

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KUMAŞLARDA NEM YÖNETİMİ ÖLÇÜMÜ ÜZERİNE YENİ  
BİR METOD GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NESİBE ÇİL**

**DENİZLİ, OCAK– 2020**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KUMAŞLARDA NEM YÖNETİMİ ÖLÇÜMÜ ÜZERİNE YENİ  
BİR METOD GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NESİBE ÇİL**

**DENİZLİ, OCAK– 2020**

**Bu tezin tasarlanması, hazırlanması ve yürütülmesi araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**



**Nesibe İL**

## ÖZET

**KUMAŞLARDA NEM YÖNETİMİ ÖLÇÜMÜ ÜZERİNE YENİ BİR METOD  
GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
NESİBE ÇİL  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. GÜNGÖR DURUR)  
DENİZLİ, OCAK – 2020**

Teknolojik gelişmeler ile beraber tekstil kumaş üzerine yapılan çalışmalar ve uygulamalar giyim konforumuzu her geçen gün yükselmektedir. Kumaşın konfor seviyesini belirleyen temel performans özelliklerinden biri nem yönetimidir. Kumaşlarda nem iletimi ölçümü üzerine farklı ölçüm teknikleri geliştirilmektedir. Bu ölçüm tekniklerinden sayısal görüntü analiz yöntemi bu çalışmanın temelidir. Bu yöntemin amacı kumaşların nem iletim özelliklerini hızlı, ekonomik ve nispeten diğer yöntemlere göre kolay elde edilmesidir. Herkesin web aracılığı ile kolaylıkla ulaşabileceği yüksek seviye bir programlama dili ve bir görüntü işleme kütüphanesi kullanarak tasarlanmış yeni bir ölçüm yöntemidir. Cep telefon kamerası ile alınan görüntüler bilgisayara aktarılmakta ve anlık olarak görüntü filtrelenip sızımın yayılmasını ikili görüntü şeklinde takip edilmekte ve yayılma bittiği anda yayılma alanını ve süresini otomatik olarak hesaplayabilmektedir. Bezayağı, dimi ve saten örgü yapısı olmak üzere üç farklı dokuma kumaşın nem transfer özellikleri geliştirilen yöntem ve MMT (Moisture Management Tester) cihazı ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar üzerinde korelasyon analizi yapılmış ve her örgü yapısı için sıvı yayılma süresi, alanı ve hız değerlerinin arasında yüksek ilişki olduğu tespit edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Nem Yönetimi, Nem Ölçüm Metodu, Kumaşlarda Sıvı Transferi, MMT, Görüntü İşleme, Phyton, OpenCV

## **ABSTRACT**

### **A RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF A NEW METHOD ON THE MEASUREMENT OF MOISTURE MANAGEMENT IN FABRICS**

**MSC THESIS**

**NESIBE ÇIL**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**TEXTILE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. GUNGOR DURUR)**

**DENIZLI, JANUARY 2020**

Along with the technological developments, studies and applications on textile fabrics increase our comfort of clothing day by day. One of the main performance characteristics that determine the comfort level of the fabric is moisture management. Different measurement techniques are developed on moisture conduction measurement in fabrics. Digital image analysis method, which is one of these measurement techniques, is the basis of this study. The purpose of this method is to obtain the moisture transmission properties of the fabrics quickly, economically and relatively easily compared to other methods. It is a new measurement method designed using a high level programming language and an image processing library that everyone can easily access via the web. The images taken with the mobile phone camera are transferred to the computer and the image is instantly filtered and followed by the spreading of the liquid in the form of a binary image and it can automatically calculate the spreading area and its duration when the spreading ends. Moisture transfer properties of three different woven fabrics, such as plain, twill and satin weave structure, were measured with the method developed and the MMT (Moisture Management Tester) device. Correlation analysis was performed on the obtained results. In the comparison of woven structures, it was determined that there was a high relationship between the tested properties; wetting time, wetted radius, and spreading speed.

**KEYWORDS:** Moisture Management, Moisture Measurement Method, Fluid Transfer in Fabrics, MMT, Image Processing, Python, OpenCV

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET.....	i
AB STRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
Sayfa .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
Sayfa .....	v
TABLO LİSTESİ .....	vii
Sayfa .....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1    Tekstil ve Konfor .....	1
1.1.1    Duyusal Konfor .....	1
1.1.2    Estetik Konfor .....	1
1.1.3    Termo-fizyolojik Konfor.....	2
1.2    Tekstil Malzemelerinde Nem İletimi .....	4
1.2.1    Islanma ve Kılcallık (Kohezyon ve Adhezyon) .....	5
1.2.2    Tekstil Materyalleri ve Nem İletimi.....	7
1.2.3    Tekstil Materyallerinde Nem Ölçüm Yöntemleri .....	16
1.2.3.1    Temas Açısı Ölçüm Yöntemleri.....	16
1.2.3.2    Sıvı Transfer Ölçüm Yöntemleri.....	17
1.2.3.2.1    Dikey Emme Ölçüm Yöntemleri .....	17
1.2.3.2.2    Yatay Emme Ölçüm Yöntemleri.....	18
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>21</b>
<b>3. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME .....</b>	<b>37</b>
3.1    Görüntü .....	37
3.2.1    İkili Görüntü.....	38
3.2.2    Gri Ölçek Görüntüsü .....	38
3.2.3    Renkli Görüntü.....	38
3.2    Sayısal (Dijital) Görüntü İşleme .....	39
3.3    Sayısal Görüntü İşleme Terimleri .....	40
3.3.1    Piksel.....	40
3.3.2    Çözünürlük.....	40
3.3.3    Renk Kalitesi .....	41
3.3.4    FPS (Frame Per Second) .....	42
3.4    Sayısal Görüntüler Üzerinde Yapılabilen Temel İşlemler .....	42
3.4.1    Filtreleme .....	42
3.4.2    Histogramlar.....	42
3.4.3    Kenar Belirleme .....	43
3.4.4    Eşikleme (Treshold) .....	44
3.5    Görüntü İşleme Sistemleri.....	44
3.5.1    Işık Kaynağı .....	45
3.5.1.1    Işığın Özellikleri.....	45
3.5.1.2    Işık Kaynakları .....	47
3.5.1.2.1    Gün Işığı.....	47
3.5.1.2.2    Yapay Işık Kaynakları.....	47

3.5.2	CCD ve CMOS Sensörlü Kameralar .....	48
3.5.3	Görüntü İşleme Yazılım Dilleri .....	49
3.5.3.1	Phyton Programlama Dili.....	50
3.5.3.2	Open CV Kütüphanesi .....	51
3.5.3.3	OpenCV GUI (Graphical User Interface) Özellikleri .....	51
3.5.3.4	Bazı Diğer Modül ve Kütüphaneler .....	55
<b>4.</b>	<b>MATERYAL METHOD .....</b>	<b>56</b>
4.1	Materyal .....	56
4.2	Ölçüm Yöntemleri.....	57
4.2.1.	MMT Test Cihazı ve Test Ölçüm Metodu.....	57
4.2.2.	Sayısal Görüntü İşleme ve Ölçüm Metodu .....	61
<b>5.</b>	<b>BULGULAR.....</b>	<b>67</b>
5.1	MMT Test Cihazı Ölçüm Sonuçları.....	67
5.2	Sayısal Görüntü Analiz Yöntem Sonuçları .....	68
5.3	Islanma Süresi .....	69
5.4	Maksimum Islanma Alanı .....	72
5.5	Bağıl Islanma Hızı.....	74
<b>6.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>78</b>
<b>7.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>81</b>
<b>8.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>87</b>
	<b>EK-A</b> Şekil 5.5 Şekil 5.6 ve Şekil 5.7 için frame dosyaları.....	87
	<b>EK-B</b> Phyton Idle .....	90
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>90</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Sıvıların farklı yüzeye sahip katılarda ıslatma davranışları .....	6
Şekil 1.2: Farklı çaplarda kılcallık yüksekliği.....	7
Şekil 1.3: Sessile Drop Modeli. ....	17
Şekil 1.4: Klasik dikey kılcal emme test yöntemi.....	18
Şekil 1.5: Gravimetrik yöntemle kılcal emme ölçüm düzeneği.....	20
Şekil 2.1: MMT Cihazı a) Genel görünüm b) Alt ve üst sensörler .....	21
Şekil 2.2: Islatılabilir numune tutucu ile test düzenlemesi .....	22
Şekil 2.3: Trasplanar su taşıma test cihazının şematik diyagramı . ....	24
Şekil 2.4: Tekstil kumaşın dikey sıvı emilimini sağlayan cihaz .....	25
Şekil 2.5: Mohmetrenin elemanları .....	25
Şekil 2.6: Deneyde kullanılan araçlar a) Işık kaynağı b) Damlalık c) Kumaş d) Dijital kamera e) Stereoskopik Mikroskop f) Bilgisayar, g) Çekim görüntüsü .....	26
Şekil 2.7: Dikey emme aparatı .....	27
Şekil 2.8: Yatay emme aparatı .....	28
Şekil 2.9: Dikey kılcal emme deney sistemi. ....	29
Şekil 2.10: Görüntü işleme yöntemi deney sistemi.....	29
Şekil 2.11: Kumaşta sıvı yayılma davranışının incelenmesi. a) Enine sıvı yayıcı cihazın önden görünümü; b) Damla yerleştirildikten sonra sıvı yayılma görünümü; c) Sıvı yayılma alanının kurşun kalem kullanarak işaretlenmesi ve aktarılması (grafik sayfası ile kumaş arasında transfer sayfasını tutun); d) Grafik sayfasında aktarılmış çizgi e) Alanın mm <sup>2</sup> cinsinden sayılması ile bulunması.....	31
Şekil 2.12: Dijital işlemci kullanarak görüntü işleme yönteminin kurulumu. ....	32
Şekil 2.13: Dikey kılcal emme test aparatının parçalarının gösterimi 1) DC servo motor; 2)Pleksiglas test plakası; 3) Sensörler;4) Dumaş; 5)Distile su; 6)Kontrolörler; 7)Ana kontrolör; 8) Güç kaynağı; 9-Bilgisayar.....	33
Şekil 2.14: Deney test şeması .....	34
Şekil 2.15: Oriijina l termograf görüntü a) Sıvının dağılımı, b) İlgilenilen bölge c) Resim analizi için hazırlanmış ikili resim.....	34
Şekil 2.16: Termograf sistem ile dikey emme sistem görüntüsü. ....	35
Şekil 2.17: Mikrotermografinin ana prensip şeması. ....	35
Şekil 3.1: Gri bir görüntü ve piksel değerlerinin gösterimi .....	38
Şekil 3.2: Doğal renkli bir görüntü ve bu görüntüye ait RGB bantlarının gri ton görüntüleri.....	39
Şekil 3.3: Sayısal bir görüntünün çözünürlüğü .....	41
Şekil 3.4: Işığın emilmesi ve yansıtılması .....	41
Şekil 3.5: a) Görüntünün histogram grafiği b) Histogram eşitleme grafiği. ....	43
Şekil 3.6: Kenar bulma görüntüsü a) Oriijinal görüntü b) Kenar tespiti görüntü .....	44
Şekil 3.7: Görüntü işleme sistemi bileşenleri.....	45
Şekil 3.8: Farklı tip threshold görüntüler a) Oriijinal görüntü b) cv2.THRESH_BINARY uygulanmış görüntü c) cv2.THRESH_BINARY_INV uygulanmış görüntü d) cv2.THRESH_TRUNC uygulanmış görüntü e)	



cv2.THRESH_TOZERO	uygulanmış	görüntü	f)
cv2.THRESH_TOZERO_INV	uygulanmış	görüntü.....	53
Şekil 3.9:	Değişen hassasiyete bağlı kontur çizim örnekleri	.....	54
Şekil 4.1:	MMT test sonuç örneği.....	.....	59
Şekil 4.2:	Sayısal görüntü işleme yöntem test düzeneği	.....	61
Şekil 4.3:	Reflektörün ön ve arkadan görünümü	.....	62
Şekil 4.4:	Doz ayarlı micropipet	.....	62
Şekil 4.5:	Reflektör içine yerleştirilmiş beyaz led şerit	.....	63
Şekil 4.6:	Siyah zemin resmi.....	.....	63
Şekil 4.7:	Seçilmiş alanın ekran görüntüsü	.....	64
Şekil 4.8:	Sayısal görüntü analizi algoritma şeması.....	.....	65
Şekil 4.9:	Sayısal görüntü analiz sonuç grafiği örneği.....	.....	66
Şekil 4.10:	Sayısal görüntü analiz sonucu frame resimleri	.....	66
Şekil 5.1:	Örnek kumaşlarının kümülatif tek yönlü taşıma indeksleri (AOTI değerleri-%).....	.....	68
Şekil 5.2:	Örnek kumaşlarının genel nem yönetim değerleri (OMMC)	.....	68
Şekil 5.3:	MMT test cihazı ile ölçülen numunelerin ıslanma süreleri	.....	70
Şekil 5.4:	Sayısal görüntü analiz yöntemi ile ölçülen numunelerin ıslanma süreleri	.....	70
Şekil 5.5:	MMT test cihazı ile ölçülen numunelerin maks.ıslanma alan grafiği	.....	72
Şekil 5.6:	Sayısal görüntü analizi test cihazı ile ölçülen numunelerin maks.ıslanma alan grafiği	.....	72
Şekil 5.7:	MMT test cihazı ile ölçülen numunelerin bağıl ıslanma hız grafiği.....	.....	74
Şekil 5.8:	Sayısal görüntü analizi kullanarak ölçülen kumaşların bağıl ıslanma hız grafiği	.....	75
Şekil 5.9:	Bezayağı kumaş örneğinin görüntü analiz yöntem ölçüm sonucu	.....	76
Şekil 5.10:	Saten kumaş örneğinin görüntü analiz yöntem ölçüm sonucu	.....	77
Şekil 5.11:	Dimi kumaş örneğinin görüntü analiz yöntem ölçüm sonucu	.....	77
Şekil 8.1:	Bez ayağı kumaş test numunesi ölçüm sonucu resimleri	.....	87
Şekil 8.2:	Saten kumaş test numunesi ölçüm sonucu resimleri	.....	88
Şekil 8.3:	Dimi kumaş test numunesi ölçüm sonucu resimleri	.....	89

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 3.1: Ocak 2019 için TIOBE endeksi.....	49
Tablo 4.1: Dokuma kumaş çeşitleri ve özellikleri .....	57
Tablo 4.2: MMT test sonuç örneği.....	59
Tablo 4.3: MMT test sonuçlarını değerlendirme skalası .....	61
Tablo 5.1: MMT test cihazı ölçüm sonuçları .....	67
Tablo 5.2: Sayısal görüntü analiz yöntem sonuçları .....	69
Tablo 5.3: İslanma sürelerinin varyans analiz sonucu .....	71
Tablo 5.4: İslanma sürelerinin korelasyon değerleri.....	71
Tablo 5.5: Maks. ıslanma alanlarının varyans analiz sonucu.....	73
Tablo 5.6: Maks. ıslanma alanlarının korelasyon değerleri .....	73
Tablo 5.7: Bağlı ıslanma hızlarının varyans analiz sonucu.....	75
Tablo 5.8: Bağlı ıslanma hızlarının korelasyon değerleri .....	76

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenciliğim ve tez çalışmam boyunca beni sabır ve anlayış ile dinleyen, bilimi ve ilmiyle her zaman yön veren, tezin seçimi, ilerlemesi ve değerlendirilmesinde katkısı çok büyük olan sürekli pozitif enerjisi ile destekte bulunan çok kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Güngör Durur'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmada kullanılan kumaşları bize temin eden Doksan Tekstil'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması boyunca bilgilerini paylaşarak yardımcı olmaya çalışan, yol gösteren Elektrik – Elektronik mühendisi Çağlar Çepni'ye, yaşamın her noktasında yanımda olan aileme, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşime, beni sabırla bekleyen ve dinleyen çocuklarım sevgili Elif ÇİL ve İbrahim Fatih ÇİL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Tekstil ve Konfor

Konfor kişilerin yaşam alanlarında kolaylık sağlayan rahatlık anlamına gelmektedir. Kişiler artık aktivite sırasında olsun, dinlenme esnasında olsun sürekli rahat olmayı tercih etmektedirler. İlerleyen teknoloji ile birçok alanda istenilen bu rahatlığı sağlamak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. İnsanların yaşam alanlarında en çok karşılaştığı malzemelerden biri tekstil malzemeleridir. Korunma ve süs amaçlı giydiğimiz kıyafetler, uyuduğumuz ortamda bulunan yastıklar, çarşaf ve yataklar, hastanelerde kullanılan cerrahi dikiş iplikleri, sargı bezleri, arabalarımızda evlerimizde bürolarımızda kullandığımız koltuk kılıfları, perdeler buna birer örnektir. Hayatımızın birçok yerinde karşılaştığımız bu tekstil malzemelerinden beklentiler her geçen gün konfor anlamında artmaktadır. İlk zamanlarda insanoğlunun korunma amaçlı kullandığı tekstil malzemelerinin günümüzde korunma ve süs amacını yanında kişiyi psikolojik ve fiziksel anlamda da memnun etmesi beklenmektedir. Rahatlık ve konfor özellikleri, bir ürünün başarılı ve değerli olarak kabul edilebilmesindeki en önemli faktörler haline gelmiştir (Pamuk 2008). Bu nedenle tekstil malzemelerinin günümüzde birçok fonksiyonel özelliği bir arada sağlaması gerekmektedir. Bu rahatlığın sağlanabilmesi için tekstil malzemelerinin, kişilerin algı ve isteklerine göre, duyuşal, estetik ve termal özelliklerinin iyi olması gerekmektedir.

### 1.1.1 Duyusal Konfor

Duyusal anlamda hissettiğimiz konfor tenimizin kumaşlar ile teması sırasında kişiye hissettirdiği duygulardır. Tekstil malzemesinin kişiye kaygan, pürüzlü, yumuşak, sert, ıslak, kuru, sıkıcı veya nemli gibi hisler uyandırması duyuşal konfora örneklerdir. Tekstil materyalinin kişilerde bıraktığı bu his kumaşın yapısına, kullanılan hammaddesine en son gördüğü bitim işlemlerine bağlıdır.

### 1.1.2 Estetik Konfor

Estetik konfor; tekstil malzemesinin istenilen özellikte ve beğenilen bir şekilde olması durumudur. Estetik konfor kişinin psikolojik olarak aldığı

malzemenin uyum ve düzeninden olumlu etkilemektedir. Bir giysi için istenen tasarımda, bedene uygun dikilmiş veya bir örtü için muazzam kesilmiş, bir baskı için modaaya ait renk uyumunu yakalamış gibi örnekler estetik konfor için verilebilir.

### **1.1.3 Termo-fizyolojik Konfor**

Termo-fizyolojik konfor; tekstil materyallerinde ki ısı ve nemin yönetim şeklidir. Tekstil malzemesinden beklenen özellikler kullanım amacına göre değişmektedir. Özellikle sporcu kıyafetlerinde vücudun terlemesi ile oluşan nemin ısı konfor sağlayan bir kumaş ile vücuttan uzaklaştırılması istenir. Havlu ve bornozlarda kullanılan liflerin suyu iyi absorbe etmesi beklenirken çadır ve yağmurlukların su itici ve ısı izolasyonu sağlaması istenir.

Isıl izolasyonun ve nem yönetiminin iyi bir şekilde sağlanabilmesi için aynı zamanda hava ve su buharı geçirgenlik özelliklerinin de iyi olması beklenir. Hava geçirgenliği ve su buharı iletim özelliği iyi olan ürünlerde terin iç yüzeyden dış yüzeye aktarımı iyi olmaktadır. Su iticilik özelliği aranan durumlarda ise gözenekler ile oluşan hava geçirgenliğinin kumaş yüzeyine verilen kimyasal malzemelerle azaltılması kumaşlara hem su iticilik özelliği kazandırılmakta hem de rüzgara karşı korunma sağlayarak ısı konforu arttırmaktadır. Görüldüğü gibi nem yönetiminin doğru şekilde kullanılması kişilerin hayatlarında kolaylık sağlayarak rahat etmelerini sağlamaktadır. İstenen özelliklerin sağlanamaması durumunda ise memnuniyetsizlik oluşmaktadır. Kişilerin termal konforunu arttırmak ve memnuniyeti sağlamak için kullanılan tekstil malzemelerinin sıvı transfer özellikleri incelenip analiz edilmesi, kullanım amacına uygun üretimler yapılmasını sağlamak için önemli bir rol üstlenmektedir.

#### **1.1.3.1 Termo-fizyolojik Konforu Etkileyen Parametreler**

##### **1.1.3.1.1 Çevresel Özellikler**

###### ***Sıcaklık***

Sıcaklık bireylerin içinde bulunduğu havanın içinde bulunan moleküllerin ortalama kinetik enerjisidir ve C° ile gösterilmektedir. Yapılan çalışmalarda ısı izolasyonunun % 20 oranında liflere, % 50 oranında kumaş (veya örgü) dokusu

arasında hapsedilmiş havaya ve % 30 oranında da kumaşa tutunmuş havaya bağımlı olduğu saptanmıştır. Görüldüğü gibi etkili bir izolasyonunun % 80'i giysi içerisinde ve yüzeyinde tutunmuş hava (mikroklima) tabakası ile sağlanmaktadır (Gündüz 2016).

### ***Radyasyon***

Radyasyon, ısı transferinin bir çeşididir. Tüm malzemeler sıcaklıklarına göre ısı yaymaktadırlar. Radyan ısı yayılması ise tıpkı ışık gibi ya tekrar uzayda yayılmakta, ya da diğer malzemeler tarafından absorbe edilerek ısı enerjisine dönüşmektedir. Etrafa yayılan bu radyan ısının emilimini önlemek, bu ısıyı yansıtma ya da tersi bir şekilde emilimi artırıp ısınmayı sağlamak içinde tekstil malzemeleri kullanılmaktadır.

### ***Hava Hızı***

Hava hızı arttıkça ısının iletimi de rüzgârla beraber artmaktadır. Hava sıcaklığı yüksek ise rüzgârla birlikte sıcaklık, düşükse soğukluk artacaktır. Aynı zamanda hava akışın hızını artması tekstil malzemeleri arasında ki boşluklardan içeri sızarak termal yalıtımı da etkilemektedir. Buda kişilerin konforu için önemli bir faktördür.

### ***Nem***

Hava içinde hissedilen sıcaklık yukarıda bahsettiğimiz gibi hava sıcaklığına, havanın akış hızına (rüzgâra) ve hava içinde buluna su buharı miktarına(nem) bağlıdır. Hava içerisinde ki nem arttığı zaman sıcaklığında artması ile insan vücudunda terleme meydana gelmektedir. Ter vücuttan aynı zamanda havadaki bu ıstıdan faydalanarak buharlaşmaktadır. Ancak havada ki nem oranı yüksek olduğu durumlarda hava neme doyduğu için buharlaşma daha yavaş olacaktır. Terin buharlaşmaması kişiyi sıcak ve bunaltıcı hissettireceği gibi giysilerimizde de ıslaklık hissi bırakacaktır. Bu da konfor anlamında istenmeyen bir durum olmaktadır. Bunu önlemek için kullanılan tekstil malzemelerinin vücuttan teri hızlı bir şekilde emerek dış yüzeye transfer etmesi ve dış yüzeyden de hızlı bir şekilde sıvıyı atmosfere bırakması istenmektedir.

### **1.1.3.1.2 Kişisel Özellikler**

Bireyler kendi vücut ısılarından, yapmış oldukları aktivitelerden etkilenecek ısınırlar. Bu durumda kumaşlar ısı konfordan olumsuz yönde etkilenmektedirler. Dolayısıyla ile kişilerin giysi özellikleri üzerinde olan konfor etkileri ile termal konfor etkileri birbirleri ile paralel şekilde etkilenmektedirler. Soğuk havalarda kat kat giyinmek veya sıcak havalarda serin olmak için daha ince giyinmek termal konforu sağlama amaçlarındandır.

Fiziksel aktivite arttıkça vücudumuzda daha çok ısı üretilmekte, daha çok ısı ürettikçe aşırı ısınmamızı engellemek için daha çok ısı kaybetmeye ihtiyaç duymaktayız. Metabolik hızın termal konfor üzerindeki etkisi kritik düzeydedir. Bu faktörler göz önüne alındığında kişinin bireysel karakteristiklerini göz önüne almak önemlidir. Termal konforu sağlamak için hava sıcaklığı, nem ve hava hızı faktörlerinin yanı sıra kişinin boyu, ağırlığı, yaşı ve cinsiyeti gibi fiziksel özellikleri her zaman akılda tutulmalıdır (Selli 2010).

### **1.1.3.1.3 Kumaş Özellikleri**

Kumaşın yapısı; hammaddesi, iplik teknolojileri, örgü tipi, kumaş kalınlığı gibi özelliklerin hepsi kumaşın termo-fizyolojik konforu yakından etkilemektedir.

## **1.2 Tekstil Malzemelerinde Nem İletimi**

‘Nem yönetimi’ genel olarak bir tekstil malzemesinin gaz veya sıvı nemi emme onu bir tekstil içinden dış yüzeye taşıma ve çevresinde bulunan havaya salma kabiliyetidir (Özkan ve Kaplangiray 2015).

Tekstil materyallerinde sıvı absorpsiyonu ve iletimi;

1-Boyama baskı ve apre işlemleri için

2-Giyim konforu için (teri emme ve uzaklaştırmak için) ve

3-Özel kullanım alanları ile teknik tekstiler (su itici özellik gibi) için önemli bir özelliktir.

Sıvı emme ve transfer özellikleri kullanım sırasında farklı alanlarda önemli bir yer tutar. Örnek olarak, banyo ve sauna kıyafetleri, başlıklar, ayakkabılar, havlular gibi nemli ortamlarda giyilen ve kullanılan tekstil malzemelerinde, vücut aktiviteleri ile metabolik ısınmanın gerçekleşmesine sebep olan spor aktiviteleri esnasında giyilen spor malzemelerinde ve tıp alanında kullanılan sargı bezleri, dikiş iplikleri gibi önemli cerrahi olaylarda kullanılan tıbbi tekstillerde, koruyucu malzeme olarak dış yalıtım malzemelerinde gibi

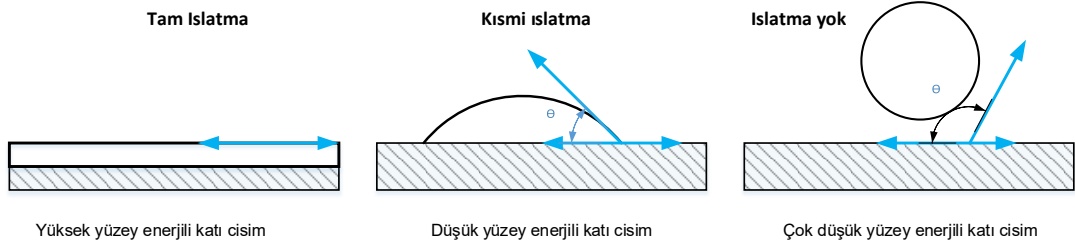
Kumaşlar nemi ilk olarak bünyelerine alıp daha sonra liflerle ve lifler arası boşluklarla nemi diğer yüzeye doğru taşımaktadırlar. Dolayısı ile kumaşlarda nem iletimi ıslanabilirlik ve kılcallık olarak iki şekilde ifade edilmektedir.

### **1.2.1 Islanma ve Kılcallık (Kohezyon ve Adhezyon)**

Sıvıların kendi içindeki çekim kuvvetlerine kohezyon denir. Bu kohezyon çekim sıvıların iç kısmında ve yüzeyinde birbirlerine eşit şekilde etki etmektedirler. Bu şekilde sıvı içinde birbirlerine etki eden kuvvetler birbirlerini dengelemektedirler. Sıvının üst yüzeyinde bulunan bir molekül ile sıvının alt kısmında bulunan bir molekül kuvveti tarafından sıvının iç kısma doğru çekilip sıvıların yüzeyinde birleşip bir çekim kuvveti oluşturlar. Bu çekim kuvveti ile sıvının üst yüzeyinde bir zar oluşmaktadır ve buna yüzey gerilimi denilmektedir. Yüzey gerilimi; sıvının cinsine, sıcaklığa ve yoğunluğa göre farklılıklar göstermektedir.

Sıvı damladığı yüzey ile arasında belirli bir temas açısı meydana getirmektedir. Sıvıların katı yüzey ile temas halindeki bu davranışı farklılıklar göstermektedir. Eğer temas açısı  $90^\circ$ 'nin altında ise sıvı ve katı faz arasında bir çekim kuvveti oluşurken  $90^\circ$ 'nin üzerinde ise bir itme kuvveti oluşmaktadır (Azeem ve diğ. 2017). Temas açısı ne kadar küçük ise sıvının ıslatabilme yeteneğinin yüksek olduğunu, temas açısı ne kadar yüksek ise katıların ıslanma yeteneğinin düşük olduğunu göstermektedir. Temas açısının ıslanabilmeye etkisi Şekil 1.1 gösterilmiştir (Geçim 2015).





**Şekil 1.1:** Sıvıların farklı yüzeye sahip katılarda ıslatma davranışları (Geçim 2015).

Temas açısı  $> 90^\circ$  – hidrofobik, katı sıvı arasında ıslanma olayı gerçekleşmez.

Temas açısı  $< 90^\circ$  – hidrofilik, sıvı katı üzerinde yayılarak ıslanma gerçekleştirir.

Temas açısı  $> 140^\circ$  – süper hidrofobik, sıvı katı üzerinde dağılmadan durabilir.

Temas açısı  $0^\circ$  ye çok yakınsa – süper hidrofilik, katı sıvıyı hızlıca ıslatma yeteneğine sahiptir.

Tekstil yüzeylerinin gözenekli yapıda olması düzgün yüzeylere göre daha farklı ıslanma eğilimde olduğunu göstermektedir. Tekstil yüzeyinin pürüzlülüğü, örgü yapısı, kullanılan hammadde temas açısı ölçümüne etki etmektedir. Bu yüzden temas açısı ölçülürken üç farklı temas çizgisi ile ölçüm yapılmaktadır. Herhangi bir hareketle dinamik olarak ölçülen temas açısı küçülüp büyüebilmektedir. Temas açısı en dar ve en geniş ölçülen açı arasındadır bu fark temas açısı histerezisi olarak adlandırılmaktadır.

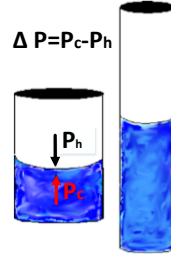
Temas açısının bilgisi, yüzeyler ve sıvılar arasında ki etkileşimin tipini tahmin etmeyi sağlamakta ve birçok alanda pratik bilgi vermektedir. Sıvı bir ortamda yüzeylerin kimyasal olarak işlenmesi sırasında (yıkama, boyama vb) yüzeylere verilen son bitim işlemlerinde (baskı yapıştırma, laminasyon vb) reaksiyonların seyrini tahmin etmeye yardımcı olmaktadır (Goclawski ve Urbaniak 2008).

Sıvıların katılarla olan temasında ki moleküller arası çekim kuvvetine ise adhezyon denilmektedir. Islanma olayının gerçekleşebilmesi için adhezyon (katı-sıvı yapışma) kuvvetinin kohezyon kuvvetinden (sıvılar arası kuvvetten) fazla olması gerekir. Bu olaya kılcallık denilmektedir. Başka bir ifade ile sıvının yüzey gerilimi etkisi ile hareket etmeye başlamasıdır. Bir sıvının kumaş boyunca hareket etmesini

sağlayan itici güçler kapılar (kılcal) kuvvetlerdir. Sıvı, kumaş içinde yer alan lifler arasında gözeneklerden amorf bölgelere taşınarak lif içindeki katı hava etkileşimini katı sıvı ile değiştirerek ıslanmayı gerçekleştirmektedir.

Tekstil materyalleri, sıvı ile ilk temastan sonra kılcal emme kuvvetinin etkisi ile sıvıyı içine doğru çeker. Yüzeyler arasında basınç farkı bittiğinde sıvının akışı durmaktadır. Sıvılar dar boşluklarda geniş boşluklara göre daha yavaş ilerlemektedir.

