, 2-layers and 3-layers fabrics having the same weight as calender-treated fabric samples from the spunbond production line will be compared. At the end of the study, it will be determined which single, double and triple spunbond fabrics having the same weight will show better physical properties; spunbond will guide the fabric consumers.

Theory and Methods: In the Spunbond machine, 30 gsm, 60 gsm and 90 gsm fabrics are produced by calendaring. Using the 30 gsm fabric produced, it was combined into two layers (30 + 30 gsm) and three layers (30 + 30 + 30 gsm). Tear strength, tensile strength and elongation at break of the developed fabrics were examined.

Results: When the tear, tensile strength, elongation and water column values of single, double and triple fabrics were examined; In general, it is understood that single layer fabrics perform better. The best results in terms of tear strength values were determined at K1 temperatures. In terms of tensile strength value, K1 gave the best value in 60 gsm fabrics while K3 gave 90 gsm fabrics. In terms of breaking elongation (%) values, K1 temperature values were the best for both 60 gsm and 90 gsm fabrics. For the water column value, K4 showed the best value in 60 gsm fabrics and K5 showed the best value in 90 gsm fabrics. To be reminded, K1 is the lowest temperature and K5 is the highest temperature in calender bonding.

Conclusion: When the test results are considered, it is understood that single layer fabrics show better value than multi layer fabrics. The main reason for this is that the single layer fabrics are passed through the calender once (1 time). The fact that two (2) and three (3) layer fabrics were calendared for the second time is considered to be the reason for the performance tests of single layer fabrics to give better values. The fact that the working conditions of the multi layer fabrics (calender properties (metal, aging time, tooth length etc.), calender pressure and calender working speeds) are the same supports that the difference in test results stems only from calender temperatures.



Nonwoven Kumaşların Kalender Yöntemiyle Birleştirilmesinde Kalender Sıcaklığı Ve Kumaş Katman Sayısının Kumaş Performansına Etkisi

Utkay DÖNMEZ^{1,*}, Hacı Arif KURT¹, Arzu ATICI²

¹Teknomelt Teknik Mensucat San. ve Tic. A.Ş. Arge Merkezi, 46100, Onikişubat/ KAHRAMANMARAŞ

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Onikişubat/ KAHRAMANMARAŞ

Öz

Nonwoven kumaş endüstrisinde, son üründe istenen özelliklere göre lif esaslı tülbenet tabakaları başlıca mekanik, ısı ve kimyasal yöntemlerle bağlanarak tekstil yüzeyi haline getirilmektedir. Çevre koruma konusundaki farkındalık, kimyasal maddelerle yapılan doku bağlanmanın kullanımı yerine ısı ile bağlama yöntemleri tercih edilmeye başlanmıştır. Isı ile doku oluşturma (kalender) ile doku bağlama yönteminde yüksek üretim hızı, daha iyi fiziksel özellik (kopma ve yırtılma mukavemeti) ve çevre dostu üretim yapılabilmesi bu yöntemi ilgi çekici hale getirmiştir. Dokusuz kumaş üreticileri sürekli olarak üretim hızını arttırmaya ve aynı güç için daha yüksek güç, daha az ağırlık veya yüksek genişletilebilirlik gibi performansı arttırmaya çalışıyor. Üretim hızını arttırmak için, kalender silindiri sıcaklığı yükseltilebilir, böylece daha az zamanda daha fazla ısı emilebilir. Nonwoven kumaşlara uygulanan sıcaklık ve basınç değeri kumaşların mukavemetlerine doğrudan etki etmektedir. Bu çalışmada, farklı kalender sıcaklıklarında, ısı bağlanmanın lif üzerinde sebep olduğu bozunmalar sonucunda elde edilecek spunbond kumaşların yırtılma, kopma mukavemeti ve su sütunu değerleri karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda hem nonwoven üreticilerine hem de tüketicilerine kalender yöntemi ile birleştirmede sıcaklık değerlerinin kumaş fiziksel özelliklerine etkisi hakkında yönlendirme yapılmıştır.

Makale Bilgisi

Başvuru: 26/04/2019

Düzeltilme: 20/08/2019

Kabul: 02/09/2019

Anahtar Kelimeler

Spunbond,
Kalender,
Sıcaklık Etkisi,
Performans Testleri

Keywords

Spunbond,
Calender,
Effect of Temperature,
Performance Tests

The Effect Of Calender Temperature And Number Of Fabric Layers On Fabric Performans In Combining Nonwovens With Calender Method

Abstract

In the nonwoven fabric industry, fiber based gauze layers are combined with mechanical, heat and chemical methods and turned into textile surface according to the desired properties. Using heat bonding methods instead of using tissue binding with chemicals has been started to be preferred for the awareness of environmental protection. This method has been drawing more attention in terms of high production speed, better physical properties (tensile and tear strength) and environmentally friendly production in the texture bonding method by heat formation (calender). Nonwoven fabric manufacturers are constantly trying to increase production speed and improve performance, such as higher power, less weight or high expandability for the same power. In order to increase production speed, the calender cylinder temperature is increased so that more heat is absorbed in less time. Temperature and pressure applied to nonwoven fabrics directly affect the strength of fabrics. In this study, tear strength, tensile strength and water resistance values of the spunbond fabrics obtained as a result of the degradation caused by thermal bonding on different calender temperatures were compared. As a result of the experimental study, both the nonwoven producers and their consumers have been guided about the effect of temperature values on the fabric physical properties in joining with the calender method.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Spunbond nonwoven kumaşlar elyaf eğirme, ağ oluşumu ve yapıştırma işlemi ile entegre üretilen kesintisiz filamentlerden oluşur. Nonwoven kumaşlar, taraklama, çekme, fitil, eğirme, dokuma veya örme gibi bazı geleneksel tekstil işlemleri kısmen veya tamamen elimine edilmiştir. Ara aşamaları elimine ettiği için, tek

