

**T.C.  
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YALITIM AMACIYLA ÇATI VE DIŞ  
CEPHELERDE UYGULANMASI PLANLANAN NANOLİF  
MEMBRANLAR ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mimar Emine Esra BİLGİÇ**

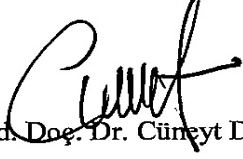
**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı**




**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Cüneyt DİRİ**

**AĞUSTOS 2010**

E. Esra BİLGİÇ tarafından hazırlanan İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YALITIM AMACIYLA ÇATI VE DIŞ CEPHELERDE UYGULANMASI PLANLANAN NANOLİF MEMBRANLAR ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylıyorum.

  
Yrd. Doç. Dr. Cüneyt DİRİ  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Fiziki ve Malzemesi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Y. Doç. Dr. Cüneyt DİRİ   
Üye : Y. Doç. Dr. Sırdem TEKİN   
Üye : Y. Doç. Dr. Genco BERKİN   
Üye : \_\_\_\_\_  
Üye : \_\_\_\_\_

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

## ÖNSÖZ

Yapıların suya karşı korunması oldukça önemli bir konudur. Suyun zararlı etkileri sonucu yapıların hasar görmesi, onarım için harcanacak para ve zamanın fazlalığı yapıların suya karşı yalıtımının göz ardı edilmemesi gereken önemli bir problem olduğunu göstermektedir.

Nanoteknolojinin hızla gelişmesiyle inşaat sektöründe etkilenmiştir ve bu alanda araştırmaların yapılması gerekliliği doğmuştur. Bu çalışmada; inşaat sektörüne yönelik nanoteknoloji sayesinde üretilen nanolif membran malzemesi üzerine araştırmalar ve deneyler yapılmıştır.

Yüksek lisans eğitimim süresince değerli bilgileri ve yardımıyla bana destek olan değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Cüneyt DİRİ' ye en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana maddi ve manevi yönden destek olan annem başta olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ağustos 2010

Mimar Emine Esra Bilgiç

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SEMBOLLER LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
RESİM LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemin Tanımı .....	1
1.2 Amaç Ve Kapsam .....	2
<b>2. NANOTEKNOLOJİ VE NANOLİFLER .....</b>	<b>3</b>
2.1. Nanoteknolojinin Amaçları .....	4
2.2. Nanoteknolojinin Avantajları .....	4
2.3. Nanoyapıları Elde Etme Yöntemleri .....	5
2.4. n aat Sektöründe Nanoteknoloji .....	5
2.5. Nanolifler .....	7
2.6. Nanolif Üretim Yöntemleri .....	9
2.6.1. Çekme Yöntemi ile Nanolif Üretimi .....	9
2.6.2. Kalıp Sentezi Yöntemi ile Nanolif Üretimi .....	11
2.6.3. Faz Ayırımı Yöntemi ile Nanolif Üretimi .....	12
2.6.4. Meltblowing Yöntemi ile Nanolif Üretimi .....	13
2.6.5. Elektro Üretim Yöntemi ile Nanolif Üretimi .....	15
<b>3. BİNA-İNŞAAT TEKNİK TEKSTİLLERİ ve MEMBRANLAR.....</b>	<b>16</b>
3.1.Nefes Alabilen Su Yalıtım Örtüleri.....	18
3.2. Nefes Alabilen Su Yalıtım Örtülerinin Sahip Olması Gereken Özellikler.....	18
3.3.Nefes Alan Su Yalıtım Örtülerinin Kullanım Alanları.....	20
3.4 Membranlar .....	28
3.4.1. Membranların Temel Özellikleri.....	28
3.4.1.1.Gözenek Özellikleri .....	28
3.4.1.2.Yüzey Özellikleri .....	30
3.5 Sentetik Membranlar ve Kullanılan Malzemeler .....	30
3.6. Membran Üretim Yöntemleri .....	32