Bir sıvının boşluklardan hareketi ve etkileşimi hem liflerin kaymasına hem gözenek yapıların değişimine neden olabilmektedir. Islatma nedeni ile oluşan lif özelliklerinde meydana gelen değişiklikler, sıvının hareketini önemli ölçüde değiştirmektedir.



Şekil 1.2: Farklı çaplarda kılcallık yüksekliği (Simile 2004).

Genel olarak sıvı tüm gözeneklerde ilerlemeye başlar. Ancak geniş çaplı gözeneklerde sıvı daha hızlı ilerler iken küçük çaplı gözeneklerde Şekil 1.2’de görüldüğü gibi seviyesi daha yüksek olur (Simile 2004).

Tekstil malzemeleri yüzeylerine aktarılan sıvıyı dış yüzeye ne kadar hızlı iletirse kılcal emme yeteneği o kadar iyidir denebilir. Tekstil malzemelerinde kılcal emme gerçekleşmesi için bir sıvının kumaş yüzeyine aktarılması ya da kumaşın kısmen veya tamamen bir sıvıya batırılması gerekmektedir.

### 1.2.2 Tekstil Materyalleri ve Nem İletimi

Tekstil materyallerinden beklenen sıvı transfer özellikleri kullanım yerine göre değişmektedir. Tekstil malzemeleri bazen sıvıyı iyi absorbe etmeli bazen su itici olmalı bazen de iyi bir sıvı transferi gerçekleştirmelidir. Tekstil yüzeylerinde bulunan sıvının hareketi ise tekstil materyalinin fiziksel özelliklerine yani kullanılan life, ipliğe, kumaşın yapı ve özelliklerine, nihai ürüne verilen bitim işlemlerine göre

değişmektedir. Aynı zamanda difüzyon, konveksiyon ve nem içeriği de tekstil malzemesinin ıslanmasını etkileyen gizli parametrelerdir.

Tekstil materyallerinin nem özellikleri ile ilgili çalışmalarda konu edildiği gibi sıvı daha çok lifler arasında bulunan boşluklarda hareket etmektedir. Bu hareket kılcal kuvvetler tarafından sağlanmaktadır. Tek tek lifler arasında bulunan boşluklar incelidikçe kılcal kuvvet etkisi artmaktadır. Diğer bir ifade ile lifler ne kadar ince olursa kılcal kuvvet o kadar artmakta, nemin iyi yönetilmesini sağlamaktadır. Bu boşluklar lif yüzeyinin özelliklerine ve lifin yapısına bağlıdır. Lif çapında oluşan düzensizlikler ya da kıvrımlılık kılcal emmeyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Aralarında kılcal kuvvet bulunan lifler sıvının teması ile sıvıyı kılcal boşluklara çekmektedirler. Sıvının kendi içindeki çekim kuvveti ile sıvı lif arasında oluşan yapışma kuvvetinin etkileşimi ıslanmanın gerçekleşme şeklini ve tekstil malzemesine sıvının yayılma oranı ile emilim oranını belirlemektedir (Azeem1 ve diğ. 2017).

Tekstilde kullanılan liflerin nem emme kapasitesi kullanım rahatlığı yanında yıkanma sırasında oluşan çekmeyi, yıkama sonrası kuruma kabiliyetini ve statik elektriklenmeyi belirleyen önemli özelliklerdendir. Bir lifin suyu emme hızı o lifin kuruma hızını da belirlemektedir. Bu yüzden teri, ciltten alabilmek ve cildi kuru tutabilmek için, kullanılan liflerin yüksek rutubet alma özelliğine sahip olması istenmektedir. Aynı zamanda alınan bu nemin kumaşın bünyesinden uzaklaştırılıp kuruluk hissi vermesi için kullanılan lifin nemi iyi transfer edebilmesi de istenen özelliklerdendir.

Lif tipi kumaşın sıvı emme şeklini değiştirerek, iplik yapısını belirli ölçüde değiştirebilmektedir. Örneğin doğal lifler ıslandığında lif özelliklerinde gerçekleşen değişiklikler, sıvı şişmesi sebebi ile sıvı hareketini ve sıvıyı tutma yeteneğini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Lifin sıvı ile şişmesi, gözeneklerin kapanmasına neden olarak kılcal emişin yavaşlamasına sebep olmaktadır (Smile 2004).

İplikleri oluşturan liflerin pürüzlülüğü, kesit şekli ve uzunluğu gibi çeşitli faktörler düzensiz kılcal boşluklar oluşturmaktadır. Bu ise ipliğin uzunluğu boyunca sıvı taşıma kapasitesi için değişikliklere sebebiyet vermektedir. Örneğin yün liflerinin kıvrılma eğilimi ve liflerin rastgele dağılması ile oluşan pürüzlülük yüksek

temas açına sahip iplikler oluştururken; sentetik liflerden elde edilen iplikler düzenli sıralanmış ve pürüzsüz olduğundan dolayı düşük temas açısı sağlamaktadır (Smile 2004).

Önceki çalışmalar incelendiğinde tekstil yüzeylerinin nem iletimine ipliklerin inceliği, kalınlığı, büküm miktarı, üretim şekli etki etmekte olduğu görülmüştür. Daha kalın ipliklerden üretilen kumaşların sıvıyı daha iyi emerek dış yüzeye daha iyi ilettikleri gözlenirken, ince ipliklerden üretilen kumaşlarında kuruma özelliklerinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

İpliklerdeki liflerin bir araya getirilme şekli lifler arasında bulunan boşluğun miktarını belirlemektedir. İpliklerin enine kesitteki liflerin sayısındaki bir artış ipliklerin gerginliği ve bükümü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bazı araştırmalara göre; mikroskobik inceleme sonrasında daha fazla bükümlü ipliklerin, kıvrım nedeni ile daha düşük kılcal emmeye sahip olduğu tespit edilmiştir (Petruelyte ve Baltakyte 2009).

Kumaş yapısal özelliklerinden olan örgü tipi, kalınlık, sıklık gibi parametreler tekstil materyallerinin ıslanma ve kılcal emme davranışlarını değiştiren, yapı içerisindeki gözenek dağılımını etkileyen önemli özelliklerdendir. Örneğin kalın kumaşlar kalın iplikler gibi sıvıyı emme ve transfer özelliklerinde iyi performans sergilerken ince kumaşlara göre daha yavaş kuruma eğilimi göstermektedirler.

Kumaşların nem iletimi ve geçirgenlik özellikleri kumaşın gözenekliliğine ve boşluklu yapılarına göre değişmektedir. Boşluklu yapıların içinde daha fazla hava olacağı için yalıtım konusunda daha iyidirler. Bir tekstil mamulü hava gözeneklerinden ve liflerden ibarettir. Buna göre bir kumaşın ısı izolasyonuna etkisi, lifin kimyasal yapısına diğer bir ifade ile doğal veya sentetik lif olup olmamasına bağımlı olmayıp sadece kumaşın doku veya örgü yapısına bağımlıdır. Yüzeyi düzgün ve lif miktarı fazla olan ince, sık dokunmuş yapılar daha az ısı izolasyonu gösterirken özel iplik veya dokuma ve örgü tipi gösteren çok hava tutabilen hacimli ve pürüzlü yüzey yapılar daha yüksek ısı izolasyonu göstermektedirler. Diğer taraftan bir kumaşın iyi bir izolasyonu gösterebilmesi için, gözeneklerde hapsedilmiş havanın kalıcı olarak yer alması gerekmektedir (Marmaralı ve diğ. 2006). Dolayısı ile

kumaşların çok katlı kullanımı havanın kumaş içinde hapsedilme oranına buna bağlı olarak da yalıtımı olumlu yönde etkiler.

Ayrıca kumaş yüzeylerine uygulanan bitim işlemleri kumaşın karakteristik özelliklerini önemli ölçüde değiştirmektedir. İlerleyen teknoloji ile teknik tekstillerin kullanımının artması kumaşlarda yüksek kalite ve yüksek konfor değerlerini de arttırmıştır.

Kumaş hammadde ve yapılarının nem iletimine etkilerini inceleyen bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir;

Yoon ve Buckley'in (1984) çalışmalarında, poliester, pamuk ve poliester/pamuk karışımı kumaşların termal ve transfer özelliklerini, yaptıkları objektif ve subjektif ölçümler vasıtasıyla incelemiştir. Sonuçta, poliester ve pamuğun sıvı transfer davranışları arasında oluşan büyük farkın, bu iki lifin yüzey enerjilerinde bulunan farktan kaynaklandığını belirtmişlerdir. %50/50 poliester/pamuk karışımı ile pamuğun davranışları arasındaki büyük benzerliğin ise iplik içerisindeki lif yerleşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. İplik içerisinde pamuk ve poliester lif yerleşiminin kübik bir birim kesitte incelenmesiyle, bir poliester lifini saran dört pamuk lifinin PES'in ortamdaki etkisini ortadan kaldırdığı belirtilmiştir (Aksoy ve Kaplan 2011).

Boyalı iplikler ile yapılan bir batma testinde top boyama yapılmış havlu kumaşların batma süresinin ipliği boyanarak üretilmiş kumaşın batma süresine göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca havlı havlu ile kadife havlu kıyaslandığında hava sahip havluların hidrofilitésinin yüksek olduğu görülmüştür. Havlı kumaşlar arasında yapılan teste ise yüksek havlı havluların batma süresinin yükseldiği tespit edilmiştir (Zervent ve Koc 2006).

Karahan ve Eren (2006) havlu kumaşların su emme özelliklerini; çözgü yoğunluğu, atkı yoğunluğu, hav uzunluğu ve bunları üretmek için kullanılan ipliklerin cinsine göre analiz etmişlerdir. Yapılan çalışmalarda havlu kumaş üretiminde kullanılan iplik tipinin, statik su emme özellikleri üzerinde en önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. İki katlı ring ipliği, iki katlı open-end iplikten ve tek katlı ring iplikten daha yüksek bir su emme değeri göstermiştir. Çözgü yoğunluğu, atkı yoğunluğu ve havlu kumaşların hav uzunluğu aynı zamanda su

emme özellikleri üzerinde bir miktar etkiye sahip olduğu gözlenmiş ve atkı ve / veya çözgü yoğunluğunda oluşan bir artış, su emme yüzdesini düşürdüğü ve hav uzunluğu içinde oluşan bir artışın ise bu yüzdeyi arttırdığı belirtilmiştir.

Zhou ve diğ. (2007), farklı içerikleri bulunan yün örme kumaşların sıvı nem transfer performanslarını incelemişlerdir. Çalışma ile kumaş tasarımı ve terbiye işlemi sonucunda farklı sıvı nem transfer özellikleri elde edilmiştir. Sonuç olarak yün ve poliester içerikli kumaşının üst ve alt yüzeylerinde ıslanma hızının düşük olduğu bunun sonucunda düşük sıvı nem transfer özellikleri gösterdiği buna rağmen yünlü kumaşının alt yüzeyinin ıslanma hızının en iyi olduğu bununla birlikte iyi nem yönetim özelliği gösterdiği belirtilmiştir.

Karahan (2007) havlu kumaşların dikey kılcal emme özelliklerini elektronik bir denge yöntemi kullanarak incelemiştir. Bunu için farklı yapıları bulunan 216 farklı havlu kumaş numunesi incelenmiştir. İplik tipine bağlı olarak, ilk 10 sn boyunca yaklaşık % 26 – 40 suyun emildiği görülmüştür. 30 saniye ve sonrasında emilim hızının daha yavaş devam ettiği tespit edilmiştir. Araştırmacı, havlular arasında emilim oran ve hızlarında oluşan en büyük farkın iplik farklılıklarından olduğunu ifade etmiştir. Çözgü ve atkı sıklığının su emme oranındaki farklılıklar iplik tipine göre anlamlı bulunmamıştır.

Öner (2008) çalışmasında havlu dokumaların konfor özellikleri üzerine araştırma yapmıştır. Çalışmada hav yüksekliğinin, hav örgü düzeninin polipropilen lifinin kullanımının, terbiye işlemlerinin konfor parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada elde edilen su emicilik hızı değerlerine göre; genel olarak hav yüksekliğindeki artış, hem çözgü hem atkı yönünde su emicilik hızı değerinde artışa neden olmuştur. Polipropilen lifinin su emicilik hızı ve sıvı iletim performansının iyi olduğu sonucuna varmıştır. Polipropilen lifleri sıvıyı içlerine çekmemekte, kaygan yapısı ile sıvıyı diğer katmana hızlı bir şekilde iletmiştir. Terbiye işlemi yapılmadan önce pamuk liflerinin su emicilik hızı oldukça düşük iken, terbiye işlemi yapıldıktan sonra yağlar, vakslar, yabancı maddelerden uzaklaştırılmış pamuk liflerinin su emicilik hızının arttığı gözlemlenmiştir.

Chen ve diğ. (2009), dokusuz yüzeylerin sıvıları nasıl emip dağıttıklarını incelemiş ve lif yapısının difüzyon üzerinde oluşturduğu etkilerini araştırmışlardır.

İncelenen dokusuz yüzeyler, farklı çaplarda polyester liflerden meydana gelmiş ve bir kuru-akışlı / iğneleme işlemi ile üretilmiştir. Dikey fitilleme testi sonuçları ile daha ince liflerin daha yüksek kılcal emme kabiliyetine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Farklı çaplara sahip iki lifin harmanlanması ile sıvı emme oranının arttığı görülmüştür.

Sarkar ve diğ. (2010), higroskopik ipliklerin geri dönüşümlü boyutsal değişiklikleri; nem içeriğine bağlı olarak açıklıklarını genişleten veya daraltan duyarlı kumaş yapıları geliştirmek için kanallı bir kumaş tasarlamışlardır. Deneyler, bu yeni kumaşların kuru durumuyla karşılaştırıldığında ıslak durumda %30 daha fazla hava geçirgenliğine sahip olduğu görülmüştür. Bu kumaşta, kumaş içerisinde bulunan su miktarının artması ile hava geçirgenliğinin azalması olayını en aza indirmişlerdir.

Özgül ve diğ. (2009) farklı iplik numara ve büküm değerlerine sahip iplikler kullanılarak aynı örme kumaş üretim koşullarında süprem olarak örülmüş kumaşların nem iletimini ölçülmüşlerdir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre; iplik numarasının, iplik bükümüne kıyasla nem tayin özellikleri için daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak tüm kumaş tiplerinde alt ıslanma süreleri daha uzun ölçülmüştür. Bundan dolayı ıslanma süresi değerinin kumaşın su emiciliği ile ilgili olduğu düşünülmüştür. Aynı tip malzemeden ince ve kalın kumaşların sonuçları karşılaştırıldığında, eşit miktarda su uygulandığında, daha ince kumaşların daha kalın olanlardan daha hızlı ıslanma gösterdiği görülmüştür, İnce ipliklerin lif sayısı kalın ipliklerden daha az olduğu için ıslatma süresinin buna bağlı olarak azaldığını söylemişlerdir. Büküm faktörü arttıkça ipliğin çapı ve tüylülüğü azalır iplik daha kompakt hale geleceği için kumaşların ıslanma süresinin artmasına neden olacağını söylemişlerdir. Maksimum emme oranı değerleri genellikle büküm faktörü arttıkça düşmüştür. Bunun birim uzunluk başına daha fazla büküm yapan ipliklerin daha kompakt yapısından kaynaklandığını düşünmektedirler. Yayılma hızı değerleri karşılaştırıldığında ise iplik sayısı arttıkça yayılma hızının daha yüksek olduğu açıkça görülmüştür. Sonuç olarak daha ince kumaşın ıslanması için yayılma hızı, kalın iplikle örülmüş kumaşa kıyasla daha yüksek çıkmıştır. İplik bükümleri açısından yayılma hızı sonuçları, emme oranı sonuçlarına benzer çıkmıştır. İplik bükümü arttıkça yayılma hızı da düşmüştür.

Çil ve diğ. (2009) pamuk, akrilik ve pamuk - akrilik karışımlarından elde edilen kumaşların konfor özellikleri ile ilgili araştırma yapmışlardır. Lif karışımlarından oluşan farklılıktan başka iplik numarası ve kumaş sıklığını değiştirerek ürettikleri kumaşlar yüzeyinde incelemeler yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar da, numunelerin pamuk içeriği azaldıkça, su emicilik ve transferi ile kuruma özellikleri iyi çıkmıştır. İplik numarası söz konusu olduğunda ise ince iplikten oluşan numune kumaşların nem buharı transfer değerleri daha yüksek çıkmıştır ve daha hızlı kurumuşlardır. Bununla birlikte, numunelerin dikey kılcal emme özellikleri kalın iplikle üretilen kumaşlarda daha iyi performans göstermiştir. Son olarak, gevşek kumaşların nem transfer özelliği ve kurutma özellikleri daha iyi ölçülmüştür.

Kumaşların örtme özelliklerinin nem iletme etkisinin araştırıldığı çalışmalarda Wang ve diğ. (2009), örtme faktörünün kumaşların sıvı iletim özelliklerini etkileyen bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Zhang ve diğ. (1999) Yüksek gözeneklilik ve düşük örtme faktörüne sahip kumaşların nem transfer özellikleri daha yüksek olduğunu söylemişlerdir (Özdil ve diğ. 2009).

Namlıgöz ve diğ. (2010) farklı liflerden dokunan kumaşların sıvı nem iletim özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada atkı ve çözgü ipliği farklı 21 farklı dokuma kumaş kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, hem %100 polyesterden üretilen kumaşların hem %100 selülozik liflerden üretilen kumaşların sınırlı nem yönetimine sahip olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, selüloz/PES karışımı kumaşlar sıvı emilimini ve sıvı transferini hassas bir şekilde gerçekleştirmişler.

Bedek ve diğ. (2011)'ne göre kumaşların gözeneklilik değerleri ve nem alım özellikleri ilk temas hissini ve ısıl iletkenlik değerlerini etkilemektedir. Kumaşların buhar direnci ve kalınlığı ile nem alımı ve kuruma süreleri arasında ilişki bulunmaktadır. Düşük gözeneklilik ve kalınlık değerlerine sahip kumaşların su buharı iletim oranları yüksek ve nem yönetim yetenekleri iyi bulunmuştur.

Küçükali Öztürk ve diğ. (2011), pamuk, akrilik ve pamuk akrilik karışımından oluşan dört farklı hammadde ile farklı iplik numaraları ile üretilmiş örme kumaşların kılcal emme davranışını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda kalın ipliklerden elde edilen kılcal emme seviyesinin yüksekliği ve miktarının ince



ipliklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca kalın ipliklerin kılcal emicilik hızının ince olanlara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Öner ve Okur (2013), süprem, ribana ve pike örgü kumaşları farklı gerginlik seviyelerinde (sıkı, orta ve gevşek) farklı hammadde ile üreterek MMT test cihazı ile nem emme ve transfer özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada ham maddenin, örgü tipinin ve gevşekliğin sıvı emilimi, transferi ve geçirgenlik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bir saat süren ölçüm sonucunda kumaş gerginliğinin artırılarak hava geçirgenliğinin azaldığı ve emme kabiliyetinin arttığı gözlemlenmiştir. Kumaş gerginliğinin farklı örme kumaş yapılarında farklı nem yönetim özelliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca polyester kumaşların selülozik bazlı kumaşlardan daha yüksek nem iletim değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada incelenen örme yapılarının ise ham madde ve gerginlik kadar önemli bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Özkan ve Kaplangiray (2015) çalışmalarında kışlık askeri üniforma olarak kullanılan yün/polyester karışım kumaşların nem iletim özelliklerini MMT test cihazıyla incelemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda kullanılan iplik çapı ve numarası arttıkça üst ıslanma zamanı değerinin düştüğü yani kumaşın hızlı ıslanma gösterdiği, alt ıslanma zamanının ise arttığı görülmüştür. En yüksek alt ve üst emilim oranlarının; iplik içerisinde yün miktarının arttığı durumlarda olduğu görülmüştür. Sonuç olarak kumaş içerisinde yün lif oranı arttıkça kumaşın emilim oranının arttığını ifade etmişler.

Gündüz (2016) çalışmasında, %50 bakır amonyum %50 supima pamuk liflerinden eğrilmiş ipliklerin kullanılmasıyla üretilmiş yuvarlak örme kumaşların nem yönetimi, hava geçirgenliği, kalınlık ve gözeneklilik özelliklerini incelemiştir. Bu ipliklerden elde edilen yuvarlak örme kumaşlarının tipleri ise süprem, ribana ve interlok örgü olarak belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler ile bakır amonyum içerikli bu kumaşların iplik numaraları inceldikçe gözenekliliğin artmasından dolayı sıvı iletiminin hızlandığı ve nem iletiminin yükseldiği gözlemlenmiştir. Ribana kumaşlar en düşük kalınlık ve en düşük sıklık değerlerinden dolayı her iki iplik numarası için de en yüksek nem yönetimi değerlerini almıştır. İnterlok kumaşlar kalın yapısından dolayı düşük nem yönetimi değerleri almıştır.

Chen ve diğ. (2016), bitkilerde gerçekleşen biyo-metrik dallanma yapılarının kullanılmasının, su emilimini ve tek yönlü taşıma özelliklerini arttırdığını savunmuşlar ve çalışmalarında, iki ve daha fazla ipliğin kumaşın arka kısmında birleştirildiği ve bitki benzeri dallanma ağlarını taklit etmek için teknik yüzünde ayrıldığı çift katmanlı örme yapılar geliştirilmişlerdir. Bu yeni örme yapılara sahip kumaşlar (bir bitkinin dallanma ağını taklit eden bitki şekilli kumaşlar) dairesel bir örme makinesinde üretilmiştir. Bu kumaşların su emme ve taşıma özellikleri ölçüldüğünde ve iki veya daha fazla dallanma ağına sahip bitki şekilli örme yapıların, geleneksel yapı örme kumaşlardan daha hızlı su emme ve daha iyi nem yönetimi özelliklerine sahip oldukları gösterilmiştir.

Ala (2017), aynı pamuk harmanından Open-End rotor makinesinde üretilmiş olan farklı numaralı atkı iplikleri ile üç farklı atkı sıklığında dokunmuş olan dokuz farklı yapıdaki kumaşın ıslanma ve kuruma özellikleri incelemiştir. Çalışma kapsamında üretilmiş olan kasarlı pamuklu dokuma kumaşların ıslanma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla damla testi, dikey ıslanma testi, statik su emicilik testi ve damla yayılma hızı testi uygulanmıştır. Dokunan kumaşların ıslanma ve kuruma özellikleri gerek atkı iplik numaraları değiştiği için, gerekse kumaş sıklıkları değiştiği için farklılık göstermiştir. Aynı numarada atkı ipliği ile üretilmiş olan kumaşlarda atkı sıklığı arttıkça suyu emme süresinin kısaldığı gözlenmiştir. Kumaştaki sıklık artışının gözenekliliği azaltmasına rağmen, kapılar ıslanmanın meydana gelmesi nedeniyle atkı sıklığı yüksek olan kumaşların su emme sürelerinin daha düşük olduğu düşünülmektedir. Islanma değerleri açısından aynı sıklık seviyesinde dokunmuş olan kumaşlar arasında atkı ipliği incelidikçe ve aynı numarada atkı ipliği ile dokunmuş kumaşlar arasında atkı sıklığı azaldıkça yüzdesel su emme değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Islanma alanının ise test süresince arttığı, fakat bu artışın zamanla daha düşük oranda gerçekleştiği görülmüştür. Suyun kumaş içerisinde ilk 15 saniyede hızlı bir şekilde yayılmasına rağmen, ilerleyen sürede absorpsiyon hızında düşme olduğu gözlenmiştir.

Durur ve diğ. (2017) farklı numaralara sahip pamuk / Cupro ipliklerinden üretilen düz örgü, 1x1 ribana ve interlok örme kumaşların nem yönetimi davranışlarını incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ince ipliklerden üretilen Cupro harmanlarının nem yönetim kapasitesi ve geçirgenliğinin kalın ipliklerden

elde edilen kumaşlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Örme tipleri arasında ise düz örme kumaş türü diğer kumaş türlerine göre daha iyi hava geçirgenlik performansı göstermiştir. Ayrıca 1x1 ribana kumaşların nem yönetim kapasitesi ve transfer özelliklerinin daha iyi olduğu görülmüştür. Genel olarak, Cupro karışımı örme kumaşların iyi nem yönetimi özellikleri olduğu görülmüştür.

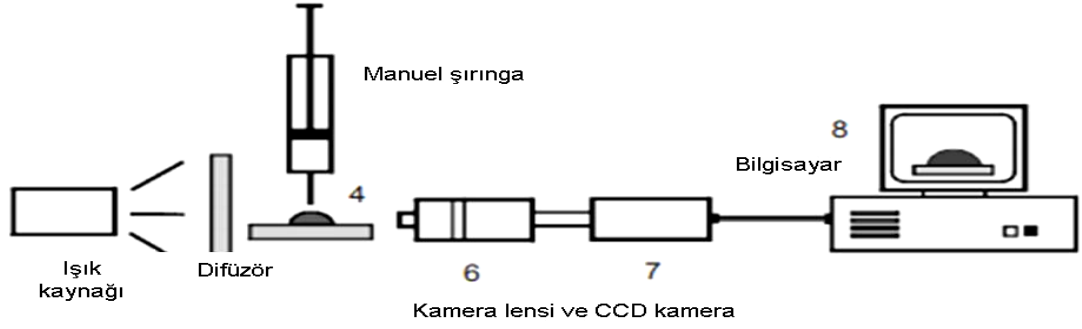
### **1.2.3 Tekstil Materyallerinde Nem Ölçüm Yöntemleri**

Tekstil materyallerinde sıvı transfer için yapılan ölçümler iki yönlüdür. İlk olarak sıvının absorbe olmadan damla halinde iken temas açısının ölçümüdür, ikinci olarak ise sıvının kumaş yüzeyine temas ettiği andan emilimin sonlandığı ana kadar geçen sürede kumaşta meydana gelen ıslanmanın ölçülmesidir. Sıvının emilimi için de iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki liflerde meydana gelen kılcal emmeyi ölçmek için dikey test yöntemleridir. Diğerisi ise alt ve üst yüzeyde ıslanmanın oluşturduğu alanın ölçülmesi için kullanılan yatay test yöntemleridir.

#### **1.2.3.1 Temas Açısı Ölçüm Yöntemleri**

Bir sıvı damlasını katı yüzeyinde ki temas açısını ölçmek için tensiometri ve goniometriye dayalı metotlar kullanılmaktadır. Bu metotlar zamanla geliştirilerek optik ölçümlerle net ve doğru sonuçlar almak için kullanılmaktadır. Optik temas açısı sistemleri, damlanın görüntüsünü kaydetmekte ve otomatik olarak damlanın şeklini analiz etmektedir. Ölçümlerin hassas olması için ısı yayılımını en aza indirmiş LED ışıklar ile çözünürlüğü yüksek kameralar kullanılmaktadır.

Goclawski ve Urbaniak-Domagała (2008) tekstil yüzeylerine ADSA Sessile Drop Modeli uygulayarak ıslatma açısını ölçmüştür (Şekil 1.3). Bu ölçümleme ile hem gerçek tekstil yüzeyleri için yapılan sayısal prosedürler hem de temel çizginin tanımlanmasını ve temas açısının otomatik olarak ölçülmesini sağlayacak prosedürler sunulmuştur.



Şekil 1.3: Sessile Drop Modeli (Goclawski ve Urbaniak-Domagała 2008).

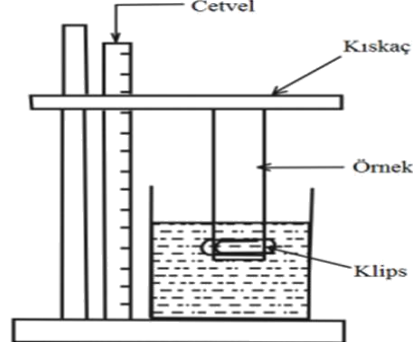
Damla uygun bir mercek seti ile donatılmış bir CCD kamera tarafından ve bir difüzör plakasından görülebilen ışık kaynağı ile aydınlatılmaktadır. Kamera tarafından elde edilen damla görüntüsü, bir çerçeve tutucusu vasıtasıyla bir bilgisayarın belleğine iletilmektedir ve MATLAB 7 ortamında bir dizi fonksiyon ile düşme şekli elde edilen görüntüden modellenerek temas açısı ölçümü yapılmaktadır. Önerilen temas açısı ölçümü yöntemi, düz tekstil numunelerine ve alt çizginin belirsizlik olmadığı durumlarda 90 °’den daha düşük temas açılarında sahip tekstil yüzeylerinde uygulanabilmektedir.

### 1.2.3.2 Sıvı Transfer Ölçüm Yöntemleri

Tekstil malzemelerinin sıvı ile teması sırasında oluşan kılcal emme davranışı ve sıvının kumaş içinde oluşturduğu emilim davranışı için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Kılcal olarak sıvının kumaş içinde gösterdiği davranış dikey emme test yöntemleri ile incelenmekte ve sıvının yüzeyde oluşturduğu emilim ise yatay emme testleri ile incelenmektedir.

#### 1.2.3.2.1 Dikey Emme Ölçüm Yöntemleri

‘Şerit testi’ olarak da adlandırılan bu yöntem için kumaşlardan belirli ölçülerde belirli sayıda şeritler halinde numuneler alınmakta ve daha sonra bu numuneler belirli bir yükseklikte sabitlenerek dikey olarak belirli mesafede sıvı içine batırılmaktadır. Yine belirlenmiş süreler ile sıvının kumaş üzerinde ilerlemesi gözlemlenerek ölçümler alınıp değerlendirilmektedir. Şekil 1.4 dikey şerit testinin genel prensibini göstermektedir.



Şekil 1.4: Klasik dikey kılcal emme test yöntemi (Fanfueiro ve diğ. 2010)

Dikey emme test yöntemleri için kullanılan standartlar:

- ✓ DIN 53924: Tekstil kumaşlarının su ile ıslanma hızı testi
- ✓ BS 3424-18 21A ve 21B: Kılcallığa karşı direncin belirlenmesi testi
- ✓ AATCC 197: Tekstil ürünlerinde dikey kılcal emme testi
- ✓ ISO 9073-6: Dokusuz yüzeylerde malzemelerinin sıvı transfer testi

#### 1.2.3.2.2 Yatay Emme Ölçüm Yöntemleri

Kumaşlarda ölçülen kılcallık testleri sıvının kumaş içinde oluşturduğu davranışını izlemek için oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Ancak kumaşın emicilik özellikleri yatay emme testleri ile daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Yatay emme test yöntemleri damlama testleri, gravimetrik testleri ve batma testleri ile ölçülmektedir. Yatay emme test yöntemleri için kullanılan standartlar aşağıda görülmektedir.

**AATCC 79** standardına göre gergin bir şekilde kasnak üzerine yerleştirilen test numunesi üzerine belli bir yükseklikten bir damla su damlatılmakta ve bu damlanın emilerek gözden kaybolması için geçen süre ıslanma süresi olarak kaydedilmektedir.

**AATCC 195** standardına göre test numunesinin üstünden ve altından yayılan sıvının hareketi, kumaşın alt ve üstüne yerleştirilen elektrik sensörlerinin sıvının kumaş tarafından emilip yayılarak gösterdiği elektriksel iletkenlik değişiklikleri ile izlenmekte ve değerlendirmeler yapılmaktadır.

**AATCC 198** test yöntemi, yatay olarak hizalanmış kumaş örneklerinin sıvının yanlarında ve/veya içinden taşınabilme kabiliyetini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu yöntem dokuma, örme veya dokuma olmayan kumaşlara uygulanabilmektedir.

**BS3449** standardında ise, kumaşlarda emicilik süresi yerine yüzde emicilik değeri belirlenmektedir.

### ***Damlama(Spot) Testi***

Damlama testinde düz bir yüzey üzerine serbest ya da gergin bir şekilde yerleştirilen kumaş üzerine belirli bir mesafeden belirli bir miktarda sıvı damlatılması ile bu sıvının yüzeydeki hareketi incelenerek değerlendirmeler yapılmaktadır. Sıvının kumaş üstünde ki bu hareketi ile yapılan ölçümler aşağıdaki şekillerde olmaktadır.