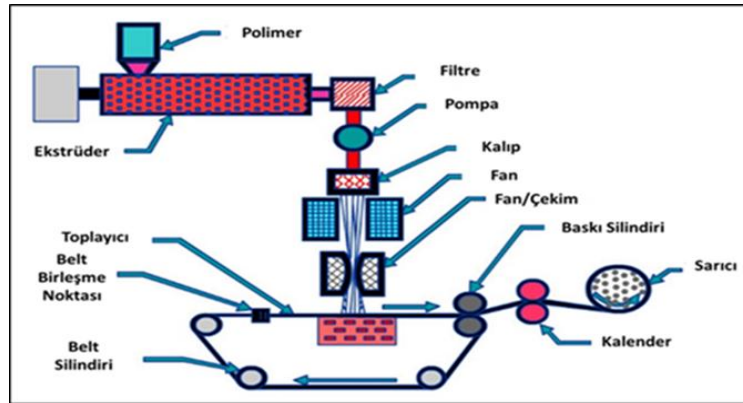
aşamada polimerden kumaşa en kısa kumaş üretim tekniğidir. Bu nedenle, polimer seçimi ve proses parametreleri doğrudan kumaş kalitesi ile ilgilidir [1,2]. Bu yöntem, üreticilere maliyetlerin düşürülmesi için fırsatlar sağlamaktadır. Spunbond üretim teknolojisi, 1950'lerin sonunda geliştirilmesine rağmen, ticari uygulamaları ancak 1960'larda kullanılmaya başlanmıştır. Spunbond kumaşlar mükemmel özellikleri ve yüksek işlem verimliliği nedeniyle hızla gelişmiştir [2-4].

Termoplastik özellikli polietilen, polipropilen, polyamide polimerler ile termoset özellikli polyester, poliüretan polimerler, spunbond nonwoven kumaş üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır [6]. Yüksek mukavemet ve sıcaklık stabilitesi sebebiyle polyester, yüksek kimyasal dayanım ve elektrik yalıtımı açısından polietilen, yüksek enerji sönümleme özelliği ile poliamid ve elastik özelliği ile polüretan spunbond kumaş üretim yönteminde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra polipropilen, sahip olduğu düşük yoğunluk ve yüksek verimlilik (kilo başına üretilebilen lif sayısı) sebebiyle üreticilerin tercih ettiği polimer çeşididir. Polipropilen izotaktik, sindiotaktik ve ataktik yapılarda üretilebilmektedir. Yapısındaki metil gruplarının aynı doğrultuda yönlendiği izotaktik polipropilen (iPP), üretim verimliliğinin yüksek ve maliyetinin düşük olması sebebiyle spunbond üretiminde en yaygın kullanılan polimer türüdür [4].

Spunbond kumaşlar, sahip oldukları özelliklere göre birçok sektörde kullanılabilir. Mukavemet ve uzama gibi temel fiziksel özelliklerin yanı sıra üretim esnasında UV dayanımı artırıcı, yumuşaklık kazandırıcı, anti statik özellik kazandırıcı, yanmazlık kazandırıcı katkı maddeleri ile spunbond kumaşların özellikleri ve performansları artırılabilir. Tarım ve seracılık, hijyen ve medikal, ambalajlama, paketleme, inşaat, oyuncak sektörü, mobilya sektörü gibi sayılabilecek bir çok alanda kullanılmaktadır.

1.1. Spunbond Kumaş Üretim Prosesi

Spunbond üretim süreci filament eğirme, çekme, üst üste biriktirme ve bağlanma gibi dört eşzamanlı ve entegre bir üretim sürecidir. İlk üç işlem doğrudan konvansiyonel yapay elyaf iplikçiliğinden esinlenmiştir. Bu üretim prosesinin temel işlevi, ekstrüde edilmiş polimerleri kalıp düzelerinden sabit basınçla geçirerek filament haline getirmek ve çekim işlemine maruz bırakmak ve filamentleri bir konveyör bant üzerine aktarmaktır. Son işlem ise mekanik, kimyasal ya da termal bağlama yöntemleriyle filamentlerin birbirine bağlanması ile kumaş yapısının elde edilmesidir [6,7]. Şekil 1'de spunbond üretim sisteminin detayları görülmektedir.



Şekil 1. Spunbond kumaş üretim yöntemi [8,9]

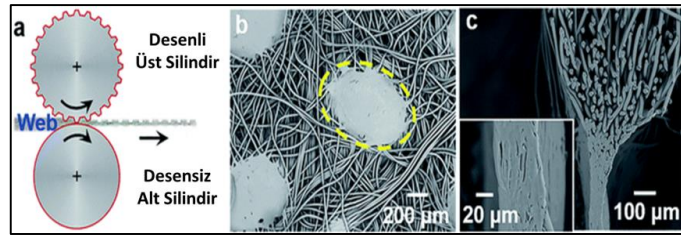
Spunbond kumaş üretiminde seçilen polimerin özelliklerine göre ekstrüder, pompa ve kalıp çalışma sıcaklık değerleri değişmektedir. Ekstrüderde akışkan hale getirilen polimer, pompa haznesinden sabit besleme hızı ile kalıba gönderilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, kalıptan çıkan filamentlerin sabit basınç altında (hız ve miktarda) olmasıdır. Bu şekilde kumaşın her yerinde sabit lif çapı ve aynı gramaj ağırlığında üretim gerçekleştirilebilir. Kalıptan çıkan filamentler, kalıptan daha soğuk olan ortamdan geçerek çekime uğrar ve bu süreçte filamentin olgunlaşması sağlanır. Fanların arasından geçen ve çekime uğrayan filament, toplayıcı belt üzerinde biriktirilir ve baskı silindiri ile geçici olarak yüzey haline getirilmiş olur. Üretilmesi hedeflenen gramaja göre belt hızı ayarlanmaktadır. Baskı silindirinden geçen yığın filamentler birbirlerine

tutunması amacıyla kalender sisteminden geçirilir. Kalender hem desen vermek hem de kumaş haline getirilen yüzeye mukavemet kazandırmayı sağlamaktadır [4, 9-11].