3.6.1.Sinterleme (Sintering) Yöntemi .....	33
3.6.2.Çekme (Stretching) Yöntemi .....	33
3.6.3.Kılcal Kanal Açma (Track-Etching) Yöntemi .....	34
3.6.4.Faz Dönüşümü (Solvent Casting veya Phase İnversion) Yöntemi.....	36
3.7. Elektro Üretim Yöntemi İle Nanolif Membran Üretimi .....	37
3.8.Poliüretan Nanolif Kaplı Membranların Farklı Yalıtım Örtüleri ile Karşılaştırılması.....	43
<b>4. DENEYSEL ÇALIŞMA.....</b>	<b>45</b>
4.1 Amaç.....	45
4.2 Kullanılan Malzemeler.....	45
4.3 Su Buharı Geçirgenlik Deneyi.....	49
4.3.1.Deney Yöntemi.....	49
4.3.2.Deney Ekipmanı.....	49
4.3.3.Deneyin Yapılış Ve Sonuçları.....	51
4.4 Su Geçirmezlik Değeri Tayini-Hidrostatik Basınç Testi.....	53
4.4.1.Deney Yöntemi.....	53
4.4.2.Deney Ekipmanı.....	53
4.4.3.Deneyin Yapılış Ve Sonuçları.....	54
4.5. Kopma Mukavemetinin Tayini.....	56
4.5.1.Deney Yöntemi.....	56
4.5.2.Deney Ekipmanı.....	57
4.5.3.Deneyin Yapılış Ve Sonuçları.....	58
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>61</b>
<b>6. KAYNAKÇA.....</b>	<b>63</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>99</b>

## SEMBOLLER LİSTESİ

<b>nm</b>	:Nanometre
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	:Mikrometre veya Mikron
<b>P</b>	: Bubble-Point Basıncı
<b><math>\gamma</math></b>	: Membranı Islatan Sıvının Yüzey Gerilimi
<b><math>\theta</math></b>	: Sıvı-Katı Temas Açısı
<b>d</b>	: Gözenek Çapı
<b>kV</b>	:Anma Gerilimi
<b>WVT</b>	:Su Buharı İletim Oranı
<b><math>\Delta\text{m}</math></b>	:Kütle Farkı

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>SEM</b>	: Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>ZnO</b>	: Çinko Oksit
<b>SiO<sub>2</sub></b>	: Silisyum Dioksit
<b>SnO<sub>2</sub></b>	: Kalay Oksit
<b>DMF</b>	: Dimetil Formamid
<b>PC</b>	: Polikarbonat
<b>PTFE</b>	: Politetrafloraetilen
<b>PES</b>	: Polietersülfon
<b>PVdF</b>	: Polivinillidenflorid
<b>PP</b>	: Polipropilen
<b>PE</b>	: Polietilen
<b>PET</b>	: Polietilen Tereftalat
<b>PU</b>	: Poliüretan
<b>PVA</b>	: Polivinil Alkol
<b>CA</b>	: Selüloz Asetat
<b>PVC</b>	: Polivinilklorür
<b>PA 6.6</b>	: Naylon 6.6
<b>PA-12</b>	: Naylon 12
<b>PEN</b>	: Polietilen Naftalat
<b>PAN</b>	: Polyakrilonitril
<b>ESF</b>	: Poliüretan Nanolif Membran
<b>CD ve CW</b>	: Poliüretan Reçine Kaplamalı Kumaş
<b>SB</b>	: Spunbond
<b>MB</b>	: Meltblown

## TABLO LİSTESİ

	<b>Sayfa No</b>
Tablo 2.1. Nanolif Eldesi İçin Proses Tekniklerinin Kıyası .....	9
Tablo 3.1. Geleneksel Membran Hazırlama Yöntemleri .....	32
Tablo 3.2. Bazı Polimerlerden Oluşan Nanoliflerin SEM Görüntüleri.....	39
Tablo 3.3. Çözüldüden Elektroüretimi Yapılan Polimerler .....	40
Tablo 3.4. Eriyikten Elektroüretimi Yapılan Polimerler.....	40
Tablo 3.5. Örnek Teknik Tekstillere Su Buharı Geçiş Hızlarının Karşılaştırılması .....	44
Tablo 3.6. Örnek Teknik Tekstillere Hidrostatik Basıncın Örnek Örtülerle Karşılaştırılması .....	44
Tablo 4.1. Dupond Tyvek Solid Teknik Özellikleri .....	46
Tablo 4.2. MOGUL - Rowa-Pro Teknik Özellikleri.....	47
Tablo 4.3. Mopet Polyester Spunbond Kumaşın Standart Ürün Özellikleri.....	48
Tablo 4.4. Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Tyvek-Solid Örtüsü, Nanolif Membran, Örtülerinin 1 dm <sup>2</sup> Örtülerden Geçen Su Buharı Geçirgenlik Deney Sonuçları .....	52
Tablo 4.5. Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Tyvek-Solid, Nanolif Membran, Örtülerinin 1m <sup>2</sup> den geçen Su Buharı Geçirgenliklerinin Karşılaştırılması.....	52
Tablo 4.6. Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Tyvek-Solid Örtüsü, Nanolif Membran Örtülerinin Su Geçirmezlik Değerlerinin Karşılaştırılması .....	56
Tablo 4.7. Tyvek-Solid, Nanolif Membran, Mogul-Rowa-pro Örtülerinin Kopma Mukavemetlerinin Karşılaştırılması.....	60



## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 2.1. Nanoteknolojinin Kullanım Alanları .....	5
Şekil 2.2. Nanolif / İnsan Saçı İnceliklerinin Karşılaştırılması.....	8
Şekil 2.3. Nanolif Özelliklerinin Şematik Görüntüsü .....	8
Şekil 2.4. Çekme Yöntemi ile Nanolif Eldesi .....	10
Şekil 2.5. Çekme Yöntemi ile Üretilen Nanoliflerin SEM Görüntüleri.....	10
Şekil 2.6. Kalıp Sentezi Yöntemi ile Nanolif Eldesi.....	11
Şekil 2.7. Kalıp Sentezi Yöntemi ile Üretilen Nanoliflerin SEM Görüntüleri .....	11
Şekil 2.8. Nanolifli Yapı Eldesi İçin Faz Ayrımı Yönteminin Jenerik Şeması .....	12
Şekil 2.9. Faz Ayrımı Yöntemi ile Üretilen Nanoliflerin SEM Görüntüleri.....	13
Şekil 2.10. Meltblowing Yöntemi ile Üretimin Akış Şeması .....	13
Şekil 2.11. Meltblowing Yöntemi ile Üretimin Jenerik Şeması .....	14
Şekil 2.12. Meltblowing Yöntemi ile Üretilen Liflerin SEM Görüntüleri.....	15
Şekil 3.1. Bina Dış Cephesinde Buhar Hareketi .....	20
Şekil 3.2. Nefes Alan Su Yalıtım Örtülü Sıcak Çatı .....	21
Şekil 3.3. Geleneksel Sıcak Çatı .....	21
Şekil 3.4. Nefes Alan Su Yalıtım Örtülü Soğuk Çatı.....	21
Şekil 3.5. Geleneksel Soğuk Çatı.....	21
Şekil 3.6. Havalandırmasız Soğuk Çatı Sistemi-Saçak ve Mahya Detayı.....	23
Şekil 3.7. Havalandırmasız Sıcak Çatı Sistemi-Saçak ve Mahya Detayı .....	24
Şekil 3.8. Düşük Eğimli Trapez Metal Çatıda Nefes Alan Su Yalıtım Örtüsü.....	25
Şekil 3.9. Duvarlarda Siding Uygulaması.....	27
Şekil 3.10. Ahşap Taşıyıcı Duvar Sistemi .....	27
Şekil 3.11. Membran Tiplerinin Şematik Gösterimi .....	29
Şekil 3.12. Bubble Point Test Yöntemi .....	29
Şekil 3.13. a)Çekme İşlemiyle PP Membran Filminin Oluşturulması; b)Membranın SEM Görüntüsü.....	34
Şekil 3.14. Yüzey Tutucu Membran .....	34
Şekil 3.15. Kılcal Kanal Açma İşlemi.....	35
Şekil 3.16. El Kalıbı Bıçağı .....	36
Şekil 3.17.Elektroüretim Düzeneği.....	37
Şekil 3.18. Elektroüretim Düzeneği ve Taylor Konisi.....	38