1- İşaret kağıdı ile manuel olarak

2- Suyun iletkenlik özelliğinden faydalanarak kumaşın alt ve üst kısmına elektrik sensörleri kullanarak

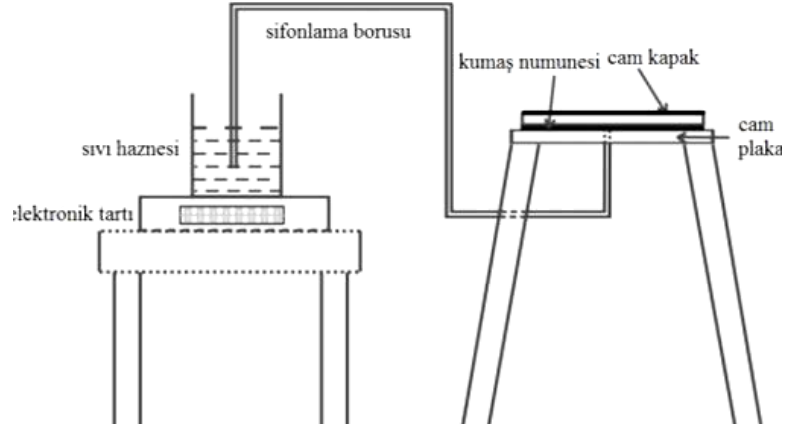
3- Kamera ile alınan görüntüleri; görüntü analiz yöntemleri ile ölçerek

4- Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-CT) kullanılarak kumaşın X-ray geçirgenlik ve yoğunluğuna bağlı olarak (Atasağun 2015)

Bu yöntemler ile belirli miktardaki damlanın üst ve arka yüzeyde oluşturduğu yayılım alanları, yayılım hızları ve süreleri gibi özellikler belirlenebilmektedir.

### ***Gravimetrik Emicilik Testi***

Bu cihaz ilk olarak 1982 yılında McConnell tarafından geliştirilmiştir. Şekil 1.5'de görüldüğü gibi bir sifonlama borusu yardımı ile sıvı haznesinden gözenekli cam plaka üzerindeki kumaş numunesine sıvı iletimi gerçekleştirilmektedir. Sıvı haznesinde bulunan sıvı miktarı sürekli elektronik bir tartı ile tartılmaktadır. Böylece kumaşın sıvıyı emme miktarı ve hızı hesaplanabilmektedir.



Şekil 1.5: Gravimetrik yöntemle kılcal emme ölçüm düzeneği (Fangueiro ve diğ. 2010)

### ***Batma (Daldırma) Testi***

Tekstil yüzeylerinde emme yeteneğinin belirlenmesi için kullanılan başka bir test yöntemi ise batma (daldırma) testidir. Bu yöntemin temel prensibi damıtılmış su ile dolu olan bir kap içerisine belirli bir yükseklikten belli boyutlarda hazırlanmış numunelerin bırakılarak tekstil yüzeyinin tamamen sıvı içerisine batması için geçen sürenin kaydedilmesidir (Atasağun 2015).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hu ve diğ. (2005) çalışmalarında tekstil nem yönetimi özelliklerini değerlendirmek için nem yönetimi test cihazı (MMT) adı verilen yeni bir yöntem ve araç geliştirmişlerdir (Şekil 2.1). ‘Moisture Management Tester – MMT’, örme ve dokuma kumaşlardaki sıvı transferini ölçmede kullanılmaktadır. Bu test metodu kumaşın sıvı ile temasında elektriksel direncinin değişeceği esasına göre çalışmaktadır. Bu çalışmada sekiz spor kıyafeti MMT ile test edilmiştir. Sonuçlar sıvı nem yönetimi özelliklerinin test edilen kumaşlar için önemli ölçüde farklı olduğunu göstermiştir.



Şekil 2.1: MMT Cihazı a) Genel görünüm b) Alt ve üst sensörler (MMT manuel 2005)

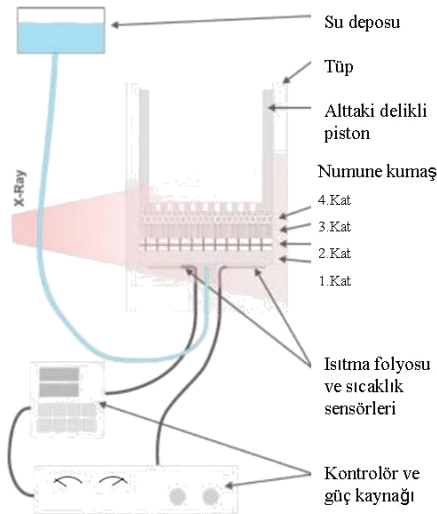
Araştırmacılar MMT’de ölçülen üst ve alt yüzey ıslanma süresi ile AATCC 79 standardına göre yapılmış olan damla emicilik testi arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde etmişlerdir. Kumaşların kuru halde sahip oldukları çok yüksek elektriksel direncin sıvının bulunması durumunda azalması ve her iki durum için kumaştan oluşan devredeki voltajlar arasındaki farktan kumaşta bulunan sıvı miktarı tespit edilebilmektedir. Ayrıca ölçümler sonucu otomatik olarak hesaplanan grafikten ıslanma süresi, maksimum emilim oranı, maksimum ıslanma yarıçapı, yayılma hızı, gibi bilgiler belirlenebilmektedir.

Weder ve A.Brühwiler (2006), çalışmalarında X-ray tomografi cihazı üzerinde bir takım değişimler yapmışlardır. Bu değişiklikler ile çok katlı giysi sistemlerinde nem dağılımını bir, iki ve üç boyutlu olarak görüntüleyebilen bir cihaz tasarlamışlardır. Bu cihaz ile kumaşların Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-CT)



kullanarak X-ray geçirgenlik ve yoğunluğuna bağlı yüksek çözünürlükte içyapısı ortaya konulabilmektedir. Bilgisayarlı tomografi (BT), üç boyutlu bir görüntünün farklı açılardaki X ışınları sayesinde alınan tek boyutlu görüntülerin bilgisayar ortamında birleştirilip üç boyutlu hale getirilmesi işlemidir.

MCT tarayıcıda numuneler dış silindirler arasında bir tutucu ile sabitlenmiştir (Şekil 2.2). Daha sonra numunenin üstüne üst ucu açık ve alt kısmı (temas halinde olacak şekilde) delikli olan silindir şeklinde bir piston yerleştirilmiştir. Bu piston numune üzerine hafif bir basınç uygulayarak, ıslanma sırasında şişme etkisinin azaltılması amaçlanmıştır. Dış silindir ve numune arasındaki ara yüze, merkezi olarak düzenlenmiş bir nodül vasıtasıyla 9.4 g/saat hızında sıvı su verilerek ve 35 °C sıcaklığa ısıtılmıştır. Suyun tekstil malzemelerine karşı kontrastını arttırmak için kontrast madde eklenmiştir. Numune dört farklı kumaşın birleşiminden oluşmuştur. Bu katlar 6,5 mm kalınlığında ölçülmüştür. En kalın numunenin görüntülenmesi için toplam iki yatay tarama veya 104 adet çekim yapılmıştır.



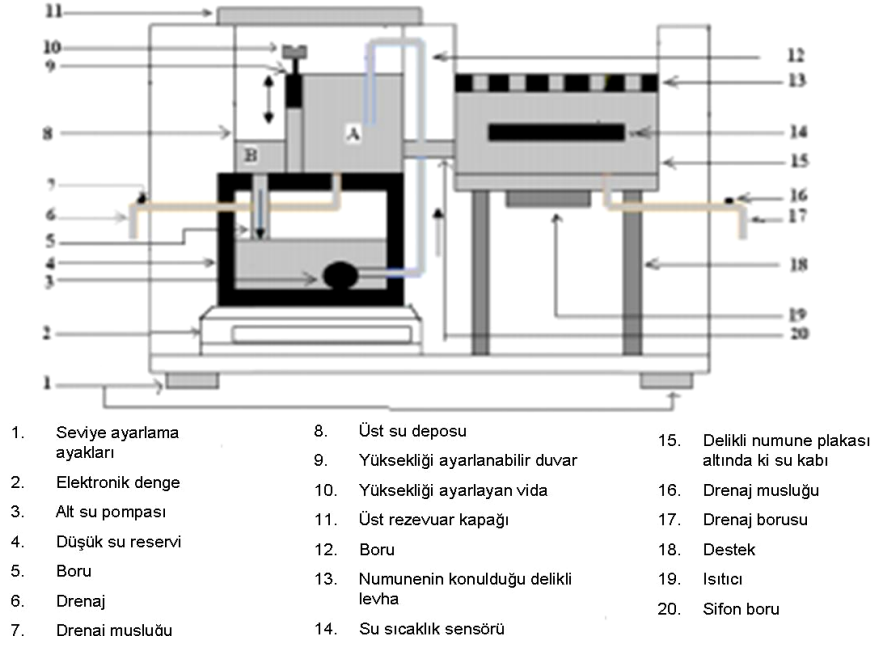
**Şekil 2.2:** Islatılabilir numune tutucu ile test düzenlemesi (Weder ve Brühwiler 2006)

İki tarama yukarıdan aşağıya doğru diğer bir ifade ile 4.kattan başlayarak elde edilmiştir. Altı veri nokta arasında toplam süre yaklaşık 6,5 dakika sürmüştür. Her katın emdiği su hacmini hesaplamak için, CT görüntü verileri ıslak numuneyi kuru numune ile karşılaştırarak uygun bir yoğunluk eşiği ile analiz etmiştir. Suyu konulan kontrast madde suya numunenin kuru halinden daha güçlü bir sinyal verdiği için, sudan kaynaklanan görüntülerin ayrılmasını (izole edilmesini) sağlamıştır.

Araştırmacılar X-ışını tomografisinin karmaşık tekstil sistemlerinde su konumunun hızlı ve kantitatif olarak görüntülenmesini ve taşınmasını sağlayabildiğini savunmuşlardır. Bu yöntem ile çok katmanlı malzemelerin nem taşıma prosesleri ve etkileşimleri nispeten düşük maliyetli ve hassas bir şekilde incelenebilmiştir. Weder ve diğ. MCT yönteminin geleneksel gravimetrik yaklaşıma göre daha avantajlı olduğunu, Nötron radyografisine göre ise çözünürlüğü onun kadar iyi olmasa da yüksek çözünürlük ve üç boyutlu görüntü alınmasının önemli bir özellik olduğunu savunmuşlardır.

Sarkar ve diğ. (2007) kumaş veya kâğıt malzemelerin su taşıma davranışını düzlemsel doğrultuda ölçmek için yeni bir cihaz geliştirmiştir. Cihaz, sadece kumaşın düzlemsel doğrultuda başlangıçtaki su emilimini ölçmekle kalmayıp aynı zamanda suya tam olarak doygun hale getirildikten sonra kumaş yüzeyinden buharlaşma hızını da ölçmekte ayrıca su sıcaklıkları farklı seviyelerde kontrol etmektedir.

Şekil 2.3’de görüldüğü gibi alt su deposunda depolanan su, üst su deposunun A bölümüne pompalanmaktadır. Dökülen su daha sonra borudan alt rezervuara geri gönderilmektedir. Kumaş numuneleri, bir su kabının üstünde delikli bir metal plakaya yerleştirilir. Suyun sabit sıcaklığını korumak için su kabının tabanına bir ısıtıcı yerleştirilmiştir. Suyun kumaş tarafından emilirken veya taşınırken, üst haznenin A bölümü ile su kabının yumuşak boru arasındaki bağıntı sayesinde su kabına sürekli olarak sifon hareketi ile su beslenmektedir. Kumaştan emilen veya taşınan suyun hızı, elektronik bir denge kullanılarak üst ve alt rezervuarlar tartılmasıyla doğru bir şekilde ölçülebilir. Bu denge, verileri anında kaydetmek için bir bilgisayara bağlanır ve testin sonuçlar grafik biçiminde gösterilir.

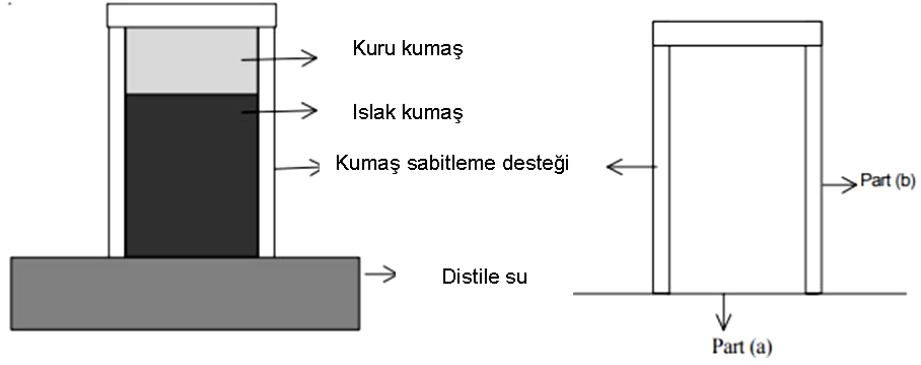


Şekil 2.3: Trasplanar su taşıma test cihazının şematik diyagramı ( Sarkar ve diğ. 2007).

Kumaşın su emmesi sona erdikten sonra kumaştan yüzey buharlaşması ölçümü için kumaş numunesini üzerine delikli yumuşak bir silikon plaka yerleştirilerek beş dakika beklenir. Beş dakika sonra veri kaydı üç buçuk saat boyunca başlatılır. Sonuçlar grafik olarak bilgisayar ekranında görülmektedir.

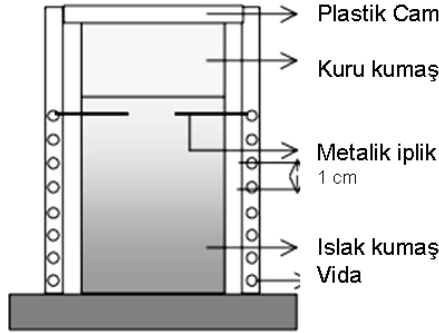
Sarkar ve ark. yeni tekniğin, tekstil kumaşlarının ve kağıtların su transfer özelliğini ölçmek için doğru bir yöntem olduğunu savunmuşlardır. Bu aletin temel avantajı, kumaş numunesinin altındaki su seviyesini sabit bir seviyede kontrol etmek için benzersiz bir mekanizmaya sahip olmasıdır. Çünkü su seviyesi kumaş numunesi içine veya kumaş numunesi içinden su nakli ile azaltılamamaktadır. Dolayısı ile ölçümler test sırasında hidrostatik su basıncı değişikliklerinden etkilenmemektedir. Bu aleti kullanarak, çeşitli tekstil kumaşlarının su emme ve yüzey buharlaşma özellikleri hassas bir şekilde ölçülebilmektedir.

Hamdaoui ve diğ. (2008), çalışmalarında kumaşlardaki dikey kılcal emme özelliklerini incelemek için elektriksel bir yöntem kullanılmışlardır. Bu yöntem, sıvının elde ettiği yüksekliği ve boya eklenmeden absorbe edilen sıvı miktarını belirlemek için kullanılacak olan elektriksel direnç katsayısının ölçüsüne dayanmaktadır.



Şekil 2.4: Tekstil kumaşın dikey sıvı emilimini sağlayan cihaz (Hamdaoui ve diğ 2008).

Deneyde yüksek dirençli bir metre olan "M ohmmetre" tekstil kumaşlarında oluşan kılcal akış sırasında çok yüksek direnç ölçümleri yapmak için kullanılmıştır. M ohmmetre ve toplama merkezini aynı anda kumanda etmeyi sağlayan bir yazılım programı kullanılmıştır. Numune Şekil 2.4'deki gibi damıtılmış su içeren bir banyoya dikey olarak belirli bir uzunlukta daldırılmaktadır.

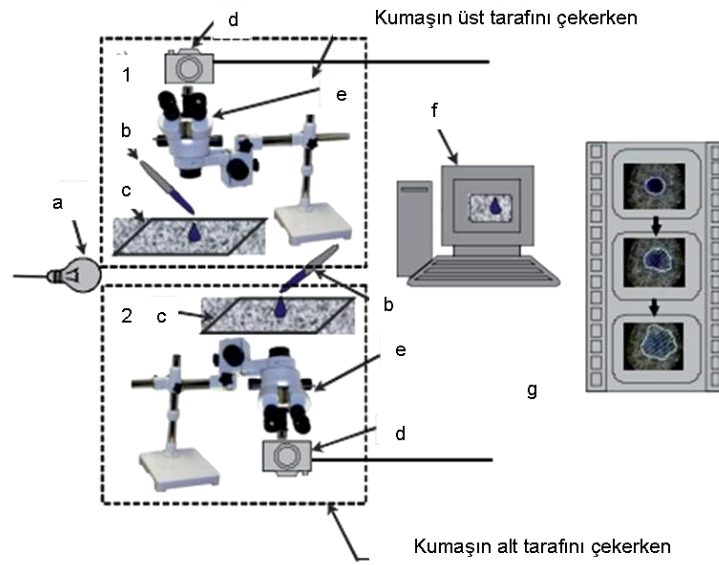


Şekil 2.5: Mohmetrenin elemanları (Hamdaoui ve diğ 2008).

Numune kumaşın plastik cama sabitlenmiştir. Kumaş uzunluğu boyunca iletkenliği sağlayan elektrotlar Şekil 2.5'deki gibi her 1 cm'de bir yerleştirilmiştir ve plastik cama sabitlenmiş bir vidaya tutturulmuşlardır. Elektrot, metalik iplikle kumaşta ölçülen noktaya dayanmaktadır. Visual Basic yazılım programı ile kumaştaki sıvı yüksekliğinin ölçümünü, gerçek zamanlı olarak kaydedilmiştir. Ardından tekstil kumaşının elektrik dirençleri ile sıvı içerik arasındaki ilişkiyi gösteren eğri kullanılarak sıvı miktarı hesaplanmıştır.

Petrulyte ve Baltakyte (2009) çalışmalarında görüntü analizi ile havlu kumaşa damlatılan sıvının hareketini incelemişlerdir. Bunun için mikroskop ve kamera kullanarak görüntü analizi uygulaması yapabilen bir test aparatı geliştirmişlerdir.

Alınan kamera görüntüleri ile damlanın yayılım alanı ölçülmüş ve zamana bağlı olarak alan değişimleri hesaplanmıştır. Test sırasında Stereoskopik Mikroskop, Dijital Fotoğraf Makinesi ve video kayıtlarının analizinde 7.0 PE-Live yazılımı kullanılmıştır (Şekil 2.6). Kayıtlar su damlasının (0,110 g) damlatılması ile başlamış kumaş yüzeyine tamamen kumaş tarafından emilene kadar devam etmiştir. Damlama kumaş yüzeyine mümkün olduğu kadar yakından damlatılmıştır. Kumaşın üst ve alt yüzelerinin görüntüleri alınarak kumaşın her iki yüzü içinde ölçümler yapılmıştır.

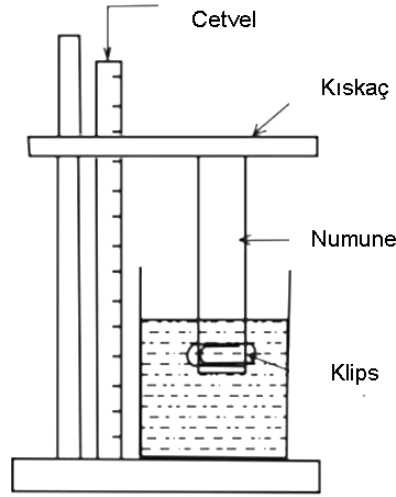


**Şekil 2.6:** Deneyde kullanılan araçlar a) Işık kaynağı, b) Damlalık, c) Kumaş, d) Dijital kamera e) Stereoskopik Mikroskop f) Bilgisayar, g) Çekim görüntüsü (Petruyte ve Baltakyte 2009).

Test için numune havlu kumaşlar; çözgü ipliği ketenden veya pamuktan olacak şekilde veya çözgü ve atkı ipliklerinin ikisi de ketenden olacak şekilde üretilmişlerdir. Havlu dokuma kumaşların dinamik su emilimini ölçmek için önerilen yöntemin uygulanması emilim hızını ve emilimdeki değişiklikleri zamana göre analiz etmeyi ve değerlendirmeyi ve ayrıca kumaşın emilim kabiliyetini araştırmayı ve yorumlamayı mümkün kılmıştır.

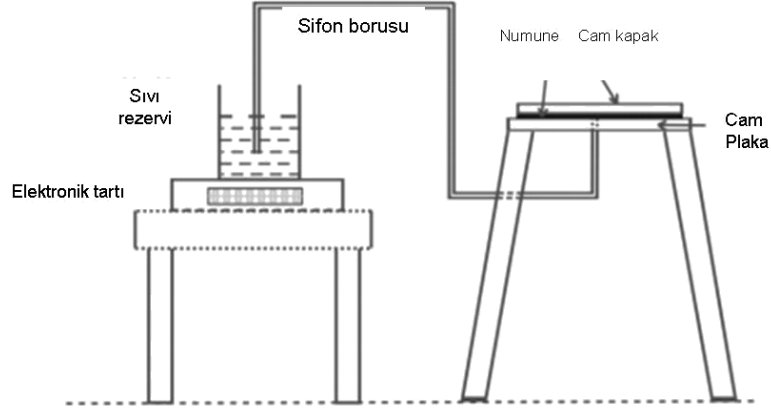
Fangueiro ve diğ. (2010) çalışmaları ile gavimetrik ölçüm yöntemini geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yatay emme ve dikey emme test yöntemi ile kumaşın iç kısmı (vücuda yakın) fonksiyonel ipliklerle üretilen, üst kısmı ise polipropilen veya polyester ile birleştirilen (dış yüzey kaplama) örme kumaşlar test edilerek değerlendirilmiştir.

Dikey kılcal emme testi için Şekil 2.7'deki düzenek kullanılmıştır. Numune kumaş, alt ucu damıtılmış su rezervuarına batırılarak dikey olarak askıya alınmıştır. Numunelerin alt uçlarının, suya 30 mm derinlikte dikey olarak daldırılabilmesini sağlamak için her bir numunenin taban ucu bir klips ile kelepçelenmiştir. 10 dakika boyunca her dakika, kumaşın sıvıyı emdiği kısım kaydedilerek değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 2.7: Dikey emme aparatı (Fangueiro ve diğ. 2010)

Yatay emme testi için, numune kumaş yatay olarak cam plaka üzerine Şekil 2.8'deki gibi yerleştirilmiştir, Sifonlama ile su sürekli olarak bir rezervuardan delikli cam üzerinde bulunan numune kumaşa beslenerek suyu emmesi sağlanmıştır. Hazne, kumaş tarafından emilen su kütlesinin kaydedilmesini sağlayan elektronik bir dengede tutulmaktadır. Numune tarafından absorbe edilen kütle, numune kalınlığı ile ilişkilendirilmiştir ve yatay fitilleme kabiliyetini değerlendirmek için, birim kalınlık başına su emme miktarı bulunmuştur.

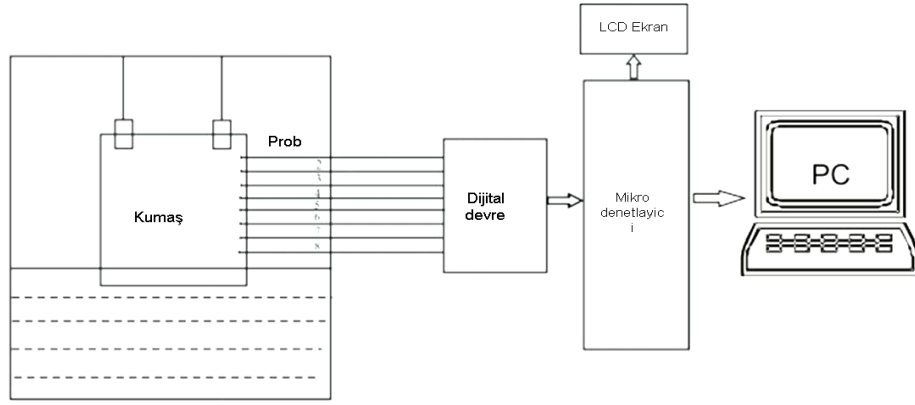


Şekil 2.8: Yatay emme aparatı (Fangueiro ve diğ. 2010)

Yapılan dikey ve yatay emme testlerinin sonunda kılcallığı etkileyen temel faktörün kılcal gözenek dağılımı ve yüzey gerilimi olduğu sonucuna varılmıştır.

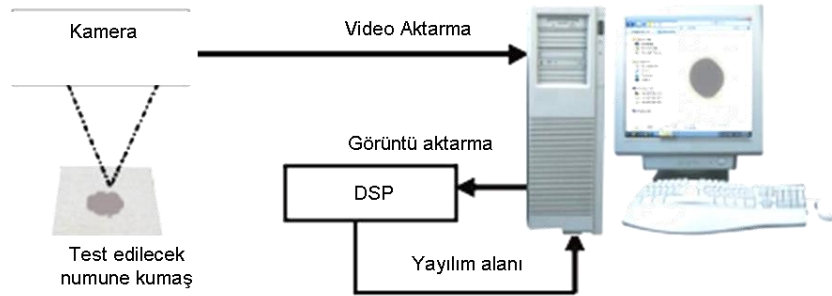
Ramesh Babu ve diğ. (2011) araştırmalarında su içeriği ile kumaşın elektrik direncindeki değişime bağlı olarak prob düzeneğine bağlı dikey esneklik cihazı geliştirmiştir. Burada kılcal yüksekliği ölçmek için kumaşın ön ve arka tarafına bağlanmış problar bulunmaktadır. Probların sıvıya temasına bağlı olarak ölçümleme gerçekleştirilmektedir.

Ölçümleme kumaşın iki yüzeyinde 0,5 cm aralıklar ile 8 adet prob bağlanmıştır. Kumaş numunesi alt ucu (30 mm) suya daldırılarak dikey olarak askıya alınmıştır. Kumaş kuru halde dikey konumda su içeren banyoya daldırılmıştır. Su teması yapıldığında her 0,5 cm'de yerleşmiş olan problara su temas ettiği anda, suyun yükselmesi ile zamana bağlı olarak alınan sinyaller ile yazılım programı tarafından anlık sonuçlar elde edilmiştir. Ortalama değeri hesaplamak için her numuneye beş test yapılmıştır. Suyun şerit boyunca 1 cm'den 5 cm'ye ulaşması için gereken saniye cinsinden süre ölçülmüştür.



Şekil 2.9: Dikey kılcal emme deney sistemi (Ramesh Babu ve diğ. 2011).

Raja ve diğ.(2012) çalışmalarında kumaş üzerinde sıvıların yayılım alanını görüntü işleme yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. Alan hesaplama hızı ve doğruluğu, 32 bit dahili Dijital Sinyal İşlemcisi kullanılarak iyileştirilmiştir. Kamera aracılığıyla öncelikle kumaş üzerinde oluşan yayılım alanı kaydedilmiş ve görüntü analiz tekniği kullanılarak yeni geliştirilen bir algoritma ile bu alan hesaplanmıştır. Şekil 2.10 kumaş üzerine yayılma işlemini göstermektedir.



Şekil 2.10: Görüntü işleme yöntemi deney sistemi (Raja ve diğ. 2012)

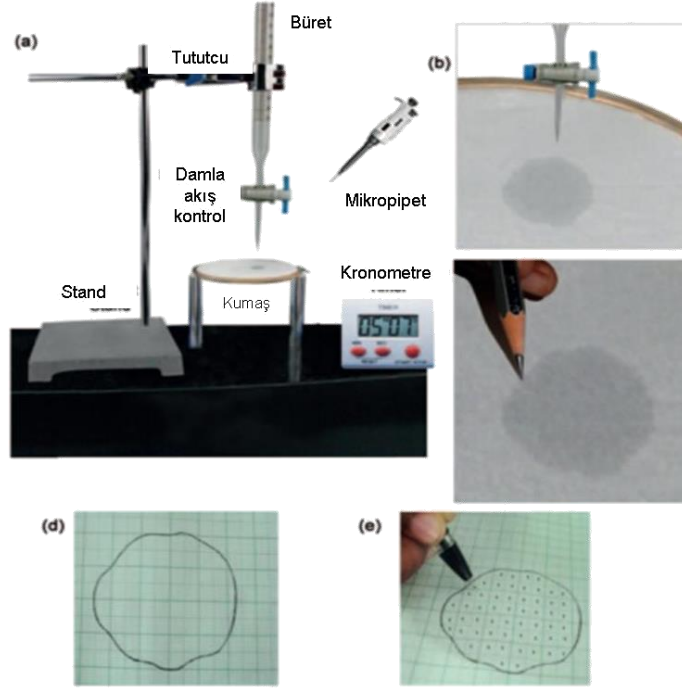
Yayılma alanını hesaplayabilmek için saniyede başına alınan resimler kaydedilip birbiri üzerinden çıkarılmıştır. Yayılma alanı, art arda gelen her kare için beyaz piksel sayısına göre hesaplanmıştır. Araştırmacılar eşikleme işlemi aydınlatma koşullarına bağlı olarak değiştiğini, bu nedenle sabit aydınlatma koşullarının sağlanmasının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Hesaplanan son alanlar, MATLAB kodlaması ile grafik olarak görülebilmektedir. Bu yöntemin manuel yöntemle göre hız, doğruluk, verilerin depolanması ve hataların önlenmesi açısından avantajlı olduğu belirtilmiştir.



Raja ve diğ. (2014) çalışmalarında kumaşlarda sıvının yayılım davranışını ölçen farklı yöntemleri karşılaştırarak, bu yöntemler arasındaki korelasyonları belirlemişlerdir. Kumaşların su yayılma davranışını ölçmek için emme hızı ve toplam emici kapasite gibi ölçümler üç farklı test yöntemi ile anlatılmıştır. Bunlar manuel yöntem, Photoshop'u kullanarak ticari görüntü analizi yöntemi ve MATLAB yazılımı (EIAS) aracılığıyla sayısal sinyal işlemcisi kullanan gömülü görüntü analizi yöntemidir. Bu yöntemlerle 12 farklı örme/dokuma kumaşta emicilik oranı ve toplam su emme kapasitesi analiz edilmiştir.

İlk olarak manüel yöntemde Şekil 2.11'de gösterildiği gibi kumaş numunesi bir nakış kasnağına monte edilmiştir. Kasnak hareket etmeyecek şekilde sabitlenmiştir. Brülör ucu, kumaş yüzeyinin 6 mm yukarısına yerleştirilmiştir.

AATCC 198 test prosedürüne göre, kumaş doyma noktasına ulaşana kadar her 2 sn boyunca kumaş üzerine sürekli olarak 40 ml su damlatılmıştır. Emicilik oranını ölçmek için ise kumaş üzerine 50 ml'lik bir mikropipet kullanılmıştır. Zamana göre yayılan alan, alan hesaplama prosedürüne göre elle ölçülmüştür. Bunun için santimetre grafik kağıdı transfer levhası ile kumaş yüzeyi arasında tutulmuş ve su yayma alanının sınırı Şekil 2.11'de gösterildiği gibi bir kalem ile işaretlenmiş ve sıvının yayılım alanı  $\text{mm}^2$  cinsinden işaretlenen yerlerin sayılması ile hesaplanmıştır.