1.2. Kalender Yöntemi İle Doku Oluşturma

Spunbond kumaş üretim tekniğinde filamentleri birleştirmek için birçok yöntem kullanılmıştır. Bilinen doku oluşturma yöntemleri needle punch (iğneleme), hydroentangle (su jeti), kimyasal bağlama ve termal bağlama yöntemleridir [4]. Kalender yöntemi olarak da bilinen termal bağlama yöntemi en yaygın ve en ekonomik olanıdır. Kalender bağlama yöntemi ile aynı zamanda kumaşa desende verilmektedir. Bu teknikte bağlanma, doğrudan ısı iletimi ile sağlanır. Kalender doku oluşturmak için ihtiyaç duyulan ısı enerjisi sıcak su, buhar, infrarade ısıtıcı yada ısıtılmış yağ ile sağlanmaktadır [11-13].

Kalender prosesi ise kısaca, önceden ısıtılmış, basınç oluşturan silindirler arasından yığın haldeki filamentlerin geçirilerek, ısıya maruz kalan filamentlerin erimesi ve birbirine bağlanması şeklinde kumaş oluşumuna dayanmaktadır [13,14]. Şekil 2' de şematize edilmiş kalender prosesi (a) ve kalenderden geçmiş kumaşın üstten (b) ve yan kesit (c) görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2. Kalender prosesi ve bağlama noktasının SEM görüntüsü [13]

Kalender makinesinde silindirler arası kıştırma basıncı, filamentleri çapraz noktalarda birleşmesini sağlamak için en uygun miktarda seçilir. Genel olarak nokta bağlama, üç kritik adımda gerçekleştirilir; Kristal bölgeleri kısmen eritmek için dokunun ısıtılması, ısı ile birbirinden ayrılan molekül zincir bölümlerinin filament-filament ara yüzeyinde difüzyona uğraması, ağın daha sonra soğumasına neden olmak ve yeniden katılaşması ile dağınık zincir parçalarının birbirine tutturulması işlemleridir [15,16]. Kalender desenine bağlı olarak, desen üzerindeki bağlantı noktalarının liflere 30-40 micron boyutunda baskı alanı oluşturduğu, filamentlerin bu noktalarda morfolojik değişimler gösterdiği anlaşılmıştır [17]. Bu birleşmelerin fiziksel etkisinin kalender ısısı ve süresinin büyük önem arz etmektedir. Söz konusu etkenler filamentlerin birleşmelerini sağlarken değişkenlerin uygun olmaması durumunda ya filamentler birleşmemekte yada morfolojik yapıları bozularak filamentlerin tamamen kopmasına sebep olabilmektedir. Kalender birleştirme yönteminde, filamentlerdeki bağlanma noktalarının kaynaşma derecesi, bağın nihai mukavemetini ve kumaşın nihai özelliklerine doğrudan etki etmektedir [18,19].

Dokusuz kumaşların kalender yöntemiyle ilgili literatürde bir çok çalışma vardır. Çalışmalardan bazıları, spunbond kumaş üretimi sırasında filamentlerin bir arada tutunması ve kumaş yapısını alması için uygulanan kalender işlemini ve parametrelerinin ürünlerdeki mukavemete etkileri incelemiştir [2,6,16,18,19]. Bu çalışmada ise spunbond üretim hattından çıkan ve kalender ile işlem görmüş kumaş numuneleri ile aynı gramaja sahip ikinci kez kalender işlemi gören 2 katlı ve 3 katlı kumaşların fiziksel özellikleri karşılaştırılacaktır. Çalışma sonucunda aynı gramaja sahip tek, iki ve üç katlı spunbond kumaşlardan hangisinin daha iyi fiziksel özellik göstereceği tespit edilecek; spunbond kumaş tüketicilerine yol gösterecektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmada Lyondelbasel Moplen HP462R marka 25 MFI polipropilen (PP) granül kullanılmıştır. Moleküler dağılımı çok düşük olan ve homopolimer olarak satışı gerçekleştirilen ürünün özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan 25 MFI PP polimerin özellikleri

25 MFI PP Polimerin Özellikleri	Spekt
Eriyik Akış İndesi (MFI; 230 °C, 2.16 kg)	25 g/10 dk
Yoğunluk	0.900 g/cm ³
Yumuşama sıcaklığı (A50)	153 °C
Basınç altında sıcaklık sapsması (0.45 MPa)	86 °C

2.2. Metot

Kumaşlar tek kafa ve 320 cm çalışma eninde spunbond makinesinde üretilmiştir. Spunbond makinesinde, 30 gsm, 60 gsm ve 90 gsm spunbond kumaşlar Tablo 2’de verilen parametrelerde üretilmiş ve kalenderden geçirilmiştir.

Tablo 2. Spunbond Kumaşların Üretim Parametreleri

Gramaj	Pompa	Üretim Miktarı (m/dk)	Üst Kalender Sıcaklığı (°C)	Alt Kalender Sıcaklığı (°C)
30 gsm	27	58	149	146
60 gsm	24	25	155	152
90 gsm	27	19	161	158

Tablo 2’deki parametrelere göre üretilen 30 gsm kumaş kullanılarak, Tablo 3’deki kalender parametrelerine göre iki katlı (30+30 gsm) ve üç katlı (30+30+30 gsm) olarak birleştirilmiştir. İki katlı kumaş numunesi 25 m/dk, üç katlı kumaş numunesi 19 m/dk hız ile kalenderden geçirilmiştir.

Tablo 3. Kalender Isıl Birleştirme Parametreleri

Kalender Kodlaması	K1	K2	K3	K4	K5
Üst Kalender Sıcaklığı (°C)	149	152	155	158	161
Alt Kalender Sıcaklığı (°C)	146	149	152	155	158

Geliştirilen kumaşların yırtılma mukavemeti, Edana NWSP 100.2 metoduna göre; kopma mukavemeti ve kopma uzaması Edana NWSP 100.4 metoduna göre incelenmiştir. Numunelerin boyuna (MD) ve enine (CD) yönünde yırtılma ve kopma dayanımı değerleri Zwick/Roell Z05 universal mukavemet test cihazında tespit edilmiştir [20,21].

Yırtılma mukavemeti testleri için 5 adet boy ve enine yönde ölçümler yapılırken, kopma dayanımı testleri için 3 farklı bölgesinden 5’er adet alınan testler gerçekleştirilmiştir. Sonuç tablolarında bunların ortalamaları hesaplanmıştır. Bütün numuneler % 65 ±% 4 relatif nem ve 20 ± 2°C şartlarında kondisyonlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Üretilen 30 gsm kumaş numuneleri farklı kalender sıcaklıklarında birleştirilmiştir. Seçilmiş kalender ısıları ile üretilen katlı ve tek katlı kumaşların mukavemet değerlerinin kıyaslandığı bu çalışmada kalenderin sıcaklık ve çalışma hızı dışındaki parametreler sabit tutulmuştur.

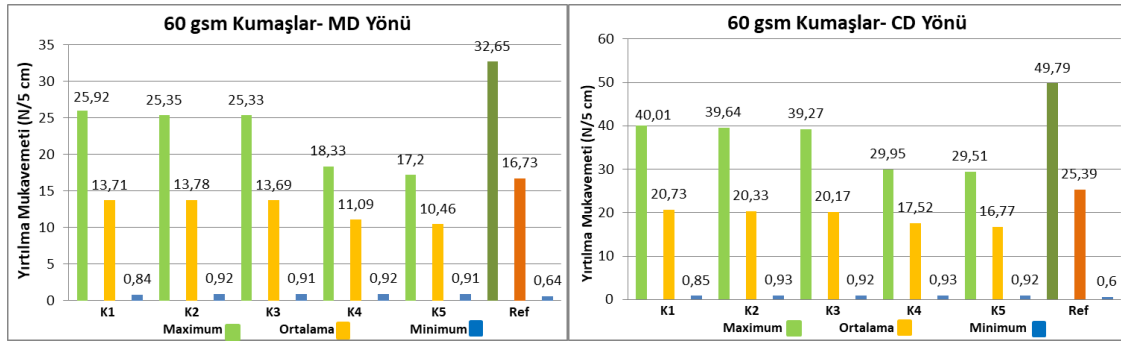
3.1. Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

İşletme proses şartlarında (kalender sıcaklıklarında) üretilen tek katlı kumaş numunelerinin yırtılma mukavemeti test sonuçları Tablo 4’te verilmiştir. Test sonuçlarında kumaş boyu (MD) ve eni (CD) yönünde maximum, ortalama ve minimum yırtılma değerleri tablolarda verilmiştir.

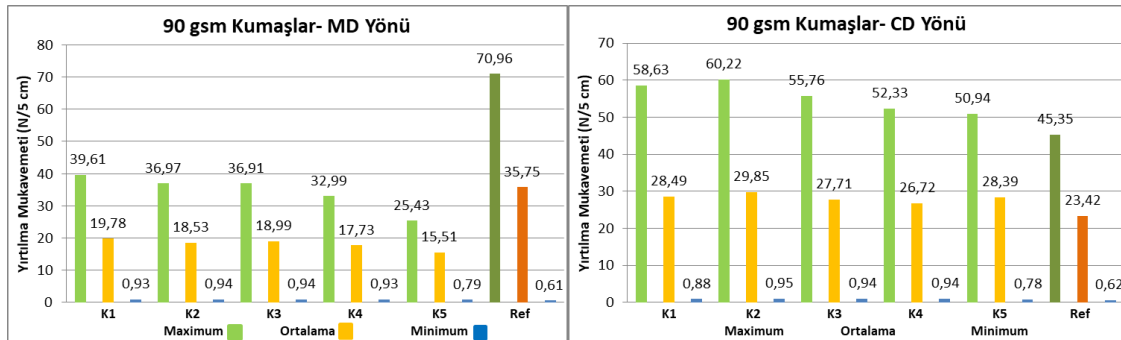
Tablo 4. Spunbond Tek Katlı Kumaşların Yırılma Mukavemet Değerleri

Kalender Sıcaklıkları		K1 (149 °C-146 °C)		K3 (155 °C-152 °C)		K5 (161 °C-158 °C)	
Kumaş Yönü	Limitler	30 gsm		60 gsm		90 gsm	
		N/5cm	Std. Sap.	N/5cm	Std. Sap.	N/5cm	Std. Sap.
MD	Max.	26,67	±1,19	32,65	±2,21	45,35	±4,43
	Ort.	17,91	±1,19	16,73	±0,913	23,42	±1,74
	Min.	0,71	±0,012	0,64	±0,007	0,62	±0,01
CD	Max.	41,03	±0,48	49,79	±1,58	70,96	±4,07
	Ort.	27,41	±1,25	25,39	±0,68	35,75	±1,29
	Min.	0,68	±0,014	0,60	±0,075	0,61	±0,02