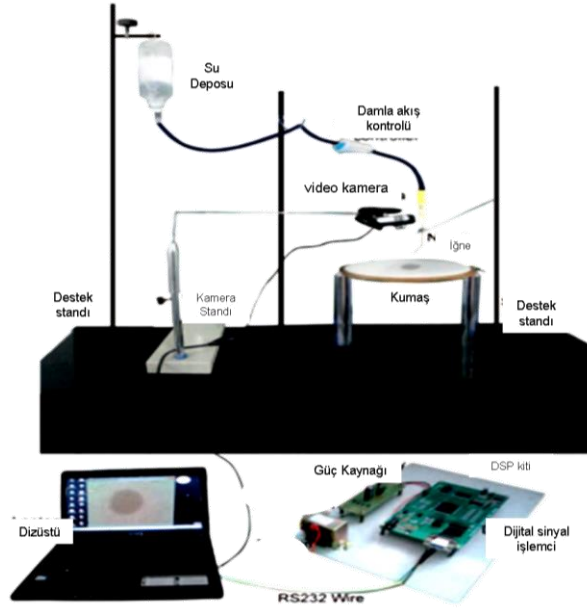
**Şekil 2.11:** Kumaşta sıvı yayılma davranışının incelenmesi. a) Enine sıvı yayıcı cihazın önden görünümü; b) Damla yerleştirildikten sonra sıvı yayılma görünümü; c) Sıvı yayılma alanının kurşun kalem kullanarak işaretlenmesi ve aktarılması (grafik sayfası ile kumaş arasında transfer sayfasını tutun); d) Grafik sayfasında aktarılmış çizgi; e) Alanın mm<sup>2</sup> cinsinden sayılması ile bulunması.(Raja ve diğ. 2014)

İkinci olarak kumaş üzerinde su yayma davranışının Photoshop kullanarak ticari görüntü işleme yöntemiyle ölçülmüştür. Bunun için, sıvının kumaş yüzeyi üzerinde oluşan dinamik hareketi ölçen bir kamera ile yüksek çözünürlüklü bir web kamerası kullanılmıştır. Net görüntüler yakalayabilen yüksek çözünürlüklü çekim kalitesine sahip bir kameranın kullanılmasına özen gösterilmiştir. Kamera, LED ışıkla donatılmış bir stand üzerine monte edilmiştir ve USB portu üzerinden kişisel bilgisayara bağlanmıştır (Şekil 2.12).

Dinamik sıvı yayılma alanın ölçümü için, kumaş numunesi ilk yöntemde olduğu gibi bir kasnak üzerine geçirilip sabitlenmiştir. Kamera ile istenilen zamanlarda görüntü alınarak sıvı yayılım alanı Adobe Photoshop programında hesaplanmıştır.

Hesaplama yapmak için teste başlamadan önce, kamera yüksekliğinin kumaş standından konumu kalibre edilmiştir. Bunun için beyaz bir kağıt siyah koyu bir daire (20 mm çap) ile çizilmiş ve kameranın görüntüyü yakaladığı nakış kasmağının üzerine yerleştirilmiştir. 20 mm çapında dolu çemberin toplam alanı 314 mm<sup>2</sup> olarak

hesaplanmıştır. Yakalanan görüntü Photoshop'a aktarılmış ve görüntü çözünürlüğü 10 piksel/cm olarak değiştirilmiştir. Dairenin alanı piksel cinsinden bulunmuştur.



Şekil 2.12: Dijital işlemci kullanarak görüntü işleme yönteminin kurulumu (Raja ve diğ. 2014).

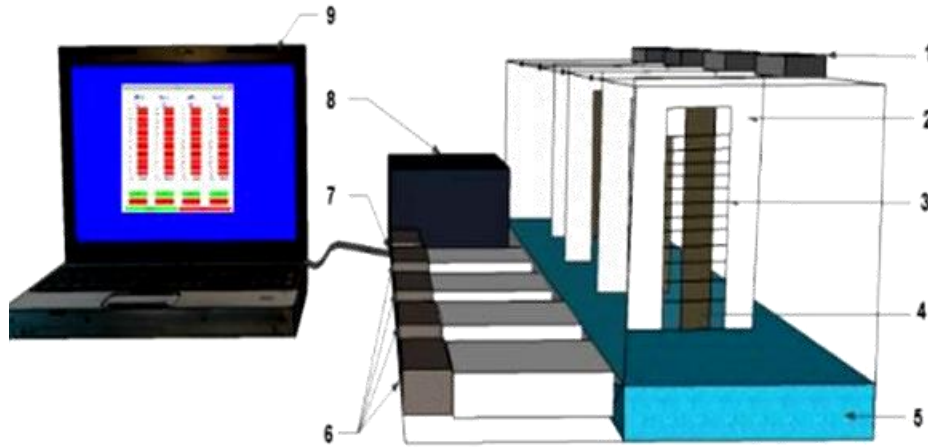
Üçüncü ve son olarak kumaşta su yayılma davranışı EIAS ile ölçülmüştür. Temel kurulum prosedürü, Şekil 2.12'deki Photoshop yöntemi ile aynıdır. Görüntü işleme kurulumu yerine, yeni yöntem MATLAB aracılığıyla (EIAS) dijital sinyal işlemcisinde (DSP) yerleşik kodlama ile geliştirilmiştir. MATLAB ile geliştirilen yazılım saniyede kare sayısını kaydedebilecek şekilde ayarlanmıştır. Islanmamış numune kumaş görüntüsünün referans alınması için damla düşmeden bir saniye önce kayıt başlatılmaktadır. Deney sisteminden, çekilen videolar aynı anda bilgisayara aktarılıp depolanmaktadır. Depolanan videolar, MATLAB kodlaması kullanılarak ayrı ayrı karelere dönüştürülmekte ve arka plan çıkarma algoritmasını kullanarak işlemci yani kareleri sırası ile birbirinden çıkararak fark görüntüsü elde edilmektedir. Yayılma alanı, art arda gelen her kare için beyaz piksellerin sayısına göre hesaplanmaktadır. Eşikleme işlemi aydınlatma koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir, bu nedenle sabit aydınlatma koşulları olması gerekmektedir. Hesaplanan son alanlar MATLAB yazılımı yardımıyla grafiğin çizilmesi için bilgisayara gönderilip sonuçların değerlendirilmesi için ekranda görüntülenmektedir.

Sonuç olarak Manuel testler ile Photoshop'u kullanan ticari görüntü analiz yöntemi arasında manuel ve EIAS yöntemleri karşılaştırıldığında çok iyi korelasyon

bulunmuştur. Ayrıca Photoshop ile EIAS yöntemi korelasyonu manuel ile EIAS yönteminden daha iyi bulunmuştur.

Atasağın (2015), çalışmasında kumaşların ıslanma ve kılcal emme davranışları üzerinde kumaş yapısal ve fiziksel özelliklerinin etkilerinin belirlenmesi için hammadde özellikleri ve makine ayarları değiştirilerek 26 tip sistematik gömleklik dokuma kumaş kullanmıştır. Önce tek katlı kumaşlarda, daha sonra ise seçilmiş iç giysi-gömleklik kumaş çiftleri ve giysi çiftlerinde ısı ve su buharı/sıvı transferine ilişkin ölçümler yapılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sırasında araştırmacı kılcal emme testlerinde oluşan bazı zorlukları göz önünde bulundurularak Şekil 2. 13'de görülen yeni bir test aparatı tasarlamıştır.

Bu test aparatı plastik cam malzemedan yapılmış ve üzerinde bakır iletim yolları bulunan test plakaları ile alınan elektrik sinyallerinin bilgisayara iletiminin sağlanması prensibine göre çalışmaktadır. Test plakasında bir santimetre aralıklı olarak 16 adet karşılıklı algılayıcı yuva bulunmaktadır. Sensör olarak kullanılan gümüş teller yuvalara iletimi sağlamaktadır. Test aparatına yerleştirilen numune kumaşlar üzerinde suyun yükselmesini takip etmek için Visual C# programı kullanılmıştır. Kumaş numunesi üzerinde suyun her bir santimetre yükselmesi için geçen süre bilgisayarda milisaniye olarak kaydedilmiştir. Bu yeni cihazın en önemli avantajı dört farklı numuneye aynı anda ölçüm yapılabilmesidir.



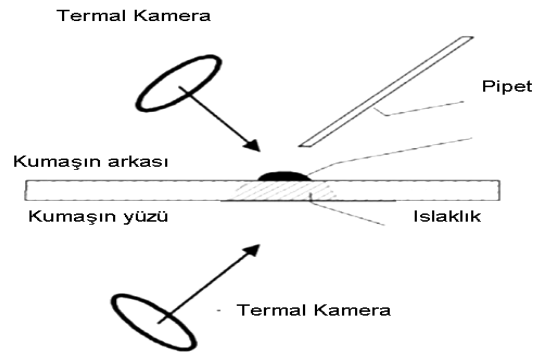
**Şekil 2.13:** Dikey kılcal emme test aparatının parçalarının gösterimi 1) DC servo motor; 2)Pleksiglas test plakası; 3) Sensörler;4) Dumaş; 5)Distile su; 6)Kontrolörler; 7)Ana kontrolör; 8) Güç kaynağı; 9-Bilgisayar (Atasağın, H.G. 2015).

Nemcokova ve diğ. (2015), çalışmalarında üç grup örme kumaş çeşidi üzerinde su damlasının yayılma özelliğini ve dikey kılcal emme davranışını

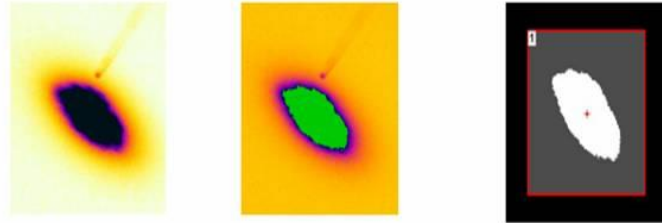
incelemişlerdir. Bunun için aşağıda verilen adımlarda test ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir.

İlk olarak MMT ile ölçüm gerçekleştirmişlerdir.

İkinci olarak termografi sistemi ve görüntü analiz sisteminin birlikte kullanarak ölçmüşlerdir. İki termografi sistemi ile (FLIR SC6540, ThermaCAM S60), bir tekstil materyalinin ön ve arka yüzeyine uygulanan sıvının yayılması ile eş zamanlı olarak kayıt alınır. Damlalar, 20 ul hacimli FB32266 dijital mikropipet vasıtasıyla uygulanmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Deney test şeması (Nemcokova ve diğ. 2015).

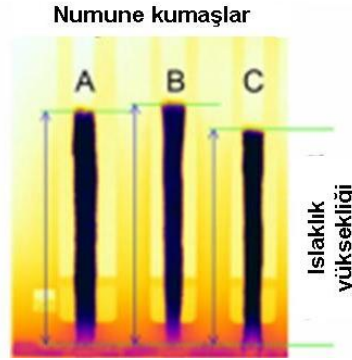


Şekil 2.15: Orijinal termograf görüntü a) Sıvının dağılımı, b) İlgilenilen bölge c) Resim analizi için hazırlanmış ikili resim (Nemcokova ve diğ. 2015).

Bu ölçüm yöntemi ile bir malzemenin sıvıyı ne kadar hızlı emebildiğini ve nemin arkadan kumaşın yüzüne gerçek zamanlı olarak aktarılmasının izlenmesini sağlanılmıştır. Deneyin yapılabilmesi için karanlık ortam sağlanmıştır. Termal kamera ile çekilen resimler Şekil 2.15’de görüldüğü gibi ikili görüntü haline sayısallaştırılarak alan hesaplamaları yapılmıştır.

Üçüncü olarak ise termografi sistemini ve görüntü analiz sistemini birleştiren yeni dikey kılcal emme yöntemi kullanmışlardır. Su iletimi dikey şerit emme testine

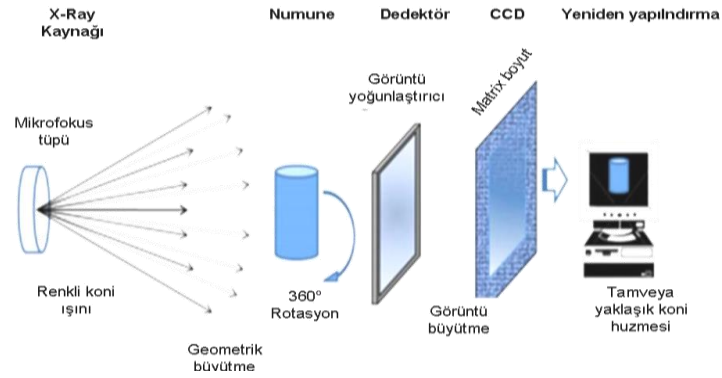
göre ölçülmüştür. Bir kumaş şeridin bir ucu dikey olarak sabitlenirken, diğer ucu damıtılmış su içeren bir kap içinde sallanmıştır. Suyun şerit boyunca taşındığı yükseklik, 1,5 ve 10 dakikalık aralıklarla termal kameradan Şekil 2.16'daki gibi görüntüler alınarak ölçülmüş ve milimetre (mm) cinsinden hesaplanmıştır. Termal görüntüleme, çıplak gözle kılcal ilerleme kolayca tespit edilemediğinde nem iletimini izlemek için kullanılmıştır. Elde edilen termal görüntüler, tekstil malzemelerinin nem yönetim parametrelerini bulmak için görüntü analiz sistemi ile değerlendirilmiştir.



Şekil 2.16: Termograf sistem ile dikey emme sistem görüntüsü (Nemcokova ve diğ. 2015).

4- Örme numune kumaşların mikro termografî sistemi tarafından üç boyutlu görüntüler alınarak, test edilen örgülerin yapıları içinde sıvı taşınması sırasındaki gerçek davranışını tespit etmek için diğer yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırma yapılmıştır.

Radyasyonu elektrik sinyaline dönüştüren X ışını ile milisaniyelerde alınan iki boyutlu görüntüler birleştirilerek üç boyutlu olarak incelenmiştir.



Şekil 2.17: Mikrotermografinin ana prensip şeması (Nemcokova ve diğ. 2015).

Bu yöntemlerle numunelerin yüzeyine sıvı damlacıklarının yayılma yönü ve ıslanan kumaşın ön ve arka yüzeyindeki şekil özellikleri belirlenebilmektedir. Ayrıca kumaşların sıvıların taşınım özelliklerinin kaba tahmini için 3D gözeneklilik parametresinin kullanılması olumlu gelişmeler arasındadır.

### 3. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

Günümüzde teknolojinin ilerlemesine bağlı olarak her gün birbirinden farklı buluş, yöntem ve teknikler hayatımıza girmektedir. Bunların en önemlilerinden biri bilgisayar bilimi ve görüntü işlemedir. Mekanik elektrik ve bilgisayarın birlikte kullanıldığı pek çok proje mevcuttur. Sayısal görüntü işleme teknikleri bilimsel çalışmalarda hızlı bir şekilde yerini almış ve tüm alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Uzay biliminden tıp alanına, ziraattan madencilığe, tüm mühendislik dallarından güvenlik uygulamalarına kadar akla gelebilecek tüm alanlarda görüntü işleme uygulamalarını görmek mümkündür. Görüntü işleme iki ana kullanım alanından dolayı bilgisayar biliminde oldukça önem kazanmıştır. Bunlardan ilki resimlerden bilgi sağlama ve yorum yapabilme diğeri ise otomatik algılama işlemleridir (Aslan 2014).

#### 3.1 Görüntü

Görüntü bir varlığın farklı bölgelerinden çıkan ışık ışınlarının, ışıksal bir süzğüden geçerek oluşturdukları iki boyutlu nesnedir.

İçerisinde konum bilgisi  $f(x,y)$  ve renk bilgisi bulunan görsel temsillerin hepsi birer resimdir. Bu resimler analog ve dijital görüntü olarak iki kısımda ele alınabilir (Çayıröğlü 2017).

Görüntülerin analog işlenmesi görüntülerin elektriksel olarak değişimine bağlıdır. Elbette ki görüntü önce elektriksel formda olmalıdır. Bunun için en iyi örnek televizyon görüntüsüdür. Sayısal (Digital) görüntü işleme, sayısal bilgisayarın bulunması ile ortaya çıkmış bir görüntü işleme yöntemidir (Aytan ve diğ. 1993). Dijital görüntülerde her sayısal noktanın ayrı ayrı ayarlanabilen özelliği oldukça esneklik ve kolaylık sağlamaktadır.

Görüntü 3 farklı şekilde kullanıcıya yansımaktadır. İlki siyah beyaz iki renkli görüntüden oluşan pikseldir. Diğeri 0-255 değer aralığında gri görüntüdür. En son olarak da üç farklı gri görüntünün birleşmesi ile oluşan renkli görüntülerdir.

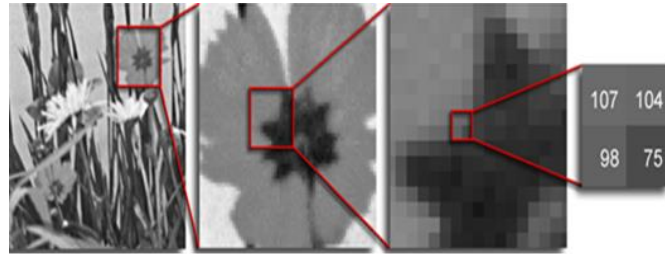


### 3.2.1 İkili Görüntü

Bir pikselin siyah ya da beyaz renkten oluşarak meydana getirdiği görüntüye ikili görüntü denmektedir. Bu görüntüde beyaz pikseller 1, siyah pikseller 0 değeri ile gösterilmektedir.

### 3.2.2 Gri Ölçek Görüntüsü

Gri ölçekli görüntülerde; 0–255 değer aralığında 256 adet farklı gri tonda görüntü oluşmaktadır. Bu değerlerden 0 gri değeri siyah rengi, 255 gri değeri ise beyaz rengi belirtmektedir. Gri bir görüntü ve piksel değerlerinin gösterimi Şekil 3.1’de verilmiştir.



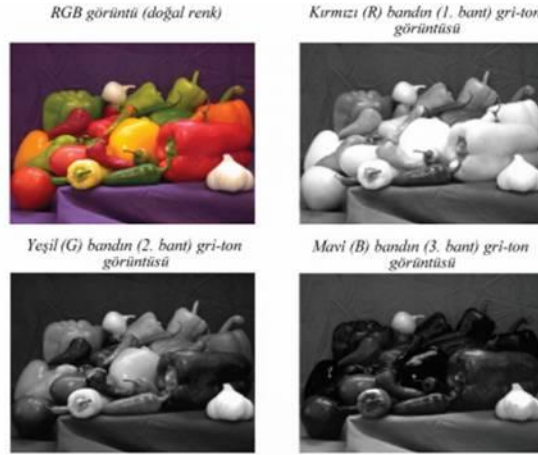
Şekil 3.1: Gri bir görüntü ve piksel değerlerinin gösterimi (Aslan 2014).

### 3.2.3 Renkli Görüntü

Renkli görüntü 3 farklı gri düzeyli görüntünün elektro manyetik dalga boyunda sırası ile kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) renkli görüntülerin üst üste binmesi ile oluşmaktadır. Diğer bir ifade ile renkli görüntü aynı boydaki üç gri resim kadar yer kaplamaktadır. Üç gri düzeyli görüntün üst üste binmesi ile de renkli görüntü 24 bitlik renk kaplamaktadır.

8 bit ( $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^8 = 256$ ) ile kodlanacağına göre üç renk (RGB)  $3 \times 8 = 24$  bit ile kodlanacaktır. Bu durumda, RGB görüntülerin her bir pikseli  $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24} = 16.777.216$  (yaklaşık 17 milyon) farklı renk değerine sahip olabilir ve bu üç rengin birleşiminin değer aralığı RGB = (0, 0, 0), (255, 255, 255) biçiminde gösterilir (Çayıroğlu 2017).

RGB formatında doğal renklerden oluşmuş renkli bir görüntü için bantların doğru birleşimi 1-2-3 (Red, Green, Blue) sırasıyla olmalıdır. Aşağıdaki Şekil 3.2’de üç rengin bir araya geldiği doğal rengin gri-ton görüntüsü ve her bir bandın ayrı ayrı gri-ton görüntüsü verilmiştir (Çayıroğlu 2017).



Şekil 3.2: Renkli bir görüntü ve görüntüye ait RGB bantlarının gri ton görüntüleri (Çayıroğlu 2017).

### 3.2 Sayısal (Dijital) Görüntü İşleme

Görüntü işleme iki boyutlu bir görüntünün bilgisayar ortamında yeniden işlenerek iyileştirilmesi, görüntü kalitesinin artırılması veya istenen şekle getirilip istatistiksel olarak değerlendirilebilmesidir.

Anonymous bir görüntünün iki boyutlu bir fonksiyon  $f(x,y)$  olduğunu;  $x$  ve  $y$  nin uzamsal koordinatlar ve herhangi bir çift koordinata  $(x,y)$ ,  $f$  fonksiyonunun genişliği görüntünün bu noktadaki yoğunluğunu ya da gri ton derecesini verdiğini belirtmiştir.  $X$ ,  $y$  ve  $f$  fonksiyonunun değerleri sınırlı bir alanda ise ve farklı miktarlara sahipse bu görüntünün sayısal görüntü olarak ifade edildiğini söylemiştir.(Edizer 2006).

Sayısal görüntü elde edildikten görüntü sırası ile ön işlem, biçimlendirme, tanıma ve yorumlama işlemlerinden geçmektedir.

Ön işlem basamağında görüntü daha net hale getirilmektedir. Bunun için resimde üzerinde oluşan gürültüler azaltılmakta, parlaklık ve kontrastlık ayarlamaları yapılmaktadır. Daha sonra resim biçimlendirilmektedir. Bu bölümde ise resmin kenarları köşeleri hakkında bilgi sahibi olunarak mesafe, alan ölçümü gibi bilgiler

alınabilmektedir. Resmin renkleri ile düzenlemeler yapılabilmektedir. Bölümleme ise görüntü işlemenin en zor uygulamasıdır, bir görüntüdeki nesne ve arka planın veya görüntü içerisindeki ilgilenilen değişik özelliklere sahip bölgelerin birbirinden ayrıştırılması işlemidir. Bölümleme; bir görüntüdeki nesnenin sınırları ve alanlarını tespit edilerek görüntünün şekli üzerinde ham bilgiler üretmektedir(Çayıroğlu 2017).

En son kısım ise tanıma ve yorumlamadır. Bu aşamada ise görüntü içerisindeki nesnelerin veya bölgelerin önceden belirlenen tanımlamalara göre etiketlendirilmesidir. Bütün bu işlemler sırasında görüntü bilgisinden sürekli yararlanılmaktadır. Ham görüntünün ilk durumunda var olan bilgilerde işlemlerden önce gözden geçirilmeli ve görüntü işleme teknikleri esnasında da sürekli görüntüden bilgi alınarak onun analizi sağlanmalıdır (İskender 2009).

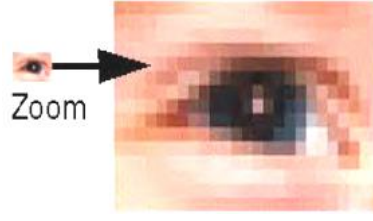
### **3.3 Sayısal Görüntü İşleme Terimleri**

#### **3.3.1 Piksel**

Satır ve sütundan oluşan iki boyutlu fonksiyonun oluşturduğu sayısal görüntünün en küçük birimi pikseldir. Her pikselin görüntü üzerinde belirli bir koordinatı vardır. Pikseller birleşerek sayısal görüntüyü oluşturmaktadırlar. Bu yüzden en ve boydaki piksel sayısı bize görüntünün boyunu piksel çarpanı ise dosya boyunu vermektedir.

#### **3.3.2 Çözünürlük**

Piksel sayısının azlığı veya çokluğu çözünürlüğü etkilemektedir. Çözünürlük görüntünün boyutları ile ilgili bir bilgi içermemektedir. Santimetredeki veya inç'teki piksel sayısı çözünürlüğü belirlemektedir. Bir görüntünün detayları net görünebilmesi için çözünürlüğünün iyi olması gerekmektedir, diğer bir ifade ile detayları gösterebilecek kadar piksele sahip olması gerekmektedir. Eğer daha az piksel sayısı ile görüntü oluşturulmuşsa o görüntü Şekil 3.3'deki gibi kareler halinde görünmekte detaylar net ve keskin olmamaktadır. Eğer piksel sayısı normalden fazla olursa dosya boyutu çok fazla büyüyecek dolayısı ile çok yer kaplayıp işlem basamakları uzun sürecektir.



Şekil 3.3: Sayısal bir görüntünün çözünürlüğü (Aslan 2014).

Ayrıca parlaklık çözünürlüğü ise piksel üzerindeki rengin gri seviye karşılığı olarak belirtilmektedir. Bu gri seviyedeki parlaklık arttıkça görüntü netleşmekte ve dosya büyüklüğü ise buna bağlı olarak artmaktadır. Seviye düştükçe kalite azalmakta ve yapay çizgiler oluşmaya başlamaktadır.

### 3.3.3 Renk Kalitesi

Bütün objeler üç ana ışık rengini, koyu mavi, kırmızı ve yeşili alırlar. Bazı objeler aldıkları tüm ışığı yansıtırlar ve üç rengin toplamı olan beyaz olarak algılanırlar. Bazı objeler ise ışığın tümünü emer ve ışıksız olan obje siyah olarak algılanır. Bazı objeler ise üç ışık renginin bir bölümünü yansıtır ve renkli olarak algılanırlar (Şekil 3.4). Işık renklerinin üç ana ışık rengi, ikişer ikişer birleştiğinde daha açık, daha ışıklı diğer üç renk ortaya çıkar ve üçünün birbiriyle karışmasıyla da beyaz renk, yani ışığın kendisini yeniden oluştururlar (Polat 2012).



Şekil 3.4: Işığın emilmesi ve yansıtılması (Polat 2012).

Renk kalitesi her pikselde kullanılan “bit” miktarıyla doğru orantılıdır. Bit miktarı arttıkça renk kalitesi artmaktadır. Sayısal görüntüler siyah-beyaz, gri ton ve renkli olabilmektedir. İkili görüntüde iki renk tonu bir piksel 1 bitlik yer kaplamaktadır. Gri görüntü ise  $2^8$  bitlik yer kaplar. Üç gri düzeyli görüntünün üst üste binmesi ile de renkli görüntü  $8^{24}$  bitlik renk kaplamaktadır.

Renk uzayları renkleri tanımlamak için kullanılan matematiksel modellerdir. Farklı renkli görüntüleme ve işleme cihazları farklı renk uzayları kullanır. Örneğin

televizyon, bilgisayar monitörleri ve tarayıcılar RGB renk uzayını, yazıcı ve çiziciler CMYK renk uzayını kullanmaktadırlar (Duyar 2010). Renk uzayları genel olarak cihaz bağımlı ve cihaz bağımsız renk uzayları olarak iki gruba ayrılmaktadır. Cihaz bağımlı renk uzaylarında renkler cihazın özelliklerine bağlı olarak üretilmekte yani tamamen cihazın teknik özelliklerine bağlı olmaktadır. Cihaz bağımsız renk uzayları ise Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Eclairage, CIE) tarafından geliştirilen ve bütün renkler için renk ölçümünü sağlayan matematiksel yapıya sahip renk uzaylarıdır (Aslan 2014).

### **3.3.4 FPS (Frame Per Second)**

Görüntü alan cihazın saniyede verdiği görüntü sayısıdır. Kameralar ve ekran kartları için önemli bir özelliktir. FPS değerinin yüksek olmasıyla saniyede alınan görüntü sayısı daha fazla olmakta ve böylece en küçük detaylar görüntülenebilmektedir. Bu yüzden görüntü işleme projelerinde kullanılan kameraların görüntü yakalama sayılarının yüksek olması önemli bir yer tutmaktadır.

## **3.4 Sayısal Görüntüler Üzerinde Yapılabilen Temel İşlemler**

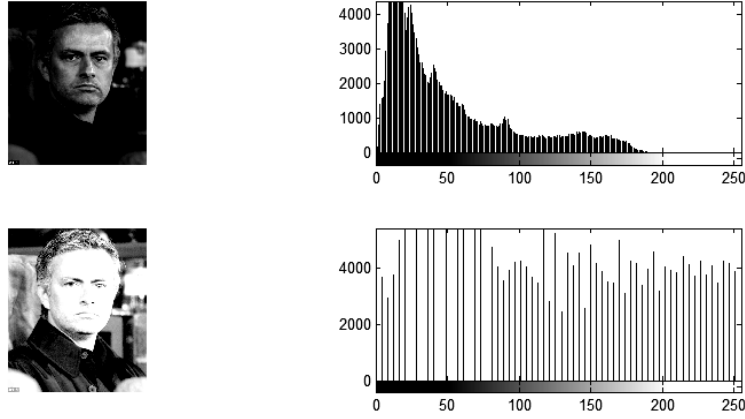
### **3.4.1 Filtreleme**

Kamera aracılığı ile alınan görüntülerde elektronik donanımlardan kaynaklanan istenmeyen sinyaller oluşmaktadır. Bu sinyaller 'gürültü' olarak adlandırılmaktadır. Filtreler genellikle eşikleme (threshold) işlemlerinden önce yapılan ön işlemlerdendir. Görüntülere filtre kullanılmadaki amaç bazı ayrıntıları ön plana çıkarmak ya da istenmeyen görüntüleri silmektir. Bu istenmeyen görüntüler aydınlatmanın yanlış olmasından kaynaklanan gölge ve yansımalar olabileceği gibi kaymış veya silik çıkmış pikseller gibi gürültüler olabilmektedir.

### **3.4.2 Histogramlar**

Histogram, görüntünün her bir noktasındaki renk değerinin piksel sayısını gösteren bir grafikdir. Bir görüntünün histogram grafiğine bakarak o görüntünün renk tonları ve parlaklığı hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir.

Renk değerleri d¼zg¼n dağılımlı olmayan resimler için histogram eşitleme metodu uygulanmaktadır. Histogram eşitleme ile belirli bir ton etrafında toplanan histogram eğrisi 0-255 tonları arasına d¼zg¼n bir şekilde dağıtılır (Şekil 3.5). Böylece resmin gri ton dağılımının homojen olarak yapılandırılması sağlanmaktadır (Aydın 2013).



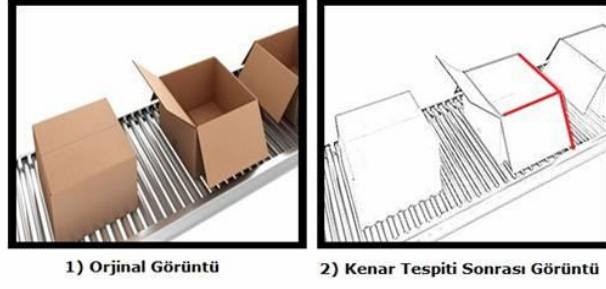
Şekil 3.5: a) Görüntünün histogram grafiği b) Histogram eşitleme grafiği (Yaşar 2012).

Histogram eşitleme resmin tümüne uygulanabileceği gibi sadece belli bir bölgesine uygulanabilmektedir. Tüm resme uygulanırsa global histogram eşitleme, resmin belli bir bölgesine uygulandığında ise lokal histogram eşitleme adını almaktadır. Bu yöntem histogramı dar olan resimler ya da resim içindeki bölgeler için daha iyi sonuç vermektedir (Aydın 2013).

### 3.4.3 Kenar Belirleme

Kenar görüntüsü ile görüntüde beliren gürültüler uzaklaştırılarak daha net daha sayısal anlamda işlenebilir görüntü oluşturulmaktadır. Kenar belirleme yöntemi kullanarak işlem yapmak daha kolay olmakta ve daha az zaman almaktadır.

Ancak herhangi bir gri seviye geçiş bölgesinin kenar olarak işaretlenmesi için iki bölge arasındaki gri seviye farkının belirli bir eşik değerinden fazla olması gerekmektedir. Kenar gösteren piksellerde gri renk değeri diğer gri tonlarından daha yüksektir. Kenarlar bulunurken belirlenen bu eşik değerinin altında renkler gösterilmez ve sadece resmin ana çizgileri belirginleşir. Amaç, gereksiz bilginin azalmasını ve işlemlerin kolaylaşmasını sağlamaktadır. Aşağıda Şekil 3.6'da kenar bulma yöntemi ile uygulanmış bir örnek gör¼lmektedir.



Şekil 3.6: Kenar bulma görüntüsü a) Orijinal görüntü b) Kenar tespiti görüntü (Pişkin 2017)

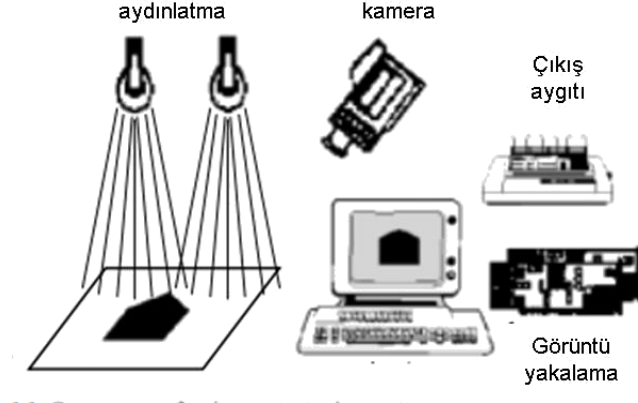
#### 3.4.4 Eşikleme (Threshold)

Birçok uygulama, kamera aracılığı ile alınan görüntülerdeki cisimlerin zemin görüntüsünden ayrılmasını gerektirir. Eşikleme bu amaçla kullanılabilecek en basit metottur. Eşikleme işlemi, verilen bir eşik değerinin üzerindeki parlaklık seviyesi değerlerine sahip piksellere '1', bu eşik değerine eşit veya daha küçük parlaklık seviyeli piksellere ise '0' vermektir. Eşikleme işlemi sonucu elde edilen görüntü ikili bir görüntüdür (Köker ve diğ. 2001).

Thresholding adı verilen bu yöntemde eşik değeri kullanıcıya bırakılır. Yani, görüntü işleyen kişinin belirleyeceği değer yukarıda anlatılan 128 gibi varsayılır ve resmin diğer değerleri görüntü işleyen kişinin belirlediği değere göre 0'a ya da 255'e çekilir. Örneğin standart olarak 128 değerinin altındaki değerler 0 değerine çekilirken kullanıcı bu değeri 200 değeri olarak belirleyebilir. Böylelikle 200 değerinin altındaki değerler 0 olarak görüntü ikili hale çevrilebilir (Pişkin 2016).

#### 3.5 Görüntü İşleme Sistemleri

Bir görüntü işleme sistemi, çevrenin aydınlatılması için bir ışık kaynağı, bir sensör sistemi (CCD kamera) ve bilgisayar ile sensör sistemi arasında ara yüzden oluşmaktadır (Şekil 3.7). Bunlara, aynı zamanda görüntünün de saklandığı resim sayısallaştırıcı (frame grabber) donanımı eklenmiştir. Genellikle resmi sayısallaştırmak için kullanıcının yazılımına bağlanan kütüphaneler mevcuttur. Görüntü işleme donanımının klasik konfigürasyonu tek başına bir sistem değildir. Ancak ana bilgisayar tarafından yönlendirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, yeni gelişmeler ile tüm görüntü işleme sistemini kameraya entegre edebilmektedir (Erhardt 2000).



Şekil 3.7: Görüntü işleme sistemi bileşenleri (Erhardt 2000)

### 3.5.1 Işık Kaynağı

Işıklandırma görüntünün düzgün alınması için önemli faktörlerdendir. Işıklandırmanın iyi yapılması ile istenen görüntü alınması; görüntü üzerinde yapılacak düzeltmelerin sayısını azaltmakta görüntünün işlenmesini nispeten kolay hale getirmektedir.

Temel hedef imajın dinamiklerini ve kontrastını optimize etmektir. Bunun anlamı obje maksimum yoğunluk basamağıyla fotoğraflanırken aynı zamanda mümkün olan en iyi kontrastlığın sağlanmasıdır (Erhardt 2000).

Işığın dört temel özelliği vardır. Bu özellikler bir görüntünün karakterini doğrudan etkilemektedir.

#### 3.5.1.1 Işığın Özellikleri

##### *Parlaklık*

Parlaklık, ışığın şiddetinin bir ölçüsüdür. Görüntü kalitesini etkileyen önemli bir parametredir. Işık kaynağından uzaklaştıkça parlaklık azalmakta, yaklaştıkça parlaklık artmaktadır.

##### *Yönü*

Işık, Kaynağından çıktığında her yöne doğru yayılmaktadır. Ancak ışığın doğrultusunda herhangi bir yere bir engel konularak ışığın yönü değiştirilmektedir. Işığın yönünü temel olarak altı gruba ayırabiliriz.



Cephe ışığı; önden yapılan aydınlatmadır ve kısa gölgeler oluşturur. Bu ışık yönünde net, düz ve derinliği olmayan görüntüler oluşmaktadır.

Yarı cephe ışığı; 45<sup>0</sup> açı ile gelen ışığa yarı cephe ışığı denir. Cismin bir kısmı aydınlık, diğer kısmı ise bir miktar gölgede kaldığı için 3 boyut etkisi oluşturmaktadır.

Yanal ışık; görüntünün yan tarafından 90<sup>0</sup> açı ile gelen ışığa yanal ışık denir. Yandan açı ile geldiği için gölgeler oluşmaktadır. Detaylı, gölgeli, üç boyut etkili bir görüntü oluşmaktadır.

Ters ışık; ışık görüntünün arkasından iletilmektedir. Detaylar net olmayan ancak kenarları belirli iki boyutlu görüntüler oluşmaktadır.

Tepe ışığı; tam tepeden gelen ışıktır. Kısa gölgeleri olan net görüntüler oluşmaktadır. Yanlış tepe ışığı kullanımı konu üzerinde parlamaların meydana gelmesine ve keskin rahatsız gölgeler oluşmasına sebep olmaktadır.

Altan aydınlatma; yapay ışık kaynakları ile sağlanan bir aydınlatmadır. Yüksek binaların yukarı doğru olan yönelimlerini alttan verilerek desteklediği için mimari aydınlatmalarda kullanılmaktadır.

### ***Renk***

Işık kaynağının ürettiği ve etrafa yaydığı ışığın bir renk sıcaklığı değeri vardır. Bu değer Kelvin cinsinden ifade edilmektedir ve farklı özellikteki ışık kaynakları için farklı değerler almaktadır. Filmler ve sensörler ise tüm ışık kaynaklarının yaydığı ışığı düzeltmeden gerçek renginde algılayıp kaydetmektedirler.

### ***Kontrast***

Mevcut kaynak ışığa göre oluşan fotoğraftaki en parlak bölüm ile en karanlık bölüm arasındaki farka kontrast denir Doğrudan görüntüyü aydınlatan ışık kaynağı konuya yaklaştıkça kontrast artmakta, uzaklaştıkça azalmaktadır. Işığın kaynağından çıkarak doğrudan konu üzerine gelmesi yüksek kontrast oluşturmaktadır. Ancak

ışığın bir yüzeyden yansıyarak (reflektör vb.) ya da filtrelenerek konuya ulaşması kontrastı azaltmaktadır.

### **3.5.1.2 Işık Kaynakları**

Aydınlatma güneşten gelen doğal ışık ve yapay ışıklar sayesinde gerçekleşmektedir.

#### **3.5.1.2.1 Gün Işığı**

Gün ışığı güneşten gelen doğal ışık kaynağıdır. Farklı yerlerde, farklı günler de ve farklı saatlerde güneşten gelen bu ışık değişik açılarla geldiğinden her bölge, her gün ve her saat için değişik etkiler oluşturmaktadır. Işığın bu şekilde kontrol edilememesi görüntü işleme sistemlerinde de farklı sonuçlar elde edilmesine sebep olabilir ve optimum sonuç sağlanamayabilir. Dolayısıyla gün ışığını sayısal görüntü işleme projelerinde aydınlatma olarak çok uygun değildir.

#### **3.5.1.2.2 Yapay Işık Kaynakları**

##### ***Tungsten Filmi***

Tungsten ışık kaynakları ucuz olmalarının yanısıra görüntü işleme için özellikle kameranın imaj okuma frekansının net frekansla (50 Hz veya 60 Hz) uyumsuz olduğu durumlarda çok uygun değildir. Böyle bir durumda ışık frekansı ile kamera frekansının farklılığı istenmeyen kesişmelere neden olur ve ekranda açık ve koyu çizgilerin görülmesi neticesinde imaj kalitesinin azalmasına sebebiyet vermektedir. (Erhardt, 2000).

##### ***Floresan Lamba***

Floresan lambalardan yayılan ışık oldukça güçlüdür ve ısınma problemi yoktur. Uzun ömürlüdürler ancak çok yer kaplamaktadırlar. Işığı güçlü düzenli ve homojen yaydığı için sayısal görüntü işleme projelerinde sıklıkla kullanılmaktadırlar.

### ***Led Işık (Light Emitting Diyote)***

Led'ler yarı iletkenleri kullanarak elektrik enerjisini ışığa çeviren teknoloji ile üretilmişlerdir.

Işık yayan diyotlar anında tepki verir ve hiçbir duraksama olmadan büyük bir alandaki ışık yoğunluğu kontrol edebilmektedirler. Görüntü kamera ile alınırken gerçekleşen renk kırılmaları led ışıklı ortamda tek renk olmaktadır. Bu özelliği ile led ışıkları birçok alanda kullanım alanı bulmuştur. Işık istenilen dalga boyunda olduğu için renk filtresi, prizma gibi renk ayırıştırıcılara ihtiyaç yoktur. Ayrıca fiyatlarının ve işletme maliyetlerinin düşük olması, hafif ve küçük olmaları ayrı avantajlarıdır. Kullanım ömürlerinin 100.000 saat gibi uzun bir süre olması pratik olarak bakım gerektirmemelerini göstermektedir. Ledlerin kullanılması ile birlikte ısı, gürültü, vibrasyon ve yüksek voltaj etkilerinin bulunmayışı endüstriyel görüntü işlemede son yıllarda çok fazla uygulama alanında kullanılmasını sağlamıştır (Erhardt, 2000).

### ***Kızılötesi Işık***

Kızılötesi ışık gün ışığını içinde yaklaşık yüzde kırk oranında bulunmaktadır. En uzun dalga boyundadır ve kırmızı görünümündürler. Gün ışığını bloke eden filtreye sahip bir kızılötesi kamera kullanılırsa havadaki belirsiz ışık etkisi tamamen giderilebilmektedir.

İnsan gözü kızılötesi ışığı algılayamasa da, çoğu kamera sensörü bu ışığı algılayabilmektedir. Bu sebeple kızılötesi ledler gece görüş özelliğine sahip kameralarda tercih edilmektedir.

Ayrıca kızılötesi ledler web cam ve güvenlik kamera sistemlerinde de sıklıkla kullanılmaktadır.

### **3.5.2 CCD ve CMOS Sensörlü Kameralar**

Görüntü sensörleri kameraların merceğine düşen ışığı yakalayıp elektrik sinyallerine dönüştürerek video ve görüntüleri oluşturmaktadırlar. CCD (Charge coupled device ) ve CMOS ( Complimentary Metal-Oxide Semiconductor) görüntü sensörleri farklı üretim teknolojileri ile görüntüyü elektrik sinyallerine çevirmektedirler.

CCD sensörler de gürültü CMOS sensörlere göre daha azdır. Daha az ışık kaynağında daha kaliteli görüntüler oluşturmaktadırlar. Ancak bunun yanında CCD sensörler görüntüyü elektrik sinyallerine dönüştürürken daha çok enerji harcarlar ve maliyetleri yüksektir. Bu yüzden CCD imaj sensörler görüntü kalitesinin önemli olduğu güvenlik kamera sistemlerinde kullanılırken, CMOS imaj sensör az enerji kullanılmasının önemli olduğu cep telefonu, webcam gibi uygulamalarda kullanılır (Türksan 2008).

### 3.5.3 Görüntü İşleme Yazılım Dilleri

Yazılımcıların bir bilgisayara yapılmasını istediğini aktarma işine programlama dili denilmektedir. Programlama dilleri bilgisayarların temel çekirdeklerindedir. Bütün bilgisayarlar ve iletişim sistemleri yazılımcıların yazmış olduğu algoritma ve programlamalar ile çalışmaktadır.

Endüstri piyasası açık kaynak kodlu birçok yazılım dili kullanmaktadır. Bunların popülerlik seviyeleri genellikle, ücretsiz olmaları, kolay öğrenilebilir olmaları ve kullanılacakları işletim sistemlerine göre değişmektedir. TIOBE Programlama Topluluğu dizini, programlama dillerinin popülerliğinin bir göstergesidir. Tablo 3.1’de gösterilen endeks ayda bir güncellenmektedir. Derecelendirmeler, dünya genelindeki yetenekli mühendislerin sayısı, kurslar ve üçüncü taraf satıcılara dayanmaktadır (TIOBE 2020)

**Tablo 3.1:** Ocak 2019 için TIOBE endeksi (TIOBE 2020).

Jan 2020	Jan 2019	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		Java	16.896%	-0.01%
2	2		C	15.773%	+2.44%
3	3		Python	9.704%	+1.41%
4	4		C++	5.574%	-2.58%
5	7	▲	C#	5.349%	+2.07%
6	5	▼	Visual Basic .NET	5.287%	-1.17%
7	6	▼	JavaScript	2.451%	-0.85%
8	8		PHP	2.405%	-0.28%
9	15	▲	Swift	1.795%	+0.61%
10	9	▼	SQL	1.504%	-0.77%

*Java*, video oyunları ve mobil uygulamalar için kurumsal düzeyde uygulamalar geliştirmek ve JSP (Java Server Pages) ile web tabanlı uygulamalar oluşturmak için kullanılmaktadır.

*C Dili*, çoğunlukla düşük seviyeli uygulamalar geliştirmek için kullanılan, yapı odaklı, orta düzey bir programlama dilidir. C Dil, Windows, UNIX ve Linux gibi işletim sistemlerine ve gömülü yazılımlara entegre edilmiş sistem uygulamalarını geliştirmek için kullanılır. Uygulamalar arasında grafik paketleri, sözcük işlemcileri, elektronik tablolar, işletim sistemi geliştirme, veritabanı sistemleri, derleyiciler ve montajcılar, ađ sürücüler ve tercümanlar bulunur.

*Phyton* web geliştirme ve 3D veritabanı erişimi, oyun geliştirme ve masaüstü programları geliştirme sınıflandırma (spam tanıma, resim tanıma), regresyon (hisse fiyatları), bölümlenme (müşteri grupları oluşturma), gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

*C ++ dili* oyunlar, ofis uygulamaları, grafikler ve video editörleri ve işletim sistemleri gibi bilgisayar programları ve paketlenmiş yazılımlar oluşturmak için kullanılmaktadır.

*C# dili* standart Windows yazılımı ve sunucu tarafı web uygulamaları geliştirmek için kullanılmaktadır.

### **3.5.3.1 Phyton Programlama Dili**

Python programlama dili kolay öğrenilebilen basit bir dildir. Bu yüzden yazılımcılar tarafından oldukça fazla tercih edilmektedir. Ayrıca kodların kolay anlaşılır olması proje yazmayı kolaylaştırdığı gibi python dilinde yazılmış farklı projeleri okuyup anlamak yorum yapıp düzeltmeler yapabilmekte diğer dillere kıyasla daha basit olmaktadır.

İşletim sistemine bağlı olarak Python <http://www.python.org/downloads> adresinden temin edilebilir.

### 3.5.3.2 Open CV Kütüphanesi

OpenCV (Open Source Computer Vision) C++, C, MATLAB, Python, Java ve C# dillerinde kullanılmakta olan açık kaynak kodlu bir kütüphanedir. Bu kütüphane görüntü işleme programlarında çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Yüz tanıma, plaka okuma ve nesne algılama gibi özellikler dahil olmak üzere daha çok görüntü işleme, video çekimi ve analizlerine odaklanmaktadır. Python programlama dilinde kullanabilmek için, kod sayfasında 'import cv2' yazarak kütüphane eklenmektedir. Daha sonra OpenCv içine gömülmüş kodlar kolaylıkla kullanılabilir.

### 3.5.3.3 OpenCV GUI (Graphical User Interface) Özellikleri

GUI, kullanıcıların ön kısımda gördüğü arka planda ki komutları çalıştırabilmesi için kolaylık sağlayan pencere, simgeler, menüler gibi butonlar bulunduran fare ile kolay kullanım sağlayan grafiksel kullanıcı ara yüzlerdir. Bilgisayarı kullanmak için kullanıcıların herhangi bir komut yazmalarına gerek kalmamaktadır.

### *Görüntü Okuma İşlemi*

Bir görüntüyü okumak için OpenCV kütüphanesine 'cv2.imread()' kodu kullanılmaktadır. Görüntü çalışma dizininde olmalı ya da tam bir görüntünün bulunduğu adres verilmelidir.

cv2.IMREAD\_COLOR: Renkli bir resim yüklemektedir.

cv2.IMREAD\_GRAYSCALE: Resmi gri tonlama modunda yüklemektedir.

cv2.IMREAD\_UNCHANGED: Resmi alfa kanalı gibi yüklemektedir.

Bu kod yerine, sırasıyla 1, 0 veya -1 tam sayıları kullanılmaktadır (OpenCV 3.0.0 2014).

### *Görüntüyü Görüntüleme İşlemi*

Görüntüyü pencerede görüntülemek için 'cv2.imshow()' işlevini kullanılmaktadır. Pencere otomatik olarak görüntü boyutuna ayarlanacaktır.

İlk yazılan parametre string bir pencere adıdır. İkinci yazılan parametre resmin görüntü adıdır. Farklı pencere adları ile istenilen kadar pencere oluşmaktadır (OpenCV 3.0.0 2014).

### ***Görüntüyü Kaydetme İşlemi***

Bir görüntüyü kaydetmek için 'cv2.imwrite ()' kodu kullanılmaktadır.

İlk parametre dosya adı, ikinci parametre kaydetmek istediğiniz görüntü adı olmalıdır. Bu görüntü PNG formatında kaydedilmektedir (OpenCV 3.0.0 2014).

### ***Kameradan Video Çekme***

Genelde kamerayla canlı akışın yakalanması istenmektedir. OpenCV buna çok basit bir ara yüz sağlamaktadır. Bir video çekmek için, bir VideoCapture nesnesi oluşturulması gerekmektedir.

video=cv2.VideoCapture("... ") kodu kullanılmaktadır.

Argümanı, cihaz indeksi veya bir video dosyasının adı olabilir. Cihaz indeksi, sadece hangi kameranın kullanılacağını gösteren sayıdır. Bir kamera bağlanacak ise sadece 0 (veya -1) kullanılmaktadır. İkinci kamerayı 1 ve benzeri düğmelere basılarak seçilebilmektedir. Bu seçimden sonra, video için kare kare görüntüler yakalanmaktadır (OpenCV 3.0.0 2014).

### ***Görüntülere Metin Ekleme***

Görüntülere metin eklemek için, yazmak istenilen metin verileri, metnin yerleştirilmek istenen yere konumu, koordinatları (örneğin, verilerin başladığı sol alt köşe), yazı tipi türü, yazını boyutu, renk, kalınlık, çizgi türü vb. gibi özellikler belirtilmelidir (OpenCV 3.0.0 2014).OpenCV' de Temel İşlemler

### ***Görüntü Renk Alanlarını Değiştirme***

Görüntü RGB renginden Gri renge, RGB renginden HSV rengine gibi bir renk uzayından diğerine dönüştürülmektedir. OpenCV birçok renk uzayı dönüştürme

yöntemi desteklemektedir. Bunların arasından RGB renginden Gri renge ve RGB renginden HSV renge dönüştürme yaygın olarak kullanılmaktadır.

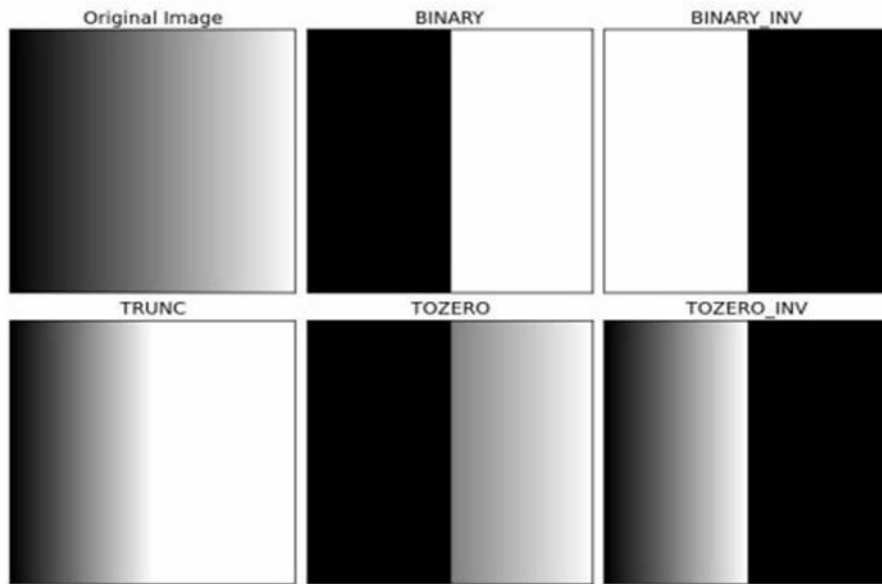
Görüntüyü bir renk uzayından diğerine dönüştürmek için 'cvtColor' kodu kullanılmaktadır (tam kod: 'cv2.cvtColor (input\_image, dönüşüm tipi) '). 'cvtColor' metodu parametre olarak iki adet mat nesnesi ve dönüşüm yapılacak olan renk uzayını almaktadır.

BGR den Gri renk dönüşümü için 'cv2.COLOR\_BGR2GRAY' dönüşümü,

BGR den HSV için 'cv2.COLOR\_BGR2HSV' dönüşümü kullanılmaktadır.

### ***Görüntü Eşikleme(Threshold)***

Eğer piksel değeri bir eşik değerden büyükse, bir değere (beyaz olabilir), küçükse başka bir değere (siyah olabilir) atanmaktadır. Kullanılan bu işleve 'cv2.threshold' denilmektedir. Şekil 3.8'de görüldüğü gibi ilk görüntü gri tonlamalı orijinal bir resimdir. Farklı eşikleme işlemi uygulanmış görüntüler aşağıda Şekil 3.8'de gösterilmektedir.



**Şekil 3.8:** Farklı tip threshold görüntüleri a) Orijinal görüntü b) cv2.THRESH\_BINARY uygulanmış görüntü c) cv2.THRESH\_BINARY\_INV uygulanmış görüntü d) cv2.THRESH\_TRUNC uygulanmış görüntü e) cv2.THRESH\_TOZERO uygulanmış görüntü f) cv2.THRESH\_TOZERO\_INV uygulanmış görüntü (OpenCV 3.0.0 2014).



### ***OpenCV Arka Plan Temizleme ( absdiff )***

OpenCV de arka plan temizleme işlemini absdiff metodu yapmaktadır. Absdiff metodu verilen iki matris arasında çıkarma işlemi yapar, bu çıkarma işlemi sonucunda değişen kısımlar yani hareketli kısımlar gösterilmektedir. Çıkarma işlemi sonucu mutlak değer olarak döndürmektedir. Çıkarma sonucu oluşan yeni matrise thresholding uygulayarak görünürlüğünü arttırabilir, tamamen beyaz yapılarak kaç adet değişiklik olmuş sayılabilir ya da ekstra morfolojik filtreler ile daha uygun işleme haline getirilmektedir (Pişkin 2015).

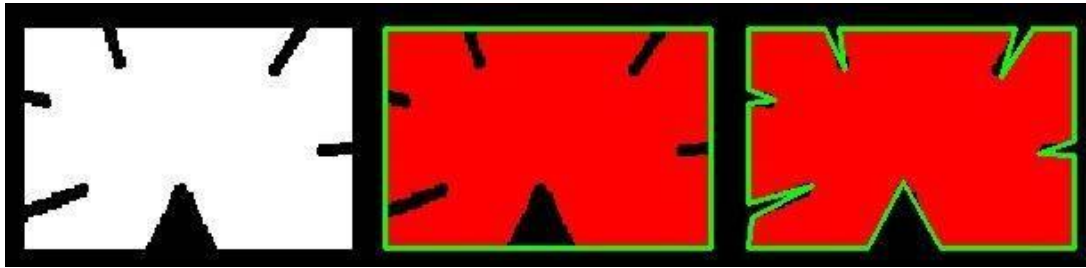
### ***Görüntüyü Konturlama***

Görüntüyü konturlamak, görüntü alanları, nesnenin kütle merkezi, nesnenin alanı vb. gibi bazı özellikleri hesaplanmasına yardımcı olur.

Kontur alanı 'cv2.contourArea ()' işlevi ile bulunmaktadır.

Kontur Çevresi 'cv2.arcLength ()' işlevi kullanılarak bulunmaktadır.

Aşağıda Şekil 3.9'da görüldüğü gibi kontur şekli, belirlediğimiz hassasiyete bağlı olarak daha az köşeli bir başka şekle yaklaşmaktadır.



**Şekil 3.9:** Değişen hassasiyete bağlı kontur çizim örnekleri (OpenCV 3.0.0 2014).

### ***OpenCV Filtreler***

Filtreler görüntünün daha yumuşak geçişli olmasını sağlamaktadırlar. Gerçek görüntüde oluşan gürültülerden kaynaklanan fazla görüntülerin kirliliklerin giderilmesi için daha çok eşikleme işleminden önce kullanılmaktadırlar. Böylece görüntünün sayısal işleme için verimli hale getirilmesi sağlanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan filtreler aşağıda verilmiştir.

*Blur filtresi*, görüntüyü bulanıklaştırmak için kullanılır. Uygulamak için ise 'blur()' metodu kullanılır.

*Gaussian Blur filtresi*, görüntü üzerinde düzleştirme işlemi uygular. Uygulamak için 'GaussianBlur()' metodu kullanılmaktadır.

*Laplace filtre* görüntü üzerinde nesnelerin sınır çizgilerini belirlemek için kullanılmaktadır. Piksellerin renk farklılıklarından yararlanarak nesnelerin sınır çizgilerini tespit etmektedir. Uygulamak için 'Laplacian()' metodu kullanılır.

*Sobel filtre* görüntü üzerindeki nesnelere kenarları belirleyerek ayrıştırmak istendiğinde bu filtreden yararlanılmaktadır. Uygulamak için '**Sobel()**' metodu kullanılır (Pişkin 2016).

Bu filtrelerin dışında kullanılan filtrelerde mevcuttur. Bu tezde görüntüyü düzleştirmek için 'GaussianBlur()' metodu kullanılmıştır. Yine bu çalışmada OpenCV dışında Python kod sayfasında kullanılan diğer modül ve kütüphaneler aşağıda yer almaktadır.

#### 3.5.3.4 Bazı Diğer Modül ve Kütüphaneler

*Datetime modülü*, zaman, saat ve tarihlerle ilgili işlemler yapabilmesi için çeşitli fonksiyon ve nitelikler sunan standart bir kütüphanedir.

*Sys ve Os modülü*, Python'da farklı işlemler yapılmasını sağlamaktadır. İçerisindeki fonksiyonlar ile bazı işlemlerin kolaylıkla yapılmasını sağlamaktadırlar.

*Glob modülü*, istenilen yerde adı verilen herhangi bir dosyayı bulmak için arama yapmaktadır.

*Matplotlib*, kullanıcı ara yüzünde grafik oluşturmak için kullanılmaktadır.

*PIL (Python Imaging Librar)*, görüntü işlemlerini kolay ve hızlı yapılmasını sağlamaktadır.

*Numpy*, Python'da bilimsel bilgi işlem için temel kütüphanedir. Yüksek performanslı, çok boyutlu bir dizi nesnesi ve bu dizilerle çalışmak için araçlar sunmaktadır.

## 4. MATERYAL METHOD

Kişilerin her geçen gün rahatlık ve konfor hislerine önem vermesi hem özel hem de iş hayatlarında giysi seçimlerini etkilemiştir. Bu konfor beklentisi içinde önemli bir yer alan termal özellikler içinde yer alan sıvı transfer özellikleri önemli bir yer tutmaktadır. Giyim konforunda aranan bir özellik olan hidrofilitik özellikleri aynı zamanda farklı kullanım alanlarına sahip tekstil malzemeleri için de önemli bir yer tutmaktadır. İşte bu tür konfor parametrelerinin sağlanması amacı ile üretilen kumaşların nem tayini ölçümlerinin yapılabilmesi ve ölçümlere göre fikir sahibi olarak gelişmelere katkıda bulunabilmesi için kumaşların nem transferi ölçümleri yapılmaktadır. Bunun için farklı test yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada farklı dokulara sahip kumaşlarda yatay emme test ölçümleri incelenmiştir. Mevcut yöntemlerin yüksek maliyetli olması, sadece yazılımının bulunduğu bilgisayarlarda çalışabilmesi gibi dezavantajları vardır. Bunun yerine ilerleyen günümüz teknolojileri göz önüne alındığında daha kolay ulaşılabileceğimiz, herhangi bir ödeme yapılmayan güncelleme ve telif ücretleri olmayan ve her bilgisayarda çalışabilen, kullanıcının isteğine bağlı olarak geliştirilebilen, şekillendirilebilen sayısal görüntü işleme prensibine dayanan yeni bir yatay emme test yöntemi tasarlanmıştır. Yöntemin etkinliğini ölçmek için ise SDL Atlas MMT test cihazı ile ölçülmüş olan farklı dokuma tekniğine sahip kumaşların ölçümleri gerçekleştirilmiş ve iki yöntem arasında oluşan korelasyon analizi yapılmıştır.

### 4.1 Materyal

Bu çalışmada %100 pamuk liflerinden elde edilmiş iplikler kullanılmıştır. Atkı ve çözgü yönünde kullanılan iplikler ile temel örgü olarak bilinen 3 farklı örgü yapılı kumaşlar tercih edilmiştir. Test edilen dokuma kumaşlar bezayağı, saten ve dimi örgülerdir.

Test ölçümü için kullanılan dokuma kumaşların özellikleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Dokuma kumaş çeşitleri ve özellikleri

Örgü Tipi	Hammadde	İplik Numarası (Ne)	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Çözümlü Sıklığı (tel/cm)	Kumaş gramajı (gr/m <sup>2</sup> )
Bezayağı	% 100 Pamuk	Ne 30/1	30	35	120
Saten	% 100 Pamuk	Ne 50/1	24	30	125
Dimi	% 100 Pamuk	Ne 15/1	20	40	255

## 4.2 Ölçüm Yöntemleri

### 4.2.1. MMT Test Cihazı ve Test Ölçüm Metodu

Bu çalışma sırasında Pamukkale Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında bulunan SDL Atlas Moisture Management Tester (MMT) Nem İletimi Ölçüm Cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.1 ).

Nem Yönetimi Test Cihazı (MMT), örme ve dokuma kumaşlar gibi tekstil ürünlerinin dinamik sıvı transfer özelliklerini üç boyutlu olarak ölçmektedir. Cihaz içinde bulunan alt ve üst dairesel sensörler arasına kumaş yerleştirilmekte ve önceden belirlenmiş miktarda iletken test çözeltisi aktarılmaktadır. Kumaşların göstermiş olduğu elektrik direncine göre öncelikli olarak kumaşın iç ve dış yüzeylerinin nem emme süresi belirlenmekte daha sonra kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine sıvı nem transferini ölçülerek değerlendirilmekte ve son olarak ise kumaşın iç ve dış yüzeylerinde sıvının yayılma hızı hesaplanmaktadır.