Beklendiği gibi kumaş gramajı arttıkça yırtılma mukavemeti değerlerinin arttığı görülmüştür. Spunbond üretim tekniği gereği, kumaş boyunca filamentlerin yerleşmesi sonucu kumaş enine olan yırtılma mukavemeti değerlerinin daha yüksek çıkması olağan sonuçlardır. İlk olarak çok katlı kumaşların birleştirilmesi sırasında 5 farklı kalender sıcaklıklarında üretim gerçekleştirilmiştir. İşlem sonucunda elde edilen 60 gsm (30+30) çift katlı kumaşa ait en (CD) ve boy (MD) yönünde yırtılma mukavemeti değerleri Şekil 3'te verilmiştir.

**Şekil 3.** 60 gsm kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri

İki katlı 60 gsm (30+30) kumaşların, kumaş boyu (MD) ve eni (CD) yönünde yırtılma mukavemeti değerleri incelendiğinde; K1, K2, K3 kalender sıcaklık değerlerinde birleştirilen kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri bir birine yakın olmakla birlikte çok az bir düşüş göstermiştir. Ancak sıcaklık değerleri arttıkça K4 ve K5 numunelerinin yırtılma mukavemeti değerleri düştüğü tespit edilmiştir. Filamentin, kumaş içerisindeki yerleşiminden dolayı CD yönü yırtılma mukavemeti değeri, MD yönü yırtılma mukavemeti değerlerinden yüksek olduğu anlaşılmıştır. K3 (155°C-152°C) sıcaklık değerlerinde üretilen tek kat 60 gsm kumaş ve çok katlı (30+30) gsm kumaş mukavemet değerleri kıyaslandığında, tek katlı kumaşların MD ve CD yönünde yırtılma mukavemet değerlerinin çok katlı kumaşlara göre belirgin bir şekilde daha iyi değerlerde olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.** 90 gsm kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri

Üç katlı 90 gsm (30+30+30) kumaşların, kumaş boyu (MD) ve eni (CD) yönünde yırtılma mukavemeti değerleri incelenmiş ve beklendiği üzere CD yönü mukavemet değerlerinin MD yönü yırtılma değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. K1, K2, K3 kalender sıcaklık değerlerinde birleştirilen kumaşların MD yönünde yırtılma mukavemeti değerleri bir birine yakındır. Ancak sıcaklık değerleri arttıkça K4 ve K5'te yırtılma mukavemeti değerlerinde düşüş tespit edilmiş ve özellikle K5 sıcaklık değerindeki mukavemet kaybı dikkat çekmektedir. CD yönünde yırtılma mukavemet değerleri incelendiğinde yine K1, K2 ve K3 kalender sıcaklık değerlerindeki yırtılma mukavemet değerleri yakın tespit edilmiştir. En iyi değeri küçük bir farkla K2 sıcaklık değerinde yakalanmıştır. K5 (161°C-158°C) sıcaklık değerlerinde üretilen tek kat 90 gsm kumaş ve çok katlı (30+30+30) gsm kumaş mukavemet değerleri kıyaslandığında, tek katlı kumaşların MD yönünde yırtılma mukavemet değerlerinin çok katlı kumaşlara göre çok daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. CD yönünde ise çok katlı kumaşların yırtılma mukavemet değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

60 gsm tek katlı-çok katlı kumaşların ortalama yırtılma mukavemetleri arasındaki (MD; 2,95 N/5 cm CD; 5,06 N/5 cm) farkın 90 gsm tek katlı-çok katlı kumaşların ortalama yırtılma mukavemeti arasındaki farklara (MD; 7,91 N/5 cm CD; 7,36 N/5 cm) göre daha düşük tespit edilmesi kumaş gramajları arasındaki farktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim kalender sıcaklık değerlerinin artması ile yırtılma mukavemetlerindeki düşüşün kumaşın ısı artışı ile daha gevrek, kırılğan bir durum içerisine girmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

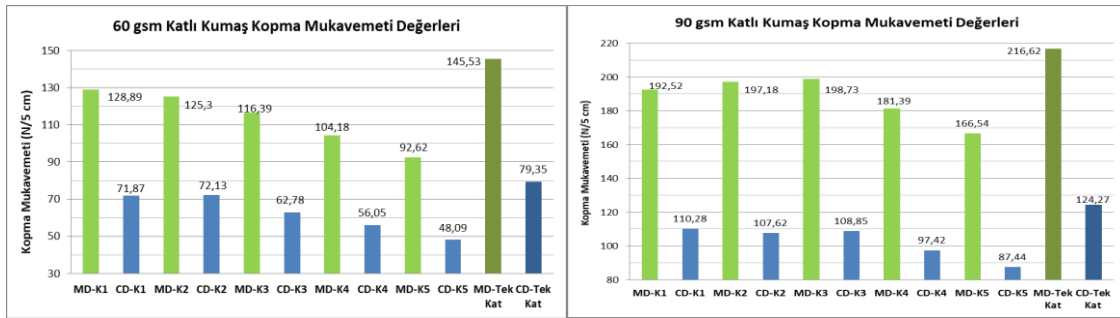
3.2. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

İşletme proses şartlarında (kalender sıcaklıklarında) üretilen tek katlı kumaş numunelerinin kumaş boyu (MD) ve eni (CD) yönünde kopma mukavemeti test sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Spunbond Tek Katlı Kumaşların Kopma Mukavemet Değerleri

Kalender Sıcaklıkları	K1 (149 °C-146 °C)		K3 (155 °C-152 °C)		K5 (161 °C-158 °C)	
	30 gsm		60 gsm		90 gsm	
	MD	CD	MD	CD	MD	CD
Kopma Mukavemeti	52.61	32.77	145.53	79.35	216,62	124,27
Standart Sapma	±2,78	±0,97	±6,13	±6,25	±22,00	±9,03

Beklendiği gibi kumaş gramajı arttıkça mukavemet değerlerinde artış görülmüştür. Yırtılma mukavemetinin aksine MD yönündeki kopma mukavemet değerlerinin CD yönüne göre yüksek olması yine beklenen bir sonuçtur.