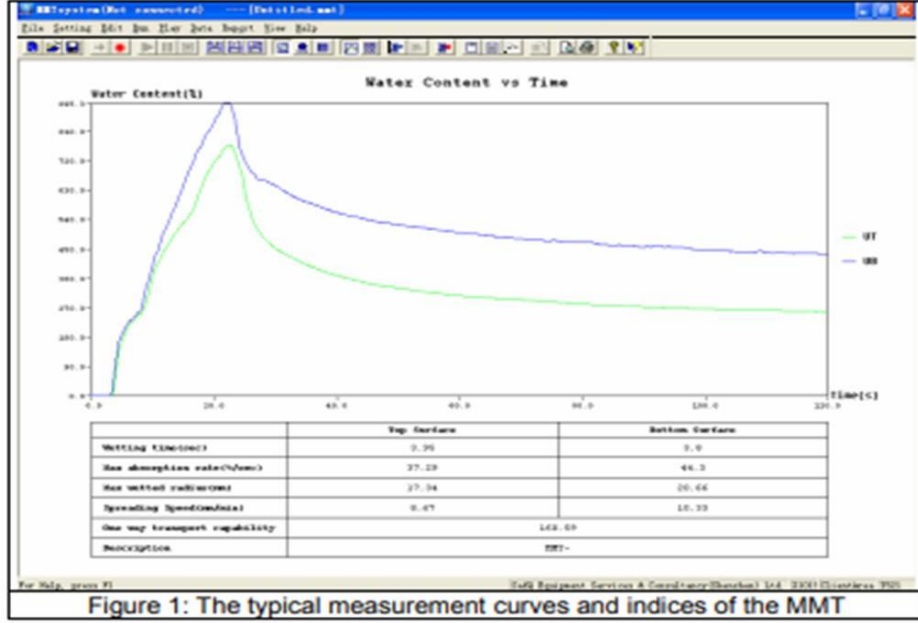
Teste başlamadan önce test edilecek numuneler 8x8 cm kareler şeklinde kesilerek her kumaş tipi için 5 örnek hazırlanmıştır. Numuneler 5 dakika süresince ultrasonik temizleyici banyo içerisinde distile su ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiş, buharlı ütü ile kırışıklıkları giderilmiştir. Ardından kondisyonlama için 24 saat süresince numuneler düz bir yüzeye yerleştirilmiş standart atmosfer şartlarında ASTM D1776 uygun olarak bekletilmiştir.(20 ± 2 ° C ve RH% 65 ±% 2 bağıl nem).

MMT SDL Atlas test cihazında test edilecek numunelerin ölçümünde suyun iletkenliğinden yararlanılmaktadır. Bu iletkenlik  $16 \text{ mS} \pm 0.2 \text{ mS}$  olacak şekilde saf su içerisine uygun miktarda laboratuvar tuzu eklenmiştir. Kalibrasyon ölçüm değerleri kondüktivite meter ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

Hazırlanan numune kumaşların nem tayini SDL atlas MMT test cihazı kullanılarak AATCC Test metodu 195-2009 standardına göre test edilmiştir. Bunun için MMT cihazında alt ve üst kısımda bulunan, eş merkezli daire profilli, elektrik direnç farklılıklarını ölçen ölçüm sensörleri arasına numune kumaşlar sırası ile yerleştirilerek kumaşa temas ettirilmiştir (bkz. Şekil 2.1). Daha sonra  $0.21 \text{ g} \pm 0.01 \text{ g}$  miktarında iletkenliği sağlanmış su kumaş üzerine damlatılarak sıvının kumaş üzerinde gerçekleştirdiği hareketi için ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Alınan ölçümlere göre UT-Üst sensörün verileri (cilt ile temas eden kısımdır)' dir. UB-Alt sensörün verileri (atmosfere maruz kalan kısımdır)' dir (MMT 2005).

Test süresi AATC 195-2009 test standardına göre 120 sn sürmektedir. Test solüsyonu, 2 dakikalık bu test süresinin ilk 20 saniyesin de çözelti makine içinde bulunan sistem ile kumaş yüzeyine damlatılmaktadır. Sıvının üst yüzeyinden dışa doğru yayılımı, üst yüzeyinden alt yüzeye aktarımı ve kumaşın alt yüzeyinden dışa doğru yayılımı ölçülerek sonuçlar bilgisayar ekranında bir grafik (Şekil 4.1) ve bir tablo (Tablo 4.1) ile görüntülenmektedir.



Şekil 4.1: MMT test sonuç örneği (MMT kullanım kılavuzu 2005).

Tablo 4.2: MMT test sonuç örneği

MMT	Wetting Time	Wetting Time	Top	Bottom	Top Max	Bottom Max	Top	Bottom	Accumulative
	Top (sec)	Bottom (sec)	Absorption Rate (%/sec)	Absorption Rate (%/sec)	Wetted Radius (mm)	Wetted Radius (mm)	Spreading Speed (mm/sec)	Spreading Speed (mm/sec)	One-way Transport Index (%)
F-1	70	14	3	120	10	10	0	1	824
F-2	55	14	9	131	10	15	0	1	1116
F-3	19	16	33	489	15	20	1	3	782
F-4	24	13	28	565	15	20	1	5	1102
F-5	20	13	29	355	15	20	1	5	978
Mean	37	14	21	332	13	17	0	3	960
S.Deviation	23	1	13	203	3	4	0	2	154
CV	1	0	1	1	0	0	1	1	0

### *Islatma Süresi–WTT (üst yüzey) ve WTB (alt yüzey)*

WTT ve WTB, testin başlamasından sonra sırasıyla kumaşın üst ve alt yüzeylerinin ıslanmaya başladığı, toplam su içeriğinin eğimi en üstte olduğu zaman, saniye cinsinden süre olarak tanımlanan zaman periyodudur (MMT 2005).

### *Emilim Oranı: TAR (üst yüzey) ve BAR (alt yüzey)*

TAR ve BAR, sırasıyla pompa süresinde kumaşın üst ve alt yüzeylerinin ortalama nem emme kabiliyetidir (MMT 2005).

### ***Maksimum Islak Yarıçap: MWR<sub>top</sub> ve MWR<sub>bottom</sub> [mm]***

Maksimum ıslanan yarıçaplar (MWR<sub>top</sub> ve MWR<sub>bottom</sub>), sırasıyla üst ve alt yüzeylerde maksimum ıslanan halka yarıçapıdır (MMT 2005).

### ***Yayılım Hızı: (TSS ve BSS) [mm / sn]***

Serpme Hızı, merkezden maksimum ıslak yarıçapa kadar biriken yayılım hızıdır (MMT 2005).

### ***Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi (AOTI)***

Kumaşın iki yüzünde oluşan üst ve alt maksimum ıslak çap alanlarının farkının, test süresine bölünmesiyle hesaplanır. R sayısı kumaşın iki yüzü arasındaki kümülatif nem miktarı farkıdır ve r değeri aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanır (MMT 2005).

$$R = (\text{Alan (Ualtyüzey)} - \text{Alan (Üstyüzey)}) / \text{Toplam test süresi}$$

### ***Genel Nem Yönetimi Kapasitesi (OMMC)***

Genel Nem Yönetimi Kapasitesi (OMMC), kumaşın, performansın üç yönünü içeren sıvı nemin taşınmasını yönetme kabiliyetini gösteren genel bir göstergedir:

- (1) Alt kısımdaki nem emme oranı (BAR)
- (2) Tek yönlü sıvı taşıma kabiliyeti (R)
- (3) Birikme yayılma hızı ile temsil edilen alt kısımdaki nem kurutma hızı (BSS)

Genel nem yönetimi kapasitesi (OMMC) tanımı aşağıda verilmiştir;

$$OMMC = C1 * BAR_{ndv} + C2 * R_{ndv} + C3 * BSS_{ndv}$$

C1, C2 ve C3 sabit katsayı değerleridir. C1 = 0.25, C2 = 0.5 ve C3 = 0.25 (MMT 2005). Ölçüm sonrası numunelerin nem iletim özelliklerinin değerlendirilmesi için Tablo 4.3 kullanılmaktadır.

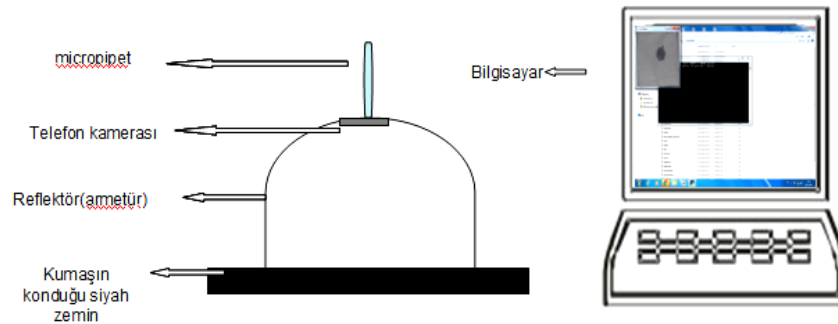
**Tablo 4.3:** MMT test sonuçlarını değerlendirme skalası (MMT 2005)

Derece		Skala				
İndeksler		1	2	3	4	5
Islanma Süresi (s)	Üst	≥120 Islanma Yok	20-119 Yavaş	5-19 Orta	3-5 Hızlı	<3 Çok Hızlı
	Alt	≥120 Islanma Yok	20-119 Yavaş	5-19 Orta	3-5 Hızlı	<3 Çok Hızlı
Emilim Oranı (%/s)	Üst	0-9 Çok Yavaş	10-29 Yavaş	30-49 Orta	50-100 Hızlı	>100 Çok Hızlı
	Alt	0-9 Çok Yavaş	10-29 Yavaş	30-49 Orta	50-100 Hızlı	>100 Çok Hızlı
Maksimum Islak Daire Yarıçapı (mm)	Üst	0-7 Islanma Yok	8-12 Küçük	13-17 Orta	18-22 Hızlı	>22 Çok Hızlı
	Alt	0-7 Islanma Yok	8-12 Küçük	13-17 Orta	18-22 Hızlı	>22 Çok Hızlı
Islanma Hızı (mm/s)	Üst	0-0,9 Çok Yavaş	1,0-1,9 Yavaş	2,0-2,9 Orta	3,0-4,0 Hızlı	>4,0 Çok Hızlı
	Alt	0-0,9 Çok Yavaş	1,0-1,9 Yavaş	2,0-2,9 Orta	3,0-4,0 Hızlı	>4,0 Çok Hızlı
Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi (%)-AOTI	Üst	<-50 Çok Kötü	-50-99 Kötü	100-199 İyi	200-400 Çok İyi	>400 Mükemmel
	Alt	0-0,19 Çok Kötü	0,2-0,39 Kötü	0,4-0,59 İyi	0,6-0,8 Çok İyi	>0,8 Mükemmel

#### 4.2.2. Sayısal Görüntü İşleme ve Ölçüm Metodu

Çalışma kapsamında kumaşların yatay emme davranışlarını incelemek için sayısal görüntü işleme prensibine dayanan bir test yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle kumaşlarda analiz edilen nem tayini ölçümünün daha kolay, daha az maliyetli ve daha ulaşılabilir olması hedeflenmiştir.

Kullanılan sayısal görüntü işleme kodları OpenCV kütüphanesi kaynak kod destekli Python programlama dilinde yazılmıştır. Örnek kod derlemesini EK-A dosyasında görebilirsiniz. Yazılımın doğru bir şekilde çalışabilmesi için Şekil 4.2 gibi basit bir düzenek hazırlanmıştır.



**Şekil 4.2:** Sayısal görüntü işleme yöntem test düzeneği



Görüntünün net alınabilmesi ve gürültülerin olabildiğince az olması için ışığı yansıtan reflektörler kullanılmıştır. Şekil 4-3’de görüldüğü gibi reflektörler ile aynı zamanda karanlık bir ortam oluşturularak gün ışığının farklılıklarından ve kırılmalarından ölçümlerin etkilenmemesi sağlanmıştır.



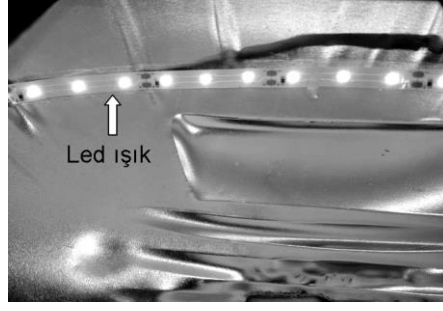
Şekil 4.3: Reflektörün ön ve arkadan görünümü

Reflektörün alt kısmı 7 cmx7 cm kare şekilde açık bırakılmıştır. Kumaş bu kısma yerleştirilerek bu boşluk alan içindeki kısımda ölçüm gerçekleştirilmektedir. Bunun için tepede yer alan delikten Şekil 4.4’de görülen mikro pipet ile belirli bir miktarda sıvı çözelti aktararak sıvının kumaş yüzeyinde ilerleyişi mobile telefon kamerası kullanarak anlık video çekimi ile izlenmektedir.



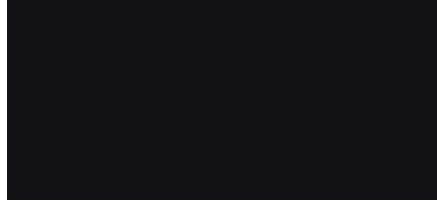
Şekil 4.4: Doz ayarlı micropipet

Ölçüm anında aydınlatma beyaz ışık veren ledler ile sağlanmıştır. Bu ledler reflektörün etrafına Şekil 4.5’de görüldüğü gibi döşenmiş ve ışığın yansıtılarak yumuşak bir şekilde kumaşın üzerine düşmesi sağlanmıştır. Böylece parlamaların ve gürültülerin en aza inmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4.5: Reflektör içine yerleştirilmiş beyaz led şerit

Kumaş reflektör altına yerleştirilirken kumaşın alt kısmında su emmeyen Şekil 4.6’da görülen siyah renkli bir zemin kullanılmıştır.



Şekil 4.6: Siyah zemin resmi

Zeminin sıvıyı emmemesi kumaş ile sıvı arasında ki etkileşim için önemlidir. Ayrıca özellikle beyaz kumaşlarda sıvı kumaş ile temas ettiği anda zemin rengi açık olursa görüntü anında çok fazla parlama oluşmakta bu da ölçümleri olumsuz etkilemektedir. Ancak siyah veya koyu renkli zemin seçimi ile özellikle beyaz kumaş örneklerinde kumaşın ıslanması ile ıslanan kısım zeminden de renk alacağı için ışığı bir miktar emerek ıslanan kısımların daha net algılamasını sağlamaktadır.

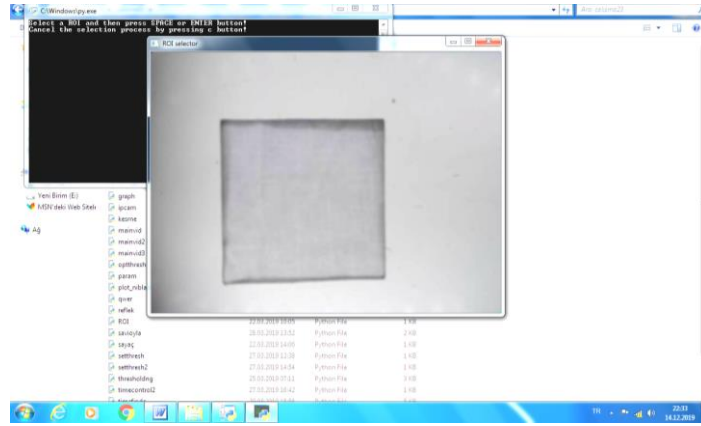
Test edilecek numuneler teste başlamadan önce 5 dakika boyunca temiz distile suyla yıkanarak buharlı ütü ile kırışıklıkları giderilmiştir. 24 saat boyunca numuneler düz bir yüzeye yerleştirilmiş standart atmosferde şartlarında bekletilmiştir. ( $20 \pm 2$  ° C ve RH%65  $\pm$  %2 bağıl nem)

Ölçüm sırasında herhangi bir sıvı çözelti kumaş yüzeyine damlatılıp izlenebileceği gibi bu çalışma sırasında MMT Test cihazı ile sonuçların doğru karşılaştırılabilmesi için MMT cihazında kullanılan 16ms iletkenliğe sahip sıvı çözelti kullanılmıştır. Test ölçüm miktarı ise görüntü analiz yöntemi ile yapılan testlerde kullanıcının yorumuna göre değişebilmektedir. Yine bu çalışma sırasında MMT test sonuçları ile yapılacak doğru karşılaştırmalar için MMT cihazında

kullanılan miktar kadar sıvı ( 0,21 g +/- 0,01 g) kumaş üzerine damlatılarak sıvının kumaş üzerinde gerçekleşen hareketi için ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler sonunda sıvının kumaşın üst yüzeyinden dışa doğru hareketi ile yayılım süresinin, alanının ve hızının değerlerine ulaşıldığı gibi videodan alınan frame dosyaları ile sıvının hareket yönü de tayin edilebilmektedir.

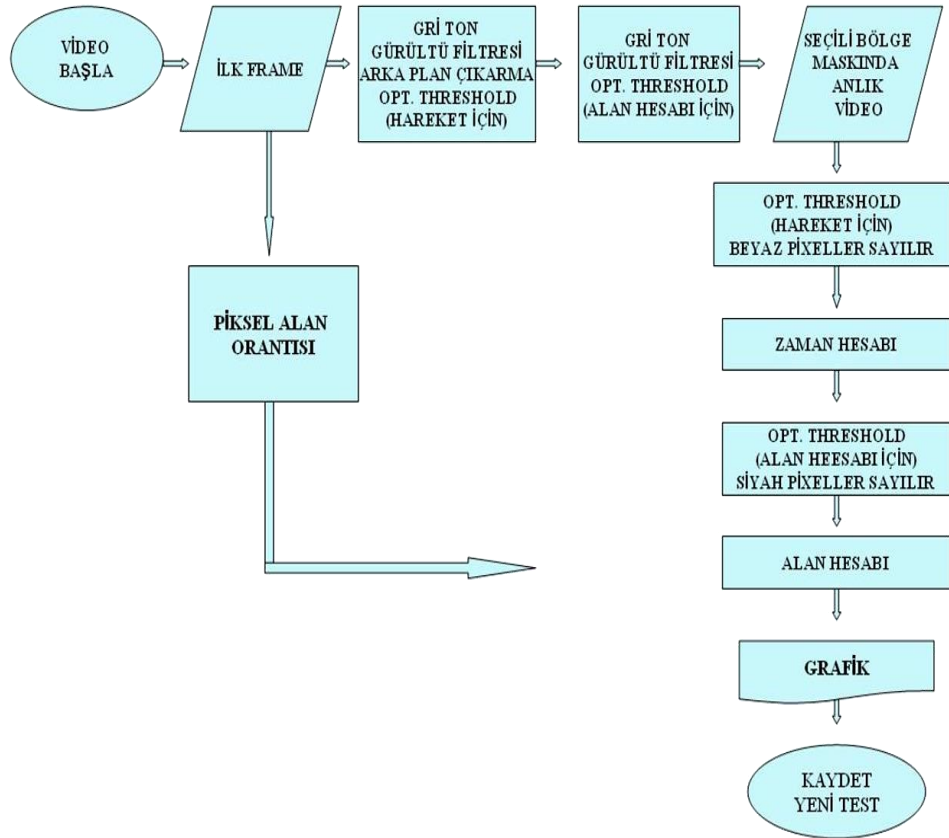
Sayısal Görüntü Analiz yöntemi ile ölçüm yapılabilmesi için öncelikle siyah zemin üzerine kumaş yerleştirilir. Üzerine led ışıklı reflöktek yerleştirilir. Reflektörün üzerine ise mobile telefon kamerası ve miktarı ayarlanmış pipet Şekil 4.2’de görüldüğü gibi yerleştirilir. Mobile telefonun kamerası IPWebcam bağlantısı ile programa bağlanır ve program çalıştırılır. Öncelikle ekranda 7x7 cm<sup>2</sup>’lik alanın içinde kumaş görüntüsü Şekil 4.7’deki gibi görünür.



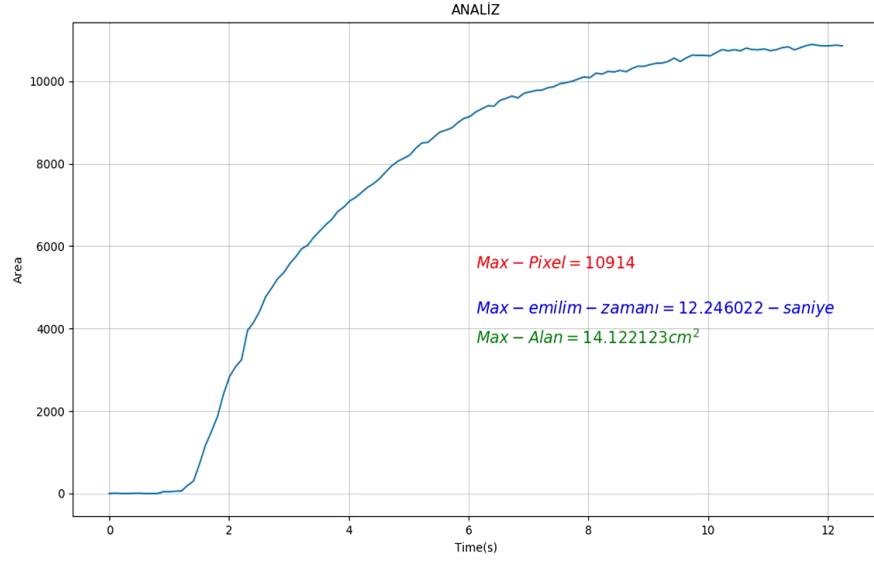
Şekil 4.7: Seçilmiş alanın ekran görüntüsü

Arka planda çalışan kodlar (bkz.Ek-B) ile şekil 4.8’de görülen algoritma şemasına uygun bir biçimde çalışma gerçekleştirilerek hesaplamalar yapılır. Buna göre alınan ilk frame (resim) ile hareket dedektörü ve grafik çizdirmek için ayrı ayrı optimum eşikleme (threshold) değeri bulunur. Ölçüm yapılacak alan manuel olarak seçilir. Seçilen alan 7x7cm<sup>2</sup>’ye en yakın alan olmalıdır. Çünkü 49 cm<sup>2</sup>’lik alan piksel olarak hesaplanıp siyah piksel sayısı ile yani sıvının yayıldığı alan ile orantılanarak alan hesabı yapılacaktır. Seçilen bölgede anlık videoya, ölçümlerin doğru bir şekilde alınabilmesi için, öncelikle renkli görüntü gri skala değerine dönüştürülmekte ve gürültüleri uzaklaştırmak için Gaussian Blur filtresi ile görüntü düzeltilmektedir. Hareket dedektörü için arka plan çıkarma (Absdiff) ve optimum eşikleme uygulanarak resimler birbirinden çıkarılıp beyaz piksel sayıları sıvı damladığı anda

bir dizin oluşturmaktadırlar. Beyaz piksellerin sayısı azalmaya başladığı anda damlatılan sıvı hareket ediyor demektir. Bu sırada gri filtre uygulanan seçili bölge maskına grafik çizdirmek için optimum eşikleme uygulanarak sıvının damlayıp yayılması ile oluşan siyah pikseller saydırılır ve bir klasörde siyah piksellerin frameleri dosyalanır. Aynı zamanda sürede başlatılır. Beyaz piksel sayısı aynı değerleri vermeye başladığında ise sıvının hareketinin bittiği anlaşılmakta, frame alma ve süre durmaktadır. İlk ve son saniyeler birbirinden çıkarıldığında sıvının kumaş üzerinde ki yayılma süresi hesaplanmaktadır. Siyah piksel sayısının en büyük değeri olan son frame ile 49 cm<sup>2</sup>'lik seçili bölgenin piksel sayısı orantılanarak alan hesaplanmaktadır. Piksel sayıları ve süreye bağlı olarak da grafik Şekil 4.9' da görüldüğü gibi ekrana çizdirilmektedir. Bu grafiği istenilen yere kaydedilebilir veya yeni teste başlanabilir.

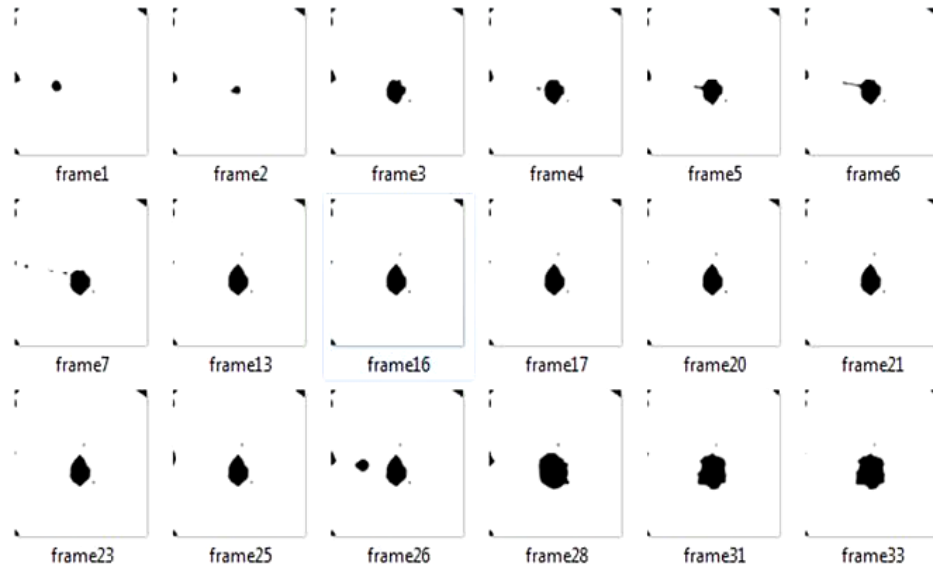


Şekil 4.8: Sayısal görüntü analizi algoritma şeması



Şekil 4.9: Sayısal görüntü analiz sonuç grafiği örneği

Ayrıca siyah piksellerin büyüme oranı kadar alınan frame dosyaları da Şekil 4.10'daki gibi çalışma klasörüne kaydedilmekte ve sıvının hangi yönde nasıl yayıldığı net bir şekilde izlenip değerlendirilmeler yapılabilmektedir.



Şekil 4.10: Sayısal görüntü analiz sonucu frame resimleri

## 5. BULGULAR

### 5.1 MMT Test Cihazı Ölçüm Sonuçları

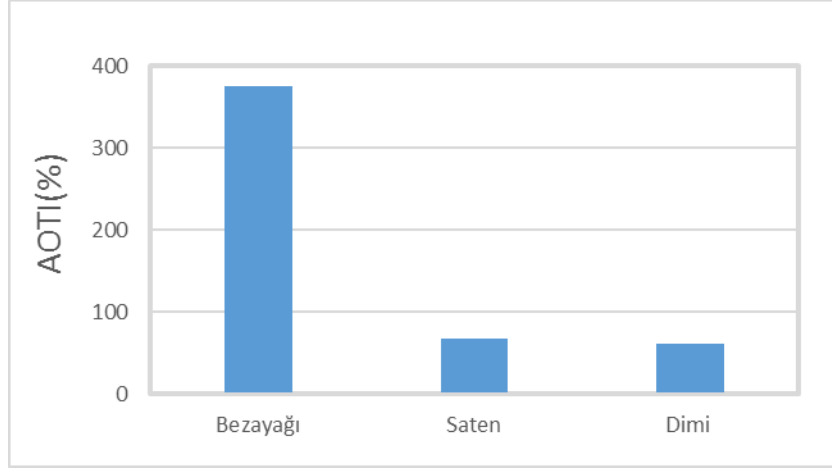
Üç farklı kumaş tipi için beşer adet örnek alınıp MMT SDL ATLAS test cihazında ölçülmüş ve Tablo 5.1'deki değerlere ulaşılmıştır.

**Tablo 5.1:** MMT test cihazı ölçüm sonuçları

MMT	Üst Yüzey (Top Max)			Üst Yüzey (Top Max)			Üst Yüzey (Top Max)			Üst Yüzey (Top Max)		
	Islanma Süresi (s)			Maks. Islanma Alanı (cm <sup>2</sup> )			Maks. Islanma Yarıçapı (mm)			Bağlı Islanma Hızı (mm/s)		
	[Wetting Time(sec)]			[Wetted Area(cm <sup>2</sup> )]			[Wetted Radius(mm)]			[Spreading Speed (mm/sec)]		
	Bezayağı	Saten	Dimi	Bezayağı	Saten	Dimi	Bezayağı	Saten	Dimi	Bezayağı	Saten	Dimi
F-1	5,88	7,72	7,64	0,79	30,18	21,23	5,00	31,00	26,00	0,83	4,89	4,09
F-2	2,06	7,40	6,29	3,14	28,26	19,63	10,00	30,00	25,00	2,33	5,11	4,42
F-3	1,87	7,00	6,87	19,63	28,26	19,63	25,00	30,00	25,00	3,15	5,29	5,15
F-4	2,28	6,60	7,39	7,07	28,26	19,63	15,00	30,00	25,00	2,17	5,56	4,25
F-5	1,64	7,32	6,60	7,07	28,26	19,63	15,00	30,00	25,00	2,92	4,75	4,55
ort	2,75	7,21	6,96	6,15	28,64	19,94	14,00	30,20	25,20	2,28	5,12	4,49

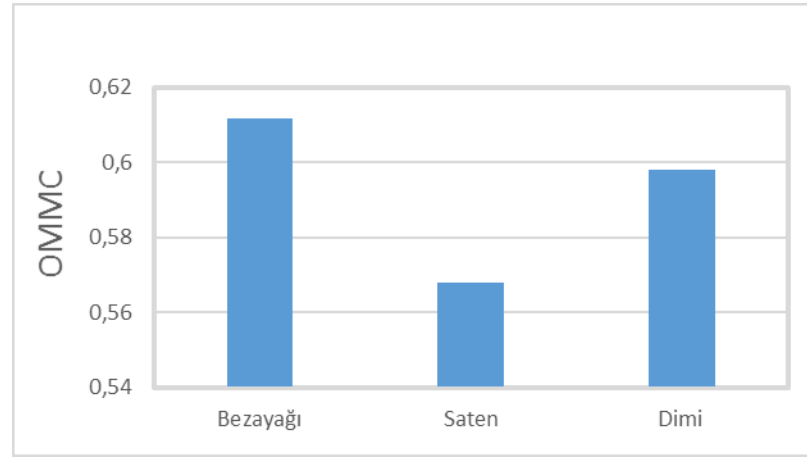
Tablo 5-1'deki değerler dikkate alınarak oluşturulan Şekil 5.1 sütun grafiğine göre bez ayağı, saten ve dimi kumaşların ortalama üst yüzey (cilt ile temas eden kısım) ıslanma süresi, maksimum ıslanma alanı, maksimum ıslanma yarıçapı ve bu değerlere bağlı ıslanma hızı değerleri incelenmiştir.

Ayrıca Şekil 5.1 bezayağı, saten ve dimi kumaşların AOTİ( kümülatif tek yönlü taşıma indeksi) değerlerini göstermektedir. MMT cihazı ile ölçülen bu değer kumaşın iki yüzü arasında bulunan nem miktarı farkını ifade eden bir değerdir. Kümülatif tek yönlü taşıma indeks değeri en yüksek olan kumaş tipi bez ayağı kumaştır. Elde edilen bu değer MMT değerlendirme skalasına göre (bkz. Tablo 4.3) çok iyi değer aralığındadır. Saten ve dimi kumaş tipleri ise kötü değerler aralığındadır. Saten ve dimi kumaş tiplerinde sıvı daha geniş alana yayılırken bu kumaşların daha düşük AOTİ değerleri göstermesi dikkat çekicidir. Bu kumaşların sıvıyı yatay yönde yayarken bünyesinde tutup diğer yüzeye geçişte yavaş kaldıkları söylenebilir.



**Şekil 5.1:** Örnek kumaşlarının kümülatif tek yönlü taşıma indeksleri (AOTI değerleri-%)

MMT test cihazının ölçüm değerlendirmesinde önemli bir yeri olan ölçüm değerlendirmelerinden biri OMMC(Genel Nem Yönetim Performansı) değerleridir. Bu çalışmada kullanılan üç farklı kumaş tipi için OMMC değerleri Şekil 5.2’de verilmiştir. Bu şekle göre bezayağı kumaş en yüksek OMMC değerini almıştır. MMT değerlendirme skalasına göre (bkz. Tablo 4.3) bezayağı kumaş çok iyi saten ve dimi kumaş tipleri iyi değerler aralığındadır.



**Şekil 5.2:** Örnek kumaşlarının genel nem yönetim değerleri (OMMC)

## 5.2 Sayısal Görüntü Analiz Yöntem Sonuçları

Üç farklı kumaş tipi için phyton programlama dili ve Open Cv kütüphanesi kullanarak her kumaş tipinden beşer adet olmak üzere ölçümler görüntü analiz yöntemi ile incelenmiştir. Bu ölçümlere göre aşağıdaki Tablo 5-2 deki değerlere ulaşılmıştır.