Şekil 5. Çok Katlı Spunbond Katlı Kumaşların Kopma Mukavemet Değerleri

Çok katlı kumaşların kopma mukavemeti sonuçları incelendiğinde, kalender sıcaklık değeri arttığında 60 gsm katlı kumaşın MD yönündeki mukavemet değerinin düştüğü tespit edilmiştir. CD yönü kopma mukavemeti değerleride K2 sıcaklık değeri haricinde düşüş eğilimi içerisindedir. 90 gsm katlı kumaşlar için ise en yüksek kopma mukavemet değeri K3 sıcaklık değerinde görülmüştür. K3 kalender sıcaklığından sonraki birleştirme sıcaklıklarının artmasıyla, MD yönü kopma mukavemeti değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Benzer durum CD yönü mukavemet değeri içinde geçerlidir. Kalender sıcaklıklarının artması ile

çok katlı kumaşların mukavemet değerlerindeki düşüşün kumaş içerisindeki filamentlerin birleştirme noktalarında bozunmaya uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

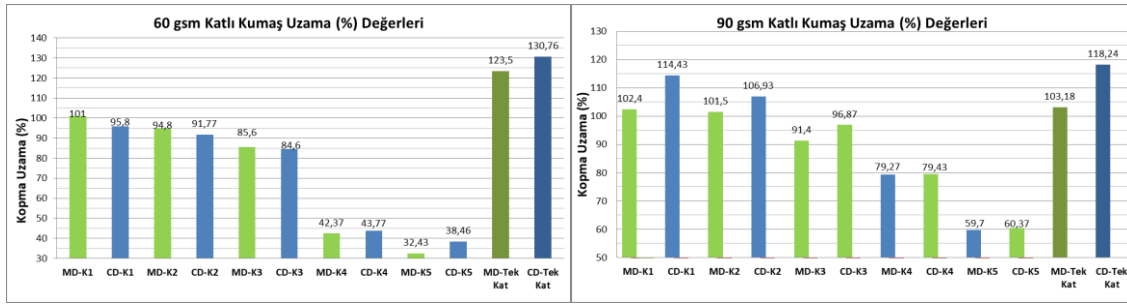
3.3. Kopma Uzaması (%) Test Sonuçları

Üretilen tek katlı spunbond kumaş numunelerinin kumaş boyu (MD) ve eni (CD) yönünde kopma mukavemeti test sonuçları Tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 6. Spunbond Tek Katlı Kumaşların % Uzama Değerleri

Kalender Sıcaklıkları	K1 (149 °C-146 °C)		K3 (155 °C-152 °C)		K5 (161 °C-158 °C)	
	30 gsm		60 gsm		90 gsm	
	MD	CD	MD	CD	MD	CD
Kopma M.	107,57	106,18	123,5	130,76	103,18	118,24
Std. Sap.	±9,33	±6,49	±7,29	±9,05	±11,39	±8,63

İşletmede belirlenen üretim parametrelerinde tek kat spunbond kumaşların MD ve CD yönü % uzama değerleri arasında belirgin bir fark görülmemektedir. Ancak farklı gramajlardaki numunelerin % uzama değerleri arasındaki inişli çıkışlı veriler bu numunelerin kalender sıcaklıkları arasındaki farklılardan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 6. Çok Katlı Spunbond Kumaşların Uzama (%) Değerleri

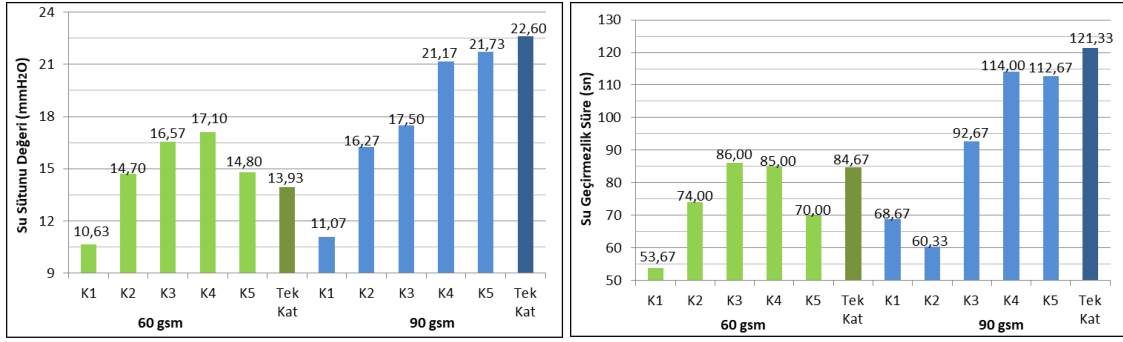
3.4. Su Geçirmezlik (Su sütunu-mmH₂O) Test Sonuçları