Tablo 5.2'deki değerler dikkate alınarak bez ayağı, saten ve dimi kumaşların ortalama üst yüzey(cilt ile temas eden kısım) ıslanma süresi, max ıslanma alanı, max ıslanan yarıçapı ve bu değerlere bağlı ıslanma hızı değerleri incelenmiştir.

**Tablo 5.2:** Sayısal görüntü analiz yöntem sonuçları

SAYISAL GÖRÜNTÜ ANALİZİ	Üst Yüzey (Top Max)			Üst Yüzey (Top Max)			Üst Yüzey (Top Max)			Üst Yüzey (Top Max)		
	Islanma Süresi (s)			Maks. Islanma Alanı (cm2)			Maks. Islanma Yarıçapı (mm)			Bağlı Islanma Hızı (mm/s)		
	[Wetting Time(sec)]			[Wetted Area(cm2)]			[Wetted Radius(mm)]			[Spreading Speed (mm/sec)]		
	Bezayağı	Saten	Dimi	Bezayağı	Saten	Dimi	Bezayağı	Saten	Dimi	Bezayağı	Saten	Dimi
M-1	2,63	11,62	4,35	2,17	36,97	22,72	8,31	34,31	26,90	3,16	2,95	6,18
M-2	4,36	10,60	10,36	3,01	41,49	28,20	9,79	36,35	29,97	2,25	3,43	2,89
M-3	3,94	11,49	10,97	5,93	37,59	30,50	13,74	34,60	31,17	3,49	3,01	2,84
M-4	4,33	11,00	7,85	3,77	38,64	28,88	10,96	35,08	30,33	2,53	3,19	3,86
M-5	4,29	9,01	9,26	3,46	40,62	26,57	10,50	35,97	29,09	2,45	3,99	3,14
ort	3,91	10,74	8,56	3,67	39,06	27,37	10,81	35,27	29,53	2,76	3,28	3,45

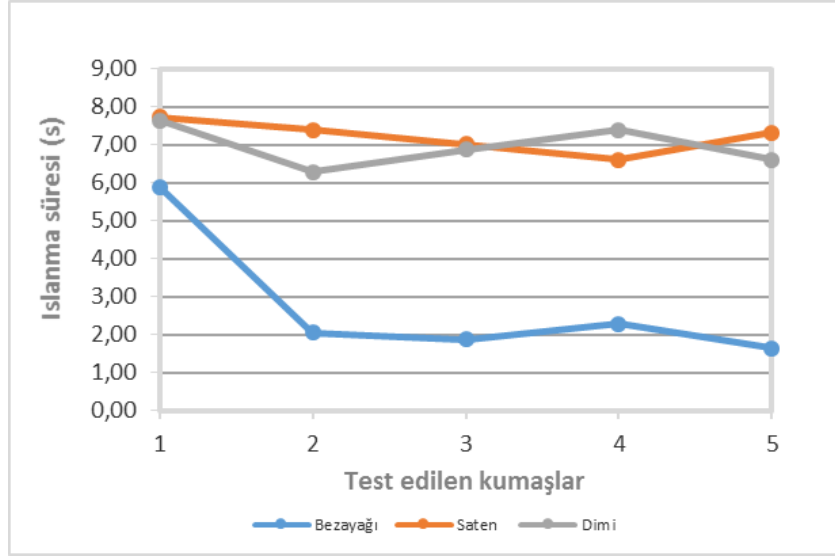
Tablo 5.1 ve Tablo 5.2 incelendiğinde MMT test ölçüm sonuçları ve Sayısal görüntü analiz metodu sonuçlarına göre bez ayağı, saten ve dimi kumaşların ıslanma süreleri, ıslanmış maksimum çapları ve buna bağlı olarak ıslanmış alan değerleri ve ıslanma hızları benzerlik göstermektedir. Bu durum ayrı ayrı incelenmiştir.

### 5.3 Islanma Süresi

Sıvının kumaş yüzeyinde ıslanma süresi; sıvının kumaş ile temasının başladığı andan itibaren sıvının yayılması gerçekteşene kadar geçen süre olarak hesaplanmaktadır.

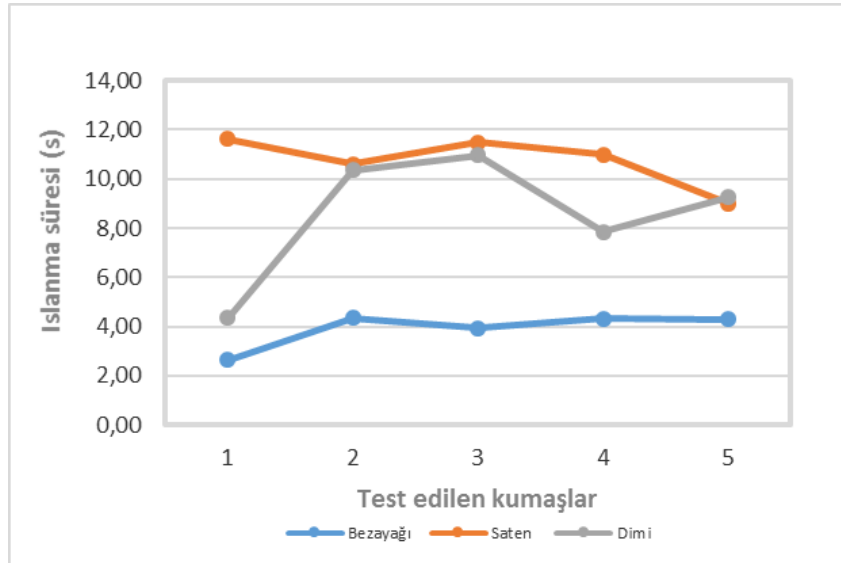
MMT ölçüm cihazında ölçülen süreler Şekil 5.3'te verilmiştir. Buna göre bez ayağı, saten ve dimi kumaşların ıslanma süreleri farklılıklar göstermektedir. En uzun süre ıslanan kumaş bez ayağı iken saten ve dimi kumaşların üst yüzey ıslanma süresi daha kısa ve birbirine daha yakın ölçülmüştür.





Şekil 5.3: MMT test cihazı ile ölçülen numunelerin ıslanma süreleri

MMT ölçüm tablosuna göre bakıldığında bez ayağı kumaş hızlı saten ve dimi kumaş orta sürelerde sıvıyı emerek bir alan oluşturmuşlardır. Burada bez ayağı kumaşın sıvı emme süresinde gerçekleşen ölçüm sapmaları MMT cihazının kullanım dezavantajından kaynaklandığını söylemek mümkündür. Bez ayağı kumaş gözenekli ve ince yapısından dolayı üzerine verilen sıvıyı alt yüzeye hızla geçirmektedir. MMT cihazında ard arda yapılacak ölçümler sırasında alt sensörlerin ıslak kalması ölçümün yanlış sonuç vermesine sebebiyet vermektedir.



Şekil 5.4: Sayısal görüntü analiz yöntemi ile ölçülen numunelerin ıslanma süreleri

Şekil 5.4'e bakıldığında görüntü analiz yöntemi ile elde edilen değerler MMT test yöntemi ile benzerlik göstermiş olup en kısa süre ıslanan kumaş yine bezayağı kumaş iken saten ve dimi kumaş tiplerinin ıslanma süreleri birbirine yakın ölçülmüştür.

Bezayağı kumaşın ince ve gözenekli yapısı sıvının gözeneklerden geçerek hızla alt yüzeye ulaşmasını sağlamıştır. Dimi kumaşın daha kalın yapıda olması saten kumaşın ise daha pürüzsüz düzgün yapıda olması sıvıyı daha uzun süre yayılmasına olanak sunmuştur.

Tablo 5.3'de görülen varyans analizi sonuçlarına göre P-değerinin örnek satırında 0.05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı çıktığını göstermektedir. Yani MMT test cihazı ölçüm sonuçları ile sayısal görüntü işleme yöntem sonuçları arasında sıvının yayılma süreleri için bir fark oluşmuştur.

**Tablo 5.3:** Islanma sürelerinin varyans analiz sonucu

ANOVA						
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Örnek	33,0717724	1	33,07177238	16,24982	0,00049	4,259677273
Sütunlar	176,699263	2	88,3496316	43,41062	0,00000	3,402826105
Etkileşim	7,9709591	2	3,985479551	1,958266	0,16300	3,402826105
İçinde	48,8449911	24	2,035207964			
Toplam	266,586986	29				

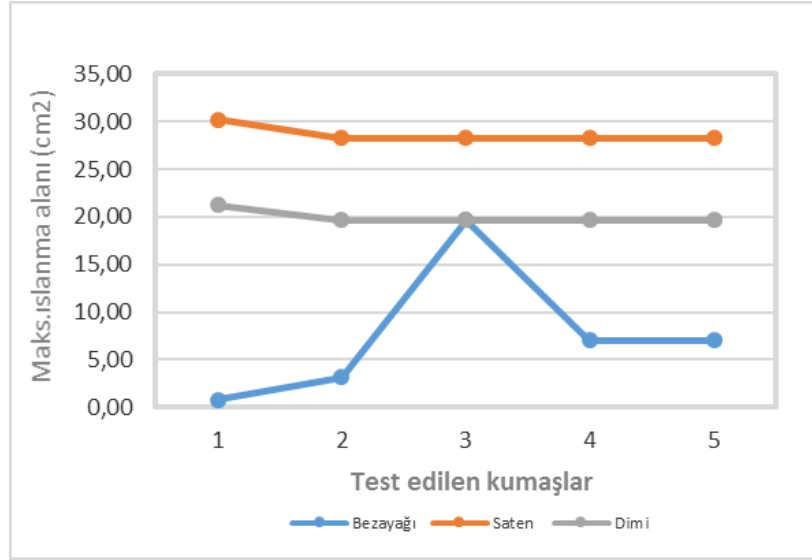
Üç farklı dokuma kumaş ile yapılan MMT test cihazı sonuçları ile yeni yöntem ölçüm sonuçları arasında bulunan ilişkiyi araştırmak amacıyla korelasyon değerleri hesaplanmış ve Tablo 5.4'de verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, MMT cihazı ile yeni test yöntem ölçümleri arasında aynı tip kumaşların ıslanma süreleri arasında iyi bir korelasyon olduğu görülmüştür.

**Tablo 5.4** Islanma sürelerinin korelasyon değerleri

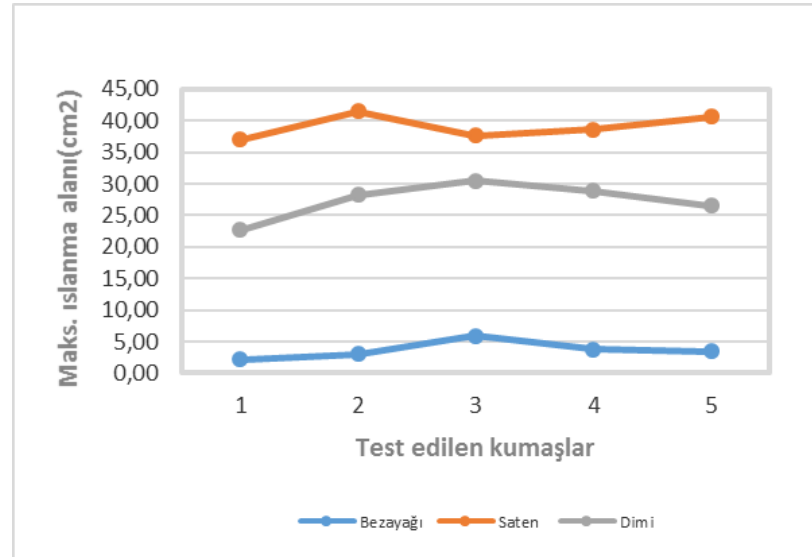
etting Time(sec)	bezayağı MMT	bezayağı S.G.A.	Wetting Time(sec)	satén MMT	satén S.G.A.	Wetting Time(sec)	dimi MMT	dimi S.G.A.
bezayağı MMT	1		satén MMT	1		dimi MMT	1	
bezayağı S.G.A.	0,450735	1	satén G.A.	0,952706	1	dimi G.A.	0,927361	1

#### 5.4 Maksimum Islanma Alanı

Şekil 5.5 MMT test cihazı ile sıvının kumaş üzerinde maksimum ıslanma alanı ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Buna göre üst yüzeyde en fazla ıslak alana sahip kumaşın saten tipi kumaş olduğu görülmektedir. Bu bize saten kumaşın üst yüzeyinde suyun emiliminin en geniş yüzeye sahip olduğunu göstermektedir. En küçük yayılma alanı ise bez ayağı kumaşta ölçülmüştür.



Şekil 5.5: MMT test cihazı ile ölçülen numunelerin maks. ıslanma alan grafiği



Şekil 5.6: Sayısal görüntü analizi test cihazı ile ölçülen numunelerin maks. ıslanma alan grafiği

Şekil 5.6' de görülen sayısal görüntü işleme yöntem ıslanma alanı ölçüm sonuçları MMT test cihazı ile benzerlik göstermiş ve üst yüzeyde en fazla ıslak alana

sahip kumaş saten tipi kumaş iken en küçük yayılma alanı bez ayağı kumaş olarak ölçülmüştür. Saten kumaşın daha az gözenekli ve pürüzsüz yapısı sıvının lifler üzerinde tutunarak daha geniş bir alana yayılmasını sağladığını söylemek mümkündür. Bez ayağı kumaşın gözenekli ve ince yapısı ise sıvıyı hızla alt yüzeye geçirmiştir ve daha kısa sürede daha az alana yayılabilmektedir.

Tablo 5.5’de verilen varyans analizi sonuçlarına göre ise P-değeri örnek satırında 0,05’den küçük olması istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Yani MMT test cihazı ve sayısal görüntü işleme yöntemi ile ölçülen alanlarda fark var demektir. P değeri sütun satırında 0,05’ten küçük olduğu için sonucumuz istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu nedenle, bez ayağı, saten ve dimi kumaşlar arasında ıslanma alanlarının farklı değerler aldığını söyleyebiliriz.

**Tablo 5.5:** Maks.ıslanma alanlarının varyans analiz sonucu

ANOVA						
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Örnek	162,8169787	1	162,8169787	14,23973	0,00093	4,259677
Sütunlar	4093,271558	2	2046,635779	178,9957	0,00000	3,402826
Etkileşim	283,8349108	2	141,9174554	12,41189	0,00020	3,402826
İçinde	274,41586	24	11,43399417			
Toplam	4814,339307	29				

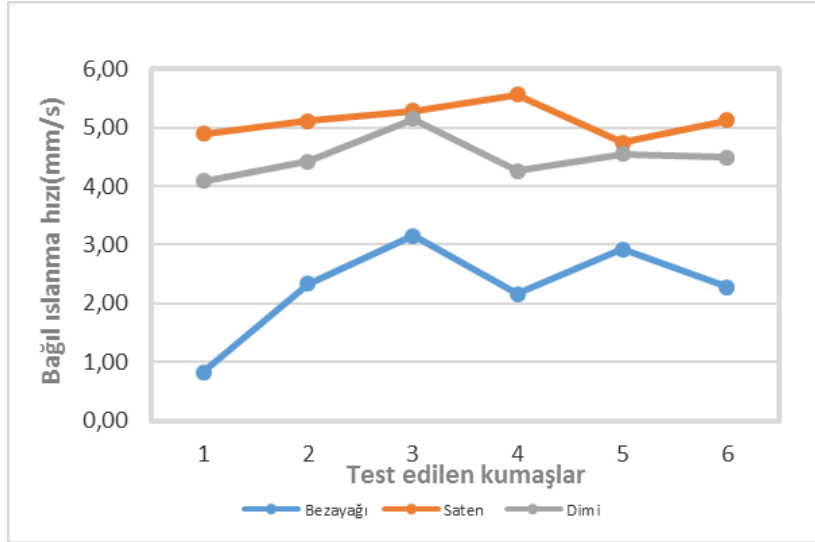
MMT test cihazı ile sayısal görüntü işleme yöntemi ile ölçülen ıslama alanlarının sonuçları arasında bulunan ilişkiyi araştırmak amacıyla korelasyon değerleri hesaplanmış ve Tablo 5.6’da verilmiştir. Bez ayağı ve saten ve dimi kumaş tiplerinin her iki yöntem ile yapılan sıvı yayılım alan ölçümleri arasında yüksek korelasyon olduğu görülmektedir.

**Tablo 5.6:** Maks. ıslanma alanlarının korelasyon değerleri

Wetted Area(cm)	bezayağı MMT	bezayağı S.G.A.	Wetted Area(cm)	saten MMT	saten S.G.A.	Wetted Area(cm)	dimi MMT	dimi S.G.A.
bezayağı MMT	1		saten MMT	1		dimi MMT	1	
bezayağı S.G.A.	0,8709248	1	saten G.A.	0,6036262	1	dimi G.A.	0,5907211	1

## 5.5 Bağıl İslanma Hızı

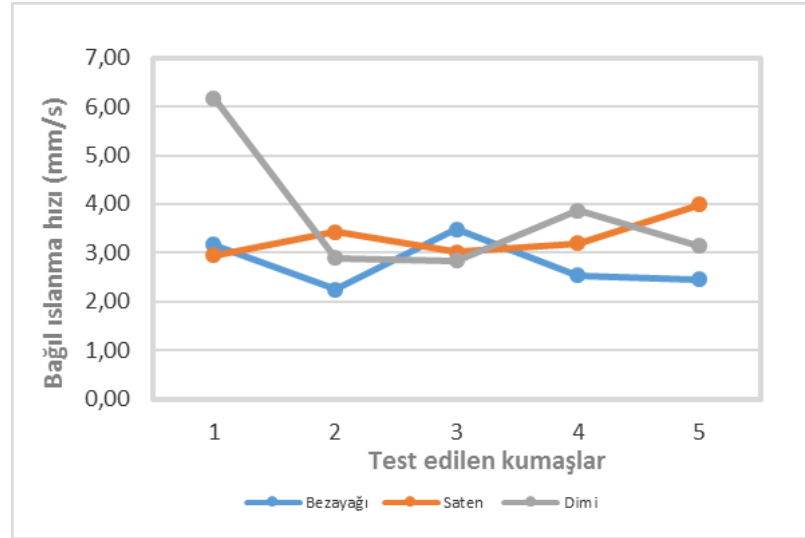
İslanma hızı; MMT test cihazı için merkezden maksimum ıslanma halkasına ulaştığı süre ile hesaplanmaktadır. Sayısal görüntü analiz yöntemi için ise; sıvının yayıldığı alan dairesel olarak düşünülmüş ve bu alan değerinden çap değeri bulunarak yayıldığı süre ile hız değeri hesaplanmıştır.



Şekil 5.7: MMT test cihazı ile ölçülen numunelerin bağıl ıslanma hız grafiği

Bağıl ıslanma hızı için MMT test ölçüm yöntemi sonuçları Şekil 5.7’de verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde bez ayağı kumaşın üzerinde sıvının diğer kumaş tiplerine göre daha hızlı ilerlediği görülmektedir. Sıvıyı diğer kumaş tiplerine göre daha yavaş emen kumaş ise saten tipi kumaştır. Dimi kumaş da saten kumaş tipine yakın bir hızda sıvıyı absorbe etmiştir.

Sayısal görüntü işleme yöntemi ile alınan sonuçlar (Şekil 5.8) MMT test cihazı ile benzerlik göstermektedir. MMT test cihazında olduğu gibi saten ve dimi kumaş tiplerinin bez ayağı kumaş tipine göre sıvıyı daha yavaş hızda absorbe ettiğini söyleyebiliriz. Bez ayağı kumaş ise daha hızlı bir emilim göstermiştir.



**Şekil 5.8:** Sayısal görüntü analizi kullanarak ölçülen kumaşların bağıl ıslanma hız grafiği

Burada kumaş örgü yapısının ıslanma hızına, alanına ve süresine etki ettiğini söyleyebiliriz. Saten kumaşın gözeneksiz düzgün yapısı sıvının alt yüzeye geçmeden üst yüzeyde kılcal kuvvetlerin etkisi ile daha geniş alana yayılmasını sağlamıştır. Bez ayağı kumaşın ince ve gözenekli olması sıvıyı hızla alt yüzeye geçirmiştir.

Tablo 5.7 varyans analizi sonuçlarına göre P-değeri örnek satırında 0.05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir. Yani MMT test cihazı ve sayısal görüntü işleme ile ölçülen hızlarda bir fark oluştuğunu söylemek mümkündür.

**Tablo 5.7:** Bağıl ıslanma hızlarının varyans analiz sonucu

ANOVA						
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Örnek	3,397828	1	3,397828	5,813544	0,02392	4,259677
Sütunlar	18,19186	2	9,095932	15,56277	0,00005	3,402826
Etkileşim	6,610783	2	3,305392	5,655389	0,00972	3,402826
İçinde	14,02722	24	0,584468			
Toplam	42,2277	29				

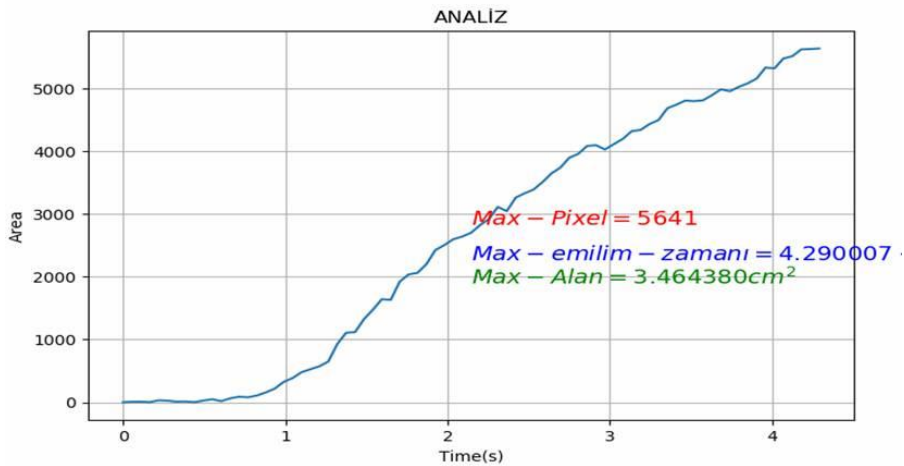
P değeri sütun satırında 0,05'ten küçük olduğu için sonucumuz istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu nedenle, bez ayağı, saten ve dimi kumaşlar arasında ıslanma hızlarının farklı değerler aldığını söyleyebiliriz.

Tablo 5.8 MMT test cihazı ile sayısal görüntü işleme yöntemi ile ölçülen bağıl ıslanma hızları sonuçları arasında bulunan ilişkiyi gösteren korelasyon değerlerini vermektedir. Her üç tip kumaş için ölçülen hız değerleri iki yöntem için değerlendirildiğinde her iki yöntemin benzer sonuçlar verdiği aralarında yüksek korelasyon olduğu görülmektedir.

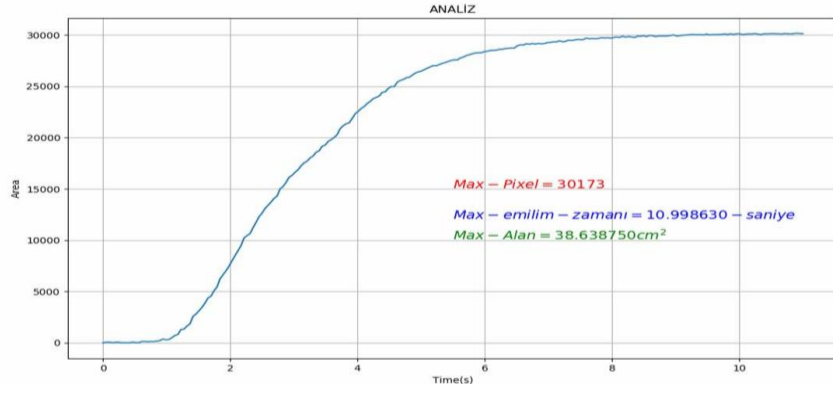
**Tablo 5.8:** Bağıl ıslanma hızlarının korelasyon değerleri

Spreading Speed (mm/sec)	bezayağı MMT	bezayağı S.G.A.	Spreading Speed (mm/sec)	saten MMT	saten S.G.A.	Spreading Speed (mm/sec)	dimi MMT	dimi S.G.A.
bezayağı MMT	1		saten MMT	1		dimi MMT	1	
bezayağı G.A.	0,8138178	1	saten G.A.	0,9651758	1	dimi G.A.	0,8907893	1

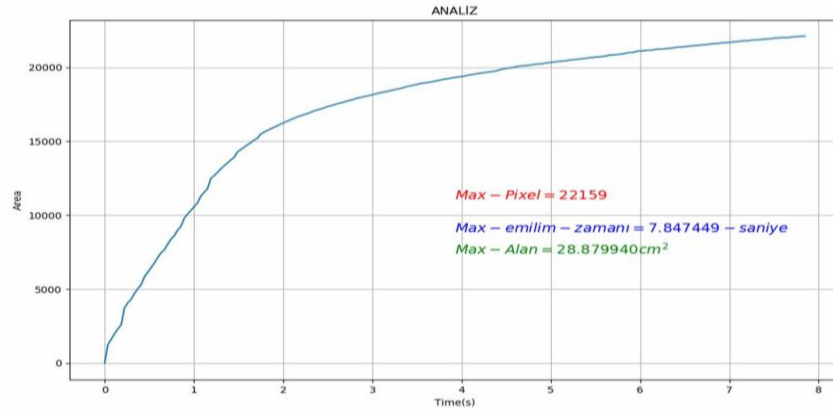
Tüm bu sonuçlardan ayrı olarak sayısal görüntü işleme yöntem sonuçların üzerinde her numunenin ölçüm sonuçları grafiği tek tek incelendiğinde bez ayağı kumaşların üst kısmında (ten ile temas eden kısmında) sıvı çözelti artan bir hızda yayılırken dimi ve saten kumaşların ise azalan bir hızda yayıldığı dikkat çekmektedir. Aşağıdaki Şekil 5.4 bez ayağı, Şekil 5.5 saten, ve Şekil 5.6 dimi kumaşlar için ölçülmüş grafiklerden birer örnek göstermektedir. Grafiklere ait frame dosyaları ise EK 2 de görülmektedir



**Şekil 5.9:** Bezayağı kumaş örneğinin görüntü analiz yöntem ölçüm sonucu



Şekil 5.10: Saten kumaş örneğinin görüntü analiz yöntem ölçüm sonucu



Şekil 5.11: Dimi kumaş örneğinin görüntü analiz yöntem ölçüm sonucu



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sayısal görüntü işleme yöntemi ve MMT test cihazı ile üç tip dokuma kumaşta sıvı nem emme kapasitesi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucunda sayısal görüntü işleme yönteminin, aktif olarak kullanılan ölçüm yöntemine göre etkileşimi araştırılmıştır.

Her iki yöntemin ölçüm sonuçlarını üç farklı kumaş tipi bakımında değerlendirdiğimizde; saten kumaş tipinin dokuma tekniğine bağlı olarak pürüzsüz ve kaygan bir yüzey oluşturması sıvıyı diğer kumaş tiplerine göre daha hızlı emip geniş bir alana yayılmasını sağlamıştır. Dimi kumaş ise daha gözenekli olduğu için saten kumaşa göre daha kısa ıslanma süresine sahiptir. Çünkü gözenekli yapısı sıvının alt kısma hızlı geçmesini sağlamıştır. Bez ayağı kumaş ise dokuma tekniği ve inceliğinden dolayı en yüksek ıslanma süresine bununla beraber en düşük ıslanma alanı ve hızına sahip bir kumaş tipidir. Bu durumda yayılma alanının kumaş gözenekliliğine ve kumaş yüzey yapısına bağlı olduğu söylenebilir.

Üç tip kumaşa yapılan hız, zaman ve alan ölçümlerinin varyans analiz değerleri ve korelasyon değerleri incelendiğinde aktif olarak kullanılan MMT test cihazının nem tayini ölçüm sonuçları ve buna alternatif olarak geliştirilen sayısal görüntü analiz yöntem sonuçlarının benzerlik gösterdiği görülmektedir. İki ölçüm yönteminde alınan bazı farklı ölçümlerin nedeni çalışmalar sırasında aşağıda ki gibi gözlemlenmiştir.

- Sayısal görüntünün elde edilmesi için kullanılan kameranın çözünürlüğü görüntü kalitesini dolayısıyla sıvının sınırlarının tespitini etkilemektedir.
- Görüntülere filtreleme işlemi uygulandığı için bazı detayların kaybedildiği gözlemlenmiştir. Bu tezde kullanılan algoritmalar genel olarak gürültü temizleme ve görüntü netleştirme algoritmaları, olarak sınıflandırılmıştır. Python programlama dilinde bulunan çeşitli algoritmalar arasından en iyi sonuç veren algoritmalar seçilerek görüntünün netliği sağlanmaya çalışılmıştır. Fakat bazen farklı görüntüde çeşitli olumsuz durumlar olabilmekte ve her görüntüde farklı yöntemler kullanılması gerekmektedir.

Örneğin bazı farklı renk kumaşlarda farklı threshold (eşikleme) değeri kullanmak gerekebilir. Ancak yine de sayısal görüntü analiz yöntemi sayesinde anlık alınan video görüntüsünün analizi ile sıvının yayıldığı alan daha net görülmekte ve tek tek piksel sayısı ile ölçülebilmektedir. MMT test cihazında ise sıvının kapladığı alan dairesel olarak düşünülmüş ve maksimum çap değeri dikkate alınarak daire alan hesabından değerler bulunmuştur. Sonuç olarak alan dairesel hesap ile yapıldığı için net değil yaklaşık sonuçlar vermektedir. Bu bilgilere göre farklı kumaşlarda alan ölçüm sonuçları kıyaslanırken iki yöntemin birbirinden daha büyük ya da daha küçük çıkması kaçınılmazdır. Buna rağmen yapılan çalışmalarda değerler iki ölçüm yöntemi arasında iyi korelasyon olduğu görülmüştür

- Kullanılan ışığın miktarı ve yönü de kumaşa aktarılan sıvının sınırlarını belirlemede bir etken olarak görülmektedir. Bu etkiyi en aza indirmek amacıyla karanlık bir ortamda sabit bir ışık kaynağı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kumaş numuneleri, daha net kontrastlık oluşturması amacı ile sıvı emmeyen kaygan siyah zemin üzerine konulmuştur.
- Projenin çalışması esnasında bazı kumaş yapılarının ölçümlerinde başarı sağlanamamıştır. Su renksiz bir sıvı olduğu için, özellikle açık renkli kalın kumaşlarda, kameranın suyu görüp ölçüm gerçekleştirmesi tam olarak sağlanamamıştır. Böyle bir durumda su içerisine az miktarda indantren koyu renk boya damlatılıp denemeler yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Buda bize basit bir sistemle bile kumaşlarda nem tayini ölçümlerinin yapılabildiğini daha da geliştirilebileceğini göstermektedir
- Zeminin rengi kadar su emmeyen kaygan bir zemin olması numune kumaş ile sıvı arasındaki ilişki için önemli bir yer tutmaktadır. Numune kumaş ölçümü yapılırken zeminin kolaylıkla kurutulup tekrar tekrar ölçüm yapılabilmesi MMT test cihazına göre bir avantajdır. Çünkü çalışma süresince izlendiği gibi MMT test cihazı ile yapılan kumaş analizleri esnasında alt sensörlerde kalan fazla sıvı zemin ıslak bırakmakta ve ikinci numune ölçümü esnasında yanlış değerler vermektedir. Bu yüzden ikinci bir ölçüm için sensörlerin kurumasını beklemek gerekmektedir.

- Alınan görüntüler 90° dik açıyla çekilmiş ve sıvının yayıldığı alan 2 boyutlu ölçülmüştür. Anlık olarak alınan video ölçümleri sırasında ölçüm süresine göre belirli zaman aralıklarında ki frame dosyaları samples klasörüne kaydedilmekte ve her örnek kumaşın sıvıyı hangi yönde (atkı-çözgü gibi) net bir şekilde görülebilmektedir (bknz EK 2). Buda gerekli alanlarda kumaşlarda yorumlama yapılmasına kolaylık sağlayacak bir avantaj sağlamaktadır.

Sonuçlara bakıldığında bu proje için yapılan program performans, fiyat ve çevre faktörlerini ele alarak yorumlamak gerekirse aktif kullanılan nem ölçüm sistemlerine göre daha düşük fiyatta daha iyi bir performansa ve daha fazla doğruluğa sahip olduğu söylenebilir. Ancak yinede bu çalışma başlangıç niteliğinde olup geliştirilip çeşitli amaçlarda eklenerek farklı alanlarda da kullanım alanı bulabilir. Bu bağlamda bu çalışma ile görüntü analiz algoritmalarının ve sayısal işlemlerin tekstil sektörü açısından da önemi vurgulamak istenmiş, bu tür projeler kullanılan sistemlere göre daha az maliyette daha başarılı, daha kolay ulaşılabilen programların geliştirilebileceğini göstermiştir. Görüntünün en iyi şekilde yorumlanması ve bu yorumların sayesinde kişisel kullanım alanlarına kolaylaştırıcı rol oynayacak yeni çalışmaların da yapılması sağlanacaktır.

## 7. KAYNAKLAR

Aksoy A., ve Kaplan, S., ‘Tekstil Materyallerinde Sıvı Transfer Mekanizmaları ve Ölçüm Yöntemleri’ *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2011, 5 (2), 51-67 ,(2011).

Aslan, A., ‘Görüntü Türleri [online] ’ ,(17 Temmuz 2019), <http://ammaraslan.blogspot.com/2014/05/goruntu-turleri.html>, (2014).

Atasağun, H.G., ‘Kumaşların Islanma ve Nem/Sıvı Emme Davranışları ve Giyim Konforu’, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2015).

Aydın, İ., ‘Gri Seviye Dönüşümleri ve Uzaysal Filtreleme [online] ’, (15.07.2019), [http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/bmu\\_357\\_bolum2.pdf](http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/bmu_357_bolum2.pdf) , (2013).

Aytan, A., E., Öztürk, Y., ve Örgen E.K., ‘Görüntü İşleme’ *İ.Ü. Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 27,4, 273-277, (1993).

Azeem, M., Boughattas, A., Wiener J and Havelka, A., ‘Mechanism Of Liquid Water Transport In Fabrics; A Review’ , *Fibres and Textiles in Eastern Europe* (4), 58-65, (2017).

Bedek, G., Salaün, F., Martinkovska ,Z., Devaux, E, and Dupont, D. ‘Evaluation of Thermal and Moisture Management Properties on Knitted Fabrics and Comparison with a Physiological Model in Warm Conditions’, *Applied Ergonomics*, 42, 792-800, (2011).

Chen, X., Lewandowski, M.F.Y., Vroman, P. and Perwuelz A., ‘Study of the Influence of Fiber Diameter and Fiber Blending on Liquid Absorption Inside Nonwoven Structures’ *Textile Research Journal* ,79(15), 1364–1370, (2009).

Çayıroğlu, İ., ‘Görüntü İşleme’ - (1.Hafta) [online], (17 Temmuz 2019), [file:///C:/Users/nesibe/Desktop/g%C3%B6r%C3%BCnt%C3%BC%20analizi%20kullannilar/Goruntu\\_Iseme\\_Ders\\_Notlari-1.Hafta.pdf](file:///C:/Users/nesibe/Desktop/g%C3%B6r%C3%BCnt%C3%BC%20analizi%20kullannilar/Goruntu_Iseme_Ders_Notlari-1.Hafta.pdf), (2017).

Çil, M. G., Nergis, B., and Candan C.,’ An Experimental Study of Some Comfort-related Properties of Cotton-- Acrylic Knitted Fabrics’, *Textile Research Journal*, 00(0), 1–7, (2009).

Durur, G., Öner, E. and Gündüz G., ‘Moisture management properties of Cupro knitted fabrics’ 17th World Textile Conference Autex 2017- Textiles - Shaping the Future, Materials Science and Engineering, (2017).

Duyar, U., ‘Dijital Görüntü Teknolojileri’ Elektrik Mühendisliği, 440, 17-22, (28 Temmuz 2019), [file:///C:/Users/nesibe/Desktop/duyar%20U.%20\(2010\).pdf](file:///C:/Users/nesibe/Desktop/duyar%20U.%20(2010).pdf) , (2010).

Edizer, E., ‘Sayısal Görüntü İşleme Yöntemi İle Tane Boyut Dağılımı Analizi’ Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, (2006).

Erhardt, A., ‘Theory and Applications of Digital Image Processing’, University of Applied Sciences, Offenburg, (2000).

Fangueiro, R. Filgueiras, A., F. Soutinho, F. and Meidi X., ‘Wicking Behavior and Drying Capability of Functional Knitted Fabrics’, *Textile Research Journal*,80(15):,1522–1530 ,(2010).

Geçim, G., ‘Yüzey Gerilimi ve Temas Açısı Ölçümü [online]’, (13 Temmuz 2019), <http://depo.btu.edu.tr/dosyalar/kimyamuh/Dosyalar/1-YGTAO.pdf>, (2015).

Gündüz, G., ‘Bakır Amonyum / Pamuk Karışımı Örme Kumaşların Nem Yönetim Performansının İncelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2016).

Goclawski, J., and Urbaniak-Domagala, W., ‘The Measurement of Wetting Angle by Applying an ADSA Model of Sessile Drop on Selected Textile Surfaces’ , *Fibres & Textiles* , Vol. 16, 2 (67), 84-88, (2008).

Hamdaoui, M., Fayala F., Perre P. and Nasrallah S.B., ‘Experimental study of capillary rise in fabrics using an electrical resistance technique’ *Autex Research Journal*, 8, 2, 43-48, (2008).

Hu J., Li, Y., Yeung K.W., Wong, A.S.W., and Xu, W., ‘Moisture Management Tester: A Method to Characterize Fabric Liquid Moisture Management Properties’, *Textile Research Journal* , 75(1), 57-62, (2005)

İskender T., ‘Görüntü İşleme Ve Görüntü İşlemede Kullanılan Yöntemlerin Örneklerle Açıklanması’, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya. (2009).

Karahan, M., ‘Experimental Investigation of the Effect of Fabric Construction on Dynamic Water Absorbtion in Terry Fabrics’, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15, 3 (62), 74-80, (2007).

Karahan, M. and Eren, R., ‘Experimental Investigation of the Effect of Fabric Parameters on Static Water Absorption in Terry Fabrics’ *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14, 2 (56), (2006).

Köker, R., Sarı, Y., ve Oz, C., ‘Hareketli Cisimlerin Bilgisayar Görmesine Dayalı Hareket Analizi’, *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği* 9. Ulusal Kongresi ve Fuarı, (2001).

Küçükali Öztürk, M., Nergis, B., and Candan C., ‘A study of wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics’ *Textile Research Journal*, 81(3) , 324-328, (2011).

Marmaralı A., Özdil, N., Dönmez Kretzschmar, S. ve Gülsevin Oğlakçioğlu, N., ‘Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler’, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4/2006, 241-246, (2006).

ITC, The Hong Kong Polytechnic University and SDL Atlas Ltd., Moisture Management Tester Operation Manual, Version 3.06, (2005).

Nemcokova, R., Glombikovaviera, V., and Komarkova P., ‘Study On Liquid Moisture Transport Of Knitted Fabrics By Means Of MMT, Thermography And Micro tomography Systems’ *Autex Research Journal*, 15, 4, 233-242, Doi: 10.1515/aut-2015-0022, (2015).

OpenCV 3.0.0-dev documentation, ‘OpenCV-Python Dersleri [online] ’ (Temmuz 2019), [https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py\\_tutorials/py\\_tutorials.html](https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_tutorials.html), (2014).

Öner, E., ‘Dokuma Kumaşların Konfor Özellikleri Üzerine Bir Araştırma’ Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli (2008).

Öner, E., Atasağun, H.G., Okur, A., Beden A.R. and Durur G., ‘Evaluation of Moisture Management Properties on Knitted Fabrics, *The Journal of The Textile Institute*, 104(7), 699-707, (2013).

Özdil, N., Süpüren G., Özçelik, G. ve Pruchova J., ‘Pamuklu Süprem Örmeye Kumaşların Nem İletim Özellikleri Üzerine Bir Çalışma’ *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 3/2009, 218-223, (2009).

Pamuk, O., ‘Tekstil Endüstrisinde Giyim Konfor Özellikleri 2007’, *e-Journal of New World Sciences Academy Natural and Applied Sciences*, 3, (1), , 69-74, (2008).

Petrulyte, S., and Baltakyte R., ‘Liquid Sorption and Transport in Woven Structures’ *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17, 2 (73), 39-45, (2009).

Pişkin, M., ‘OpenCV Arka Plan Temizleme ( absdiff ) [online] ’, (28 Temmuz 2019), <http://mesutpiskin.com/blog/opencv-arka-plan-temizleme-absdiff.html>, (2015).

Pişkin, M., ‘OpenCV Filtreler [online]’ , (10 Temmuz 2019), <http://mesutpiskin.com/blog/opencv-filtreler.html>, (2016).

Pişkin, M., ‘OpenCV ile Kenar Belirleme Algoritmaları [online]’ , (15.07.2019), <http://mesutpiskin.com/blog/opencv-ile-kenar-belirleme-algoritmaları.html>, (2017).

Pişkin, M., ‘OpenCV Thresholding (Eşikleme) [online]’ , (15.07.2019), <http://mesutpiskin.com/blog/opencv-ile-kenar-belirleme-algoritmaları.html>, (2016).

Polat, H. H., ‘Renk Teorisi ve Temel Yanılgılar’ *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* ,28, 165-173, (2012).

Raja, D., Ramakrishnanv, G., Ramesh Babu, V., Senthilkumar, M. and Sampath, M.B., ‘Comparison of different methods to measure the transverse wicking behaviour of fabrics’, *Journal of Industrial Textiles* , 43(3), 366–382, (2014).

Raja, D., Ramakrishnanv, G., Ramesh Babu, V., Subramaniam,V. and Koushik, C.V., ‘Measuring In-Plane Liquid Spread in Fabric Using an Embedded Image Processing Technique’, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* ,20, 4(93), 72-76. (2012).

Ramesh Babu, V., Lakshmikantha, C.B., V. Subramaniam, V. and Koushik, C.V., ‘Influence of the Weave Factor on the Character of Fabric Wicking Measured by a Multiple Probe Vertical Wicking Tester’, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 19, 5 (88), 60-63, (2011).

Sarkar, M. K., He, F.A. and Fan, J.T., ‘Moisture-responsive Fabrics Based on the Hygro Deformation of Yarns’, *Textile Research Journal*, 80(12), 1172–1179, (2010).

Sarkar, M., Fan, J., Qian, X., ‘Transplanar water transport tester for fabrics’, *Measurement Science And Technology*, 18, 1465–1471, (2007).

Selli, F., ‘Ticari Süprem ve Ribana Örme Kumaşlarda Hava Geçirgenliği Ve Nem Yönetiminin Araştırılması’, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli* (2010).

Smile, C. B., ‘Critical Evaluation of Wicking in Performance Fabrics.Georgia’, Master of Science Thesis, *Georgia Institute of Technology, School of Polymer, Textile and Fiber Engineering*, USA, (2004).

Taştan Özkan, E.ve Meriç Kaplangiray, B., ‘Askeri Giyimde Kullanılan Dokuma Kumaşların Nem İletimi Özelliklerinin İncelenmesi’ *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 20, 1, (2015).

TIOBE Index, ‘July Headline: Perl is one of the victims of Python's hype [online] ’, (15 Temmuz 2019), <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>, (2019)

Türksan, CCD Sensör ve CMOS İmaj Sensörlerin Farkları [online] , (12.07.2019), <http://www.turksan.com/ccd-cmos-imaj-sensorler.html> , (2008).

Voelker, C., Hoffmann, S., Kornadt, O. and Arens, E., ‘ Heat And Moisture Transfer Through Clothing’ IBPSA Building Simulation, *Strathclyde University*, Glasgow, İskoçya (2009).

Weder, M.and A. Brühwiler, P., ‘X-Ray Tomography Measurements of the Moisture Distribution in Multi-layered Clothing Systems’ *Textile Research Journal*, 76(1), 18–26, (2006).

Yaşar, Ö., Basit Görüntü İşlemleri ve Histogram [online] , (20.07.2019), <https://matlabgoruntuisleme.blogspot.com/2012/09/basit-goruntu-islemleri-ve-histogram.html>, (2012).

Zervent, B. and Koc, E., ‘An Experimental Approach on the Performance of Towels Part II. Degree of Hydrophility and Dimensional Variation’ *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 14, 2 (56), (2006).

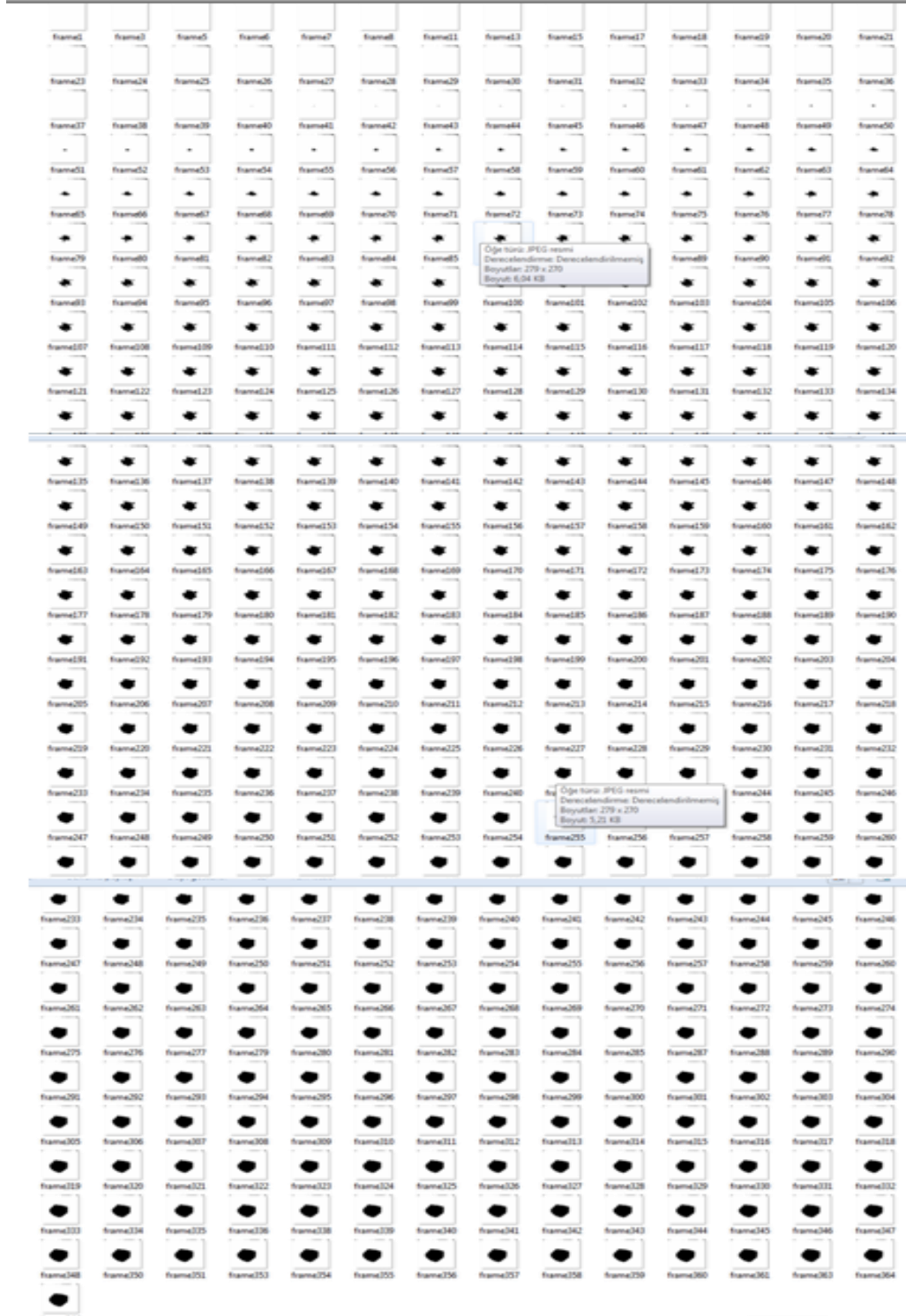
Zhou, L., Feng, X., Du, Y. and Li, Y., ‘Characterization of Liquid Moisture Transport Performance of Wool Knitted Fabrics’, *Textile Research Journal*,77(12), 951–956, , (2007).



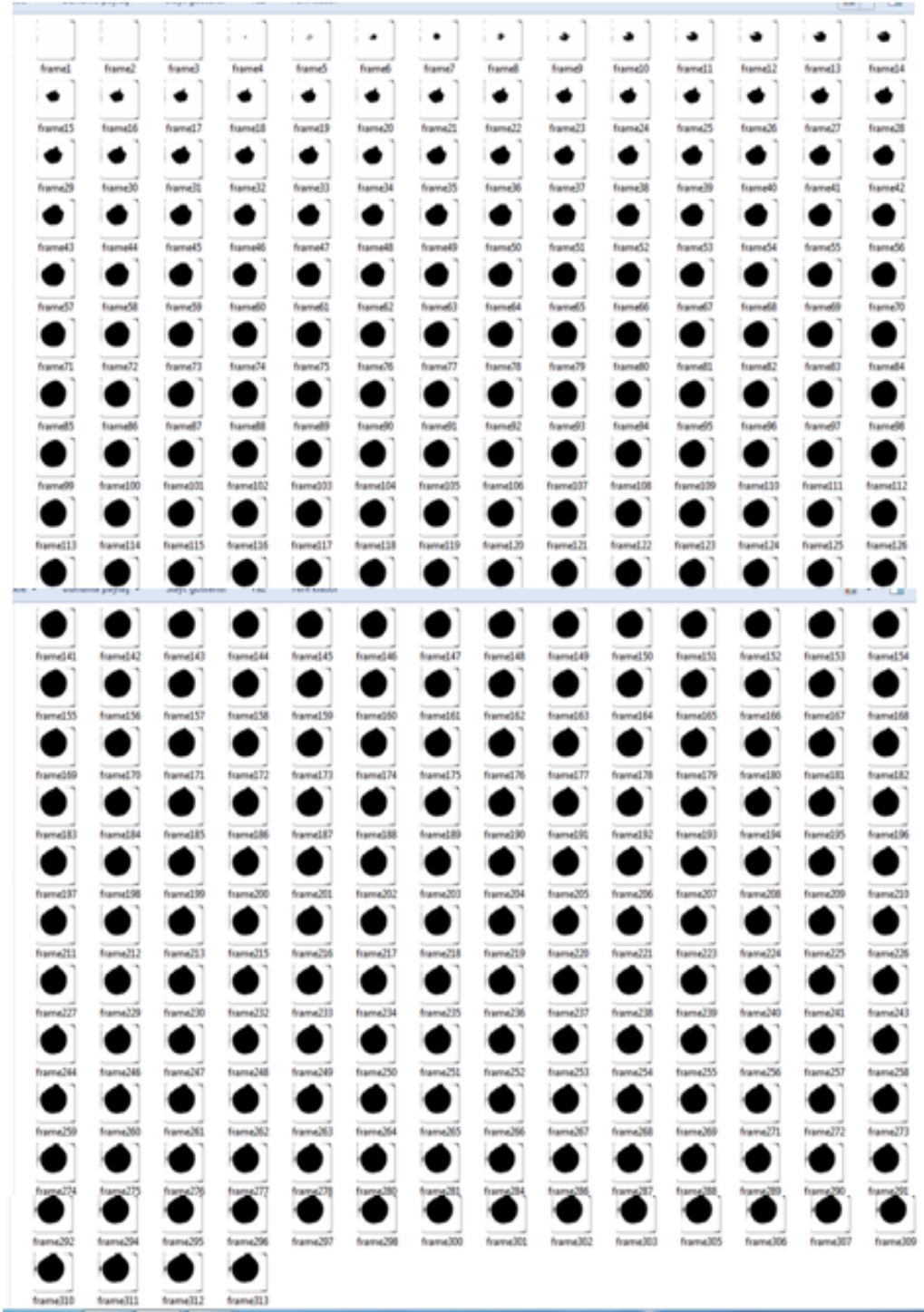
# **EKLER**

## 8. EKLER

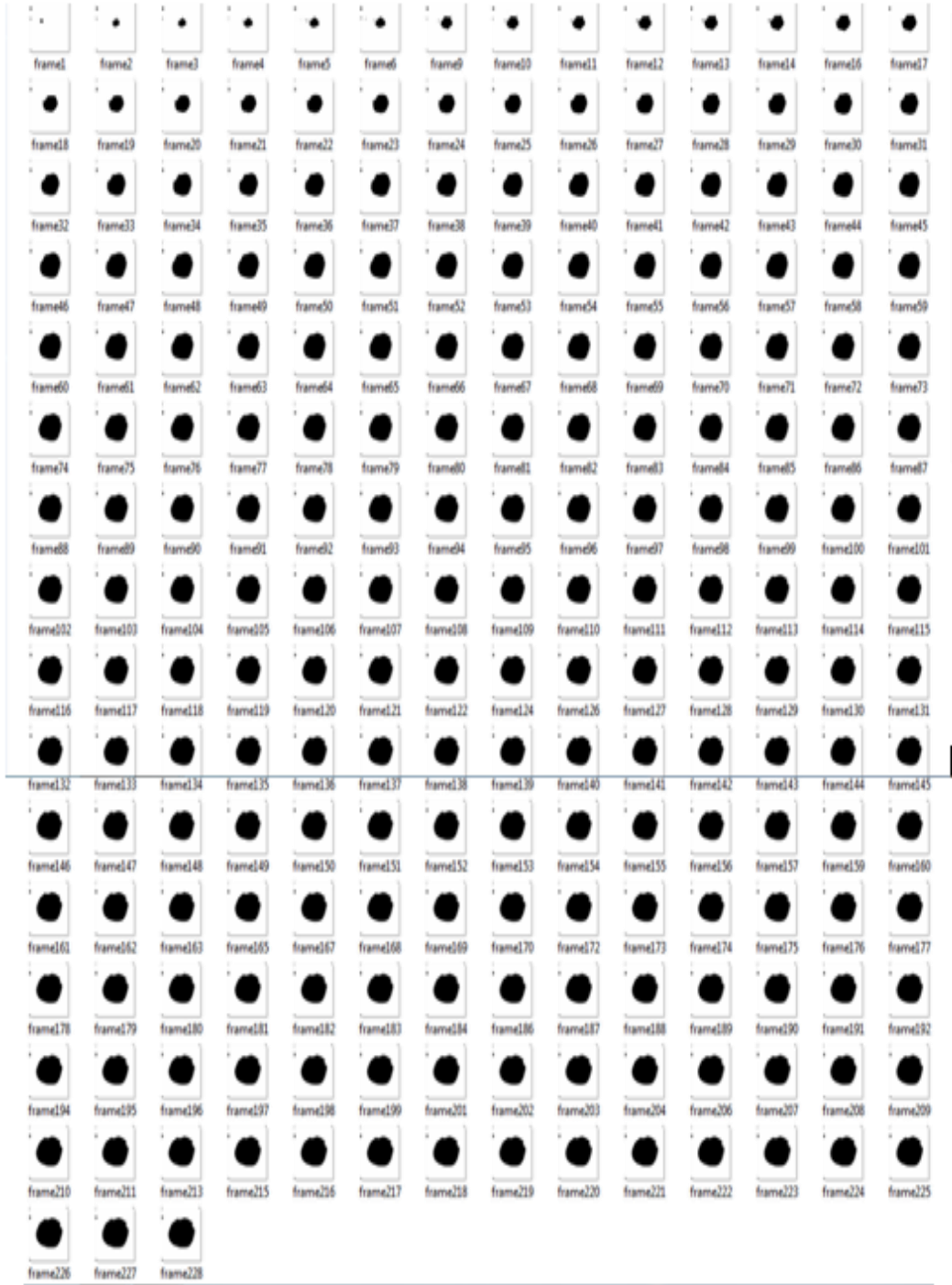
### EK-A: Şekil 5.5 Şekil 5.6 ve Şekil 5.7 için frame dosyaları



Şekil 8.1: Bez ayağı kumaş test numunesi ölçüm sonucu resimleri



Şekil 8.2: Saten kumaş test numunesi ölçüm sonucu resimleri



Şekil 8.3: Dimi kumaş test numunesi ölçüm sonucu resimleri

## EK-B Python Idle

```
import cv2
from datetime import datetime
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import operator
import ctypes
import tkinter
from tkinter.filedialog import askopenfilename
from tkinter.filedialog import askopenfile
from tkinter.filedialog import asksaveasfilename
from matplotlib.backends.backend_tkagg import (
    FigureCanvasTkAgg, NavigationToolbar2Tk)
from PIL import ImageTk
from matplotlib.figure import Figure
import numpy as np
import sys
if sys.version_info[0] < 3:
    import Tkinter as Tk
else:
    import tkinter as Tk
import os
import glob

def Mbox(title, text, style):
    return ctypes.windll.user32.MessageBoxW(0, text, title, style)

def destroy(e):
    sys.exit()

def kaydet(a):
    j = asksaveasfilename(filetypes=(("PNG Image", "*.png"),("All Files", "*.*")),
        defaultextension='.png', title="Window-2")
    a.figure.savefig(j)

def restart_program():
    python = sys.executable
    os.execl(python, python, * sys.argv)

def pixelHesaplayici(x):
    siyaholmayanpixel=cv2.countNonZero(x)
    height,width=x.shape
    toplampixel=height*width
    siyahpixelsayisi=toplampixel-siyaholmayanpixel
    return siyahpixelsayisi
```

```

def grafik(x,pixlist,maxValue,index,totaltime,area):
    root = tkinter.Tk()
    root.wm_title("SONUC")
    f = Figure(figsize=(8, 5), dpi=100)
    a=f.add_subplot(111)
    a.plot(x,pixlist)
    a.set_title('ANALİZ')
    a.text(totaltime/2,maxValue/2, r'$Max-
Pixel=%d$'%maxValue,fontsize=14,color='r')
    a.text(totaltime/2,maxValue/2.5, r'$Max-emilim-zamanı=%f-saniye$'% x[index-
1],fontsize=14,color='b')
    a.text(totaltime/2,maxValue/3, r'$Max-
Alan=%fcm^2$'%area,fontsize=14,color='g')
    a.set_ylabel('Area')
    a.set_xlabel('Time(s)')
    a.grid(True)
    canvas = FigureCanvasTkAgg(f, master=root)
    canvas.draw()
    canvas.get_tk_widget().pack(side=Tk.TOP, fill=Tk.BOTH, expand=1)
    canvas._tkcanvas.pack(side=Tk.TOP, fill=Tk.BOTH, expand=1)

    button = Tk.Button(master=root, text='KAYDET', command= lambda:
kaydet(a),bg="green",fg="white",bd=15,font="Times",width=25,height=3)
    button.pack(side=Tk.LEFT)
    button = Tk.Button(master=root, text='YENI TEST',
command=restart_program,bg="red",fg="white",bd=15,width=25,font="Times",heig
ht=3)
    button.pack(side=Tk.RIGHT)

    Tk.mainloop()

def nothing():
    pass

def optimumthreshold(img):
    g=cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    g_g=cv2.GaussianBlur(g,(5,5),0)
    d_f=cv2.absdiff(g,g_g)
    t_f=cv2.threshold(d_f,0,255,cv2.THRESH_BINARY)[1]
    p=cv2.countNonZero(t_f)

    for k in range(0,255):

        gray=cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        gray_gauss=cv2.GaussianBlur(gray,(5,5),0)
        diff_frame=cv2.absdiff(gray,gray_gauss)
        thresh_diff=cv2.threshold(diff_frame,k,255,cv2.THRESH_BINARY)[1]
        if cv2.countNonZero(thresh_diff)<float(p/90):
            break

```

```

return k,p

def optimumthresholdgraph(img):
    g=cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    g_g=cv2.GaussianBlur(g,(5,5),0)
    thresh_graph_first=cv2.threshold(g_g,0,255,cv2.THRESH_BINARY)[1]
    p=cv2.countNonZero(thresh_graph_first)
    for k in range(0,255):

        thresh_graph=cv2.threshold(g_g,k,255,cv2.THRESH_BINARY)[1]
        if cv2.countNonZero(thresh_graph)<0.997*p:
            break
    return k

for j in glob.glob("/calisma23/samples/*.jpg"):
    os.remove(j)

Mbox('UYARI', 'Kalibrasyon tamamlandi.Olcume gecmek için duzenegi kuru
zeminde hazirlayip tamam deyin.', 1)

video=cv2.VideoCapture("http://192.168.43.1:8080/video")
video.set(3,1920)
video.set(4,1080)
time=[]
subtractedblacklist=[]
subtractedblacklisti=[]

i=1
blacklist=[]
difflist=[0]
decreaseddetector=0
ret,first_frame=video.read()
roi_real=cv2.selectROI(first_frame)
imCrop_real = first_frame[int(roi_real[1]):int(roi_real[1]+roi_real[3]),
int(roi_real[0]):int(roi_real[0]+roi_real[2])]
cv2.destroyAllWindows()
opt_thresh,points=optimumthreshold(imCrop_real)
opt_thresh_graph=optimumthresholdgraph(imCrop_real)
width=imCrop_real.shape[0]
height=imCrop_real.shape[1]
pix_suq = width * height
box_area=49
gray_first_frame=cv2.cvtColor(imCrop_real,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
thresh_gray_first_frame=cv2.threshold(gray_first_frame,opt_thresh_graph+5,255,cv
2.THRESH_BINARY)[1]

while(True):
    control,frame=video.read()
    if control==True:

```

```

    frame=frame[int(roi_real[1]):int(roi_real[1]+roi_real[3]),
int(roi_real[0]):int(roi_real[0]+roi_real[2])]
    gray=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    gray=cv2.GaussianBlur(gray,(5,5),0)
    diff_frame=cv2.absdiff(gray,gray_first_frame)

diff_thresh=cv2.threshold(diff_frame,opt_thresh+5,255,cv2.THRESH_BINARY)[1]
    (_,cnts,_)=cv2.findContours(diff_thresh.copy(),
    cv2.RETR_EXTERNAL,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

    if cv2.countNonZero(diff_thresh)>=float(points/88):
        difflist.append(cv2.countNonZero(diff_thresh))
        if difflist[i]<difflist[i-1]:
            decreasedetector+=1
        else:
            for contour in cnts:
                cv2.fillPoly(frame,contour,(0,255,255),8,0)

threshforgraph=cv2.threshold(gray,opt_thresh_graph+5,255,cv2.THRESH_BINARY
)[1]
    blacklist.append(pixelHesaplayici(threshforgraph))
    an=datetime.now()
    time.append(an.minute*60+an.second+(an.microsecond/1000000))
    cv2.imwrite("samples/frame%d.jpg"%i,threshforgraph)
    i+=1
    if decreasedetector>20:
        video.release()
        cv2.destroyAllWindows()
        break

    cv2.imshow("ori-frame",frame)

    if cv2.waitKey(1)== ord ('q'):
        break
firstpix=blacklist[0]
lasttime=time[-1]
firsttime=time[0]
totaltime=lasttime-firsttime
for element in blacklist:
    subtractedblacklist.append(element-firstpix)
subtractedblacklist=[k for k in subtractedblacklist if k >= 0]

index,maxValue = max(enumerate(subtractedblacklist),key=operator.itemgetter(1))
subtractedblacklist=subtractedblacklist[0:index]
timelist=np.linspace(0,totaltime,len(subtractedblacklist))
area = (box_area*maxValue) / pix_squ
grafik(timelist,subtractedblacklist,maxValue,index,totaltime,area)

```



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nesibe ÇİL

Doğum Yeri ve Tarihi : Konya, 20/05/1985

Lisans Üniversite : Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Tekstil Mühendisliği Bölümü (2003-2009)

Elektronik Posta : nerbulut@gmail.com

İletişim Adresi : 0 505 837 02 81