Tek katlı ve çok katlı kumaşlara hidrostatik basınç metoduyla, su geçirmezlik (su sütunu) testi yapılmış, kat farklarının ve farklı sıcaklıklardaki kalender birleştirmelerinin su sütunu değerine etkisi incelenmiştir. Tek katlı kumaşların su geçirmezlik değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Spunbond Tek Katlı Kumaşların Su Sütunu Değerleri ve Süreleri

Numuneler	Ortalama Su Sütunu Değeri (mmH ₂ O)	Ortalama Test Sonlandırma Süresi (sn)
30 gsm	12,03	80,33
60 gsm	13,93	84,67
90 gsm	22,6	121,33

Görüldüğü üzere kumaş gramajı yani birim alana düşen lif miktarı arttıkça su sütunu değeri ve su geçirmezlik süresinde artış görülmektedir. Kalender sıcaklık farklarının çok katlı kumaşlarda su sütunu değerlerine etkisi Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 7. Çok Katlı Spunbond Kumaşların Su Geçirmezlik Test Sonuçları

Çok katlı kumaşlardan 60 gsm ağırlıkta olanların su geçirmezlik test sonucu incelendiğinde, kalender sıcaklığı K4 (158-155 °C) değerinde, en yüksek su sütunu değeri tespit edilmiştir. Kalender sıcaklığı arttıkça K4 sıcaklığına kadar su sütunu değeri artmış daha sonra tekrar düşüş göstermiştir. K3 kalender sıcaklık değerinde birleştirilen iki katlı kumaş ile referans tek katlı aynı sıcaklıkta üretilen 60 gsm kumaşın su sütunu değeri arasında fark görülmüştür. İki katlı kumaşın su sütunu değeri daha yüksek tespit edilmiştir. Çok katlı 90 gsm kumaşların test değerleri incelendiğinde, kalender sıcaklıkları ile birlikte su sütunu değerinin artış gösterdiği, en yüksek su sütunu değerinin K5 kalender sıcaklığında olduğu tespit edilmiştir. 90 gsm tek katlı kumaşın kalender sıcaklığı ile çok katlı kumaşın aynı kalender (K5) sıcaklıktaki değeri birbirine yakın olmakla birlikte tek katlı kumaşın su sütunu değeri daha yüksek tespit edilmiştir.

Su geçirmezlik süreleri incelendiğinde çift katlı kumaşlarda en uzun süre su geçirmeyen kumaş, K3 olarak tespit edilmiştir. Ancak en iyi su sütunu sağlayan K4 sıcaklığındaki su geçirmezlik süresi ise K3'e çok yakındır. Tek katlı 60 gsm kumaşla karşılaştırma yapıldığında K3 ve K4 ile aynı sürelerde geçirmezlik elde edildiği görülmektedir. Üç katlı 90 gsm kumaşlar incelendiğinde ise K2 kalender sıcaklığında birleştirilen kumaş su geçirmezlik süresi beklentilerden düşük tespit edilmiştir. En yüksek su geçirmezlik değeri ise K4 kalender sıcaklığında birleşen kumaş vermiştir. Tek katlı 90 gsm kumaşın su geçirmezlik süresi ile aynı kalender sıcaklığında (K5) birleştirilen çok katlı kumaşın su geçirmezlik süresi karşılaştırıldığında tek katlı kumaşın tıpkı su sütunu değerinde olduğu gibi daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Spunbond kumaşların üretiminde alt ve üst kalender sıcaklıklarının ve kalender silindir devrinin belirlenmesi kumaş kalitesi açısından önem arz etmektedir. Çalışmada aynı gramaja sahip tek, iki ve üç katlı spunbond kumaşların, kalender birleştirme yöntemi ile farklı kalender sıcaklıklarında birleştirme sonucu fiziksel özelliklerinde değişimler karşılaştırılmıştır. Kumaşlar 5 farklı kalender sıcaklığında birleştirilmiş ve yırtılma, kopma mukavemetleri ve su geçirmezlik testleri yapılmıştır.

Yırtılma mukavemeti testi sonucunda aynı gramaja sahip tek katlı kumaşların çok daha yüksek yırtılma değeri gösterdiği, katlı kumaşların kalender sıcaklıklarına göre yapılan karşılaştırmada ise sıcaklık değeri arttıkça yırtılma mukavemetinin düştüğü tespit edilmiştir. Ancak 90 gsm çok katlı kumaşın enine yırtılma mukavemeti test sonucu istisna göstermiştir. Kopma mukavemeti test sonucunda tek katlı kumaşların çok daha iyi test değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Çok katlı kumaşların kalender sıcaklıklarına göre yapılan karşılaştırmada birleştirme sıcaklığı arttıkça kopma mukavemeti değerinin düştüğü görülmüştür.

Kopma (%) Uzama sonuçlarında ise iki katlı kumaşlar sıcaklık değeri arttıkça uzama değeri düşerken referans tek katlı kumaşın çok daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. Üç katlı kumaş % uzama değeri karşılaştırıldığında ise sıcaklık değeri arttıkça % uzama değerinin düştüğü ve referans tek katlı kumaşın daha yüksek değerde uzama gösterdiği görülmüştür.

Su sütunu test sonuçlarında ise iki katlı kumaşlar bir seviyeye kadar su sütunu değeri artarken sonra düşüş göstermiş, referans tek katlı kumaş ise bu seviyenin altında kalmıştır. Üç katlı kumaş ise kalender sıcaklığının artması ise su sütunu değeri artmış ancak referans kumaş daha iyi sonuç göstermiştir.

Tek katlı kumaşlar ile çok katlı kumaşlar arasında oluşan test sonu farklılıkları beklenmekte iken aynı gramaja sahip kumaşların kalender sıcaklıklarının artışı sonucu beklenenden farklı tepkiler göstermesi çalışma açısından kayda değer bir durumdur. Aynı gramaja sahip kumaşlar için kumaş yoğunluğu (kg/m^3) aynı değerde olsa da iki ya da üç katmanlı kumaşların birleştirilmesi % 100 sağlanmadığından bu fiziksel farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi, kalender desenindeki birleşme alanı kadar kumaş yüzeyine baskı yapılabildiğinden, ancak bu alan kadar birleşme olmaktadır. Ayrıca birleştirme sırasında, ikinci kez sıcaklığa maruz kalan çok katlı kumaşların yaşadığı ekstra bozunma da kumaşların test sonuçlarını olumsuz etkilediği anlaşılmaktadır.

Test sonuçları göstermiştir ki, aynı gramaja sahip tek, iki ve üç katlı kumaşların sıcaklığa maruz kalınan süre arttıkça fiziksel özelliklerinin düştüğü görülmüştür. Bu çalışmada ayrıca üreticilere ve tüketicilere, çok katlı kumaşların kalender birleştirme sıcaklıkları ile deneysel bilgi verilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışma, *Teknomelt Teknik Mensucat San. Ve Tic. A.Ş.* tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı *Teknomelt Teknik Mensucat San. Ve Tic. A.Ş.* ve *Arge Merkezi çalışanlarına* teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Babaarslan O. ve Kalebek N.A., Farklı Gramajlarda Kullanılan Isıl Bağlanmış Yüzeylerin Sürtünme Davranışı Üzerine Bir Çalışma. *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 21(3) (210-216), (2011).
- [2] Midha V.K. and Dakuri A. Spun Bonding Technology And Fabric Properties: A Review. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 1(4) (1-9), (2017)
- [3] Russel, S.J. (2007). Handbook of Nonwovens. Cambridge: Boca Raton, Fla.: CRC Press.
- [4] Lim H. A Review Of Spunbond Process. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 6(3) (1-31), (2010).
- [5] Hongu T., Phillips G.O. and Takigami M. New Millennium Fibers. United Kindom: Woodhead Publishing Limited; 2005. 299p. ISBN:9781845692209.
- [6] Salvado R., Silvy J., and Dréan J.Y. Relationship Between Fibrous Structure And Spunbond Process. *Textile Research Journal*, 76(11), (805-812) (2006).
- [7] Bhat G.S., Kotra R. Development Of Structure And Properties During Spun Bonding Of Metallocene Catalysed Polypropylene. *Polymer-Plastic Technol and Eng.* 47,(5) (542–549) (2008).
- [8] Fedorova N. (2006). Investigation Of The Utility Of Islands-In-The-Sea Bicomponent Fiber Technology In The Spunbond Process [Dissertation]. Ph.D Thesis, NC State University, Raleigh.
- [9] Hegde R.R. and Bhat G.S. Nanoparticle Effects On The Morphology And Mechanical Properties Of Polypropylene Spunbond Webs. *Journal of Applied Polymer Science*, 118(6), (3141-3155) (2010).
- [10] Aksoy A. (2012). Tek Kullanımlık Bakım Ve Hijyen Ürünlerinin Performans Özelliklerinin Arttırılması Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 144s.
- [11] Kansal H. Experimental Investigation of Properties of Polypropylene and Non-Woven Spunbond Fabric. *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE)*, 3(5), (8-14) (2016).
- [12] Aksoy A., Kaplan S. Tekstilde Sıvı Transfer Mekanizmaları. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), (51-67) (2011).

- [13] Liu J., Zhang X., Zhang H., Zheng L., Huang C., Wu H., Wang R., and Jin X. Low Resistance Bicomponent Spunbond Materials For Fresh Air Filtration With Ultra-High Dust Holding Capacity. *The Royal Society of Chemistry Advances*, 7 (69) (2017) 43879-43887.
- [14] Dahiya A., Kamath M.G., and Hegde R.R. (2014). Retrieved From Nonwovens Science and Technology II. (Materials Science & Engineering). University Of Tennessee: 554
- [15] Wang X. and Michielsen S. Morphology Gradients In Thermally Point-Bonded Poly (Ethylene Terephthalate) Nonwovens. *Textile Research Journal*, 72(5), (394-398) (2002).
- [16] Michielsen S., Pourdeyhimi B. and Desai P. Review Of Thermally Point-Bonded Nonwovens: Materials, Processes, And Properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 99(5), (2489-2496) (2006).
- [17] Chidambaram A., Davis H., and Batra S.K. Strength Loss In Thermally Bonded Polypropylene Fibers. *International Nonwovens Journal*, 9(3), (27-36) (2000).
- [18] Wang X., and Michielsen S. Morphology Gradients In Thermally Point-Bonded Polypropylene Nonwovens. *Textile Research Journal*, 71(6), (475-480) (2001).
- [19] Fedorova N., Verenich S. and Pourdeyhimi B. Strength Optimization Of Thermally Bonded Spunbond Nonwovens. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2(1) (2007) 155892500700200104.
- [20] Sivri Ç., Dokusuz Yüzeyleyler Endüstrisinde Sık Kullanılan Test Metodları, Cihazları Ve Standartları. Teknolojik Araştırmalar. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(19-25), (2008).
- [21] Doğan G., Tercan M. ve Yüksekaya M.E. İğnelenmiş Dokusuz Yüzeyley Filtre Kumaşlarında Takviye Malzemesinin Ve İğneleme Yoğunluğunun Kopma ve Yırtılma Mukavemetine Etkisi. *Tekstil Ve Mühendis*, 16(76), (11-16) (2009).