## RESİM LİSTESİ

	<b>Sayfa No</b>
Resim 2.1. Meltblowing Yönteminde Kullanılan Düse Sistemi .....	14
Resim 2.2. Meltblowing Yönteminde Baskı Silindirlerinden Geçen Kumaş .....	14
Resim 3.1. Nemli Havanın Yoğuşması Sonucunda Sıva ve Boyalarda Dökülmeler	17
Resim 3.2. 24 Jet- Üniteli Elektroüretim-Konveyör Bant Düzeneği .....	41
Resim 3.3 Elektroüretim İle Nanolif Membran Üretimi .....	41
Resim 3.4 NanoSpinner Endüstriyel Nanolif Nonwoven Kumaş Makinası .....	42
Resim 4.1. Kullanılan Malzeme Numunelerin ve Kapların Üstten Görünüşü (Solda ki:Tyvek-Solid, Ortada ki Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Sağda ki Nanolif Membran)	49
Resim 4.2. Kullanılan Malzeme Numunelerin ve Kapların Ön Görünüşü (Solda ki:Tyvek-Solid, Ortada ki Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Sağda ki Nanolif Membran)	49
Resim 4.3. Simülasyon Ünitesi Genel Görünüşü.....	50
Resim 4.4. Analitik Terazı .....	51
Resim 4.5. Otomatik Hidrostatik Tester Ünitesi Genel Görünüşü .....	53
Resim 4.6. Su Haznesine Su Dökülürken .....	54
Resim 4.7. Taşan Suyu Çelik Boru Yardımıyla Temizlenmesi. ....	54
Resim 4.8. Numunenin Test Başlığı ile Su Arasına Sıkıştırılmış Hali. ....	54
Resim 4.9. Numunenin Su Basıncına Tabi Tutulması .....	55
Resim 4.10. Titan Universal Mukavemet Cihazı .....	57
Resim 4.11. Deney Sonuçlarını Gösteren Bilgisayar Bağlantısı .....	57
Resim 4.12. Makinanın Yüzey Tutucu Çenelerin Takılması.....	58
Resim 4.13. Makinaya Numunenin Yerleştirilmesi.....	58
Resim 4.14. Deneyin Başlaması ile Gerilen Numune.....	59
Resim 4.15. Numunenin Gerilme Sonrasında Koptuğu An.....	59
Resim 4.16. Mogul-Rowa-pro Örtüsü (sol üst tarafta ki), Tyvek-Solid (sağ tarafta ki) ,Nanolif Membran (sol alt tarafta ki) Örtülerinin Deney Sonrası Kopma Noktaları.....	60

## ÖZET

Nano boyutlarda maddeyi işleyerek birçok yeni özellikler ortaya çıkarılabilmektedir. Nanoteknoloji sayesinde ortaya çıkan bu özellikler ile nano-ölçekte malzemeler üretilebilir.

Bu çalışma kapsamında ; birinci bölümde tezin amacı ve bölümleri ile ilgili kısa bir özet verilmiştir. İkinci bölümde Nanoteknoloji ve Nanolifler incelenmiştir. Üçüncü bölümde bina ve inşaat teknik tekstilleri ile membranların temel özellikleri ve üretim yöntemleri hakkında genel bilgi verilmiştir ve polimer esaslı nanoliflerin üretimi için en etkin yöntem olan elektro üretim yöntemi olduğu açıklanmıştır. Dördüncü bölümde elektro üretim yöntemi ile elde edilen nanolif membranların deneyleri yapılmak üzere farklı su yalıtım örtüleri belirlenmiş ve deneysel testlere tabi tutularak özellikleri incelenmiştir. Bu malzemeler ASTM E 96 , TS 257 EN 20811 ve ISO 13934-2 : 1999 standartlarında belirlenen deney yöntemleri ile deneyler yapılmış ve karşılaştırmalı sonuçlar çıkartılmıştır.

Anahtar kelimeler: Nanoteknoloji, Nanolif, Nanolif membran, Elektrotüretim

## SUMMARY

By processing the material in Nano dimension, many new features may well be unveiled. Materials in nano dimensions can be produced with these features that are the result of Nanotechnology.

In the scope of this study; a brief summary of the purpose of this study and its parts are given in first chapter; and in second chapter; Nanotechnology and nano threads are analysed. In third chapter; a general information is given for the builtech and producing methods of membranes and their fundamental specifications. Electro producing method is explained which is the most effective method of producing polimer based nano threads. In Fourth chapter; diverse waterproofing coats are defined by executing experiments with nano thread membranes that are produced with electro producing method, and their specifications are also characterized by certain tests. These materials are tested by the experiments in accordance with ASTM E 96 , TS 257 EN 20811 ve ISO 13934-2 : 1999 standards and comperative results are obtained.

**Key Words:** Nano Technology, Nano thread, Nano thread membrane, Electro producing

## 1.GİRİŞ

Günümüzde nanobilim alanındaki bilgi birikimi akademik çevreler sayesinde dinamik bir şekilde artmaktadır. Bu dinamik yapı nanoteknolojiyi geleceğin bilimi yapma konusunda sağlam bir şekilde ileriye götürmektedir. Buna rağmen, nanoteknoloji araştırmaları ve uygulamaları açısından ülkemizde yetersiz olduğu söylenebilir.

Yapının suya karşı korunması için yalıtım tekniklerinden önce yalıtım malzemelerinin özellikleri, gözenek yapısı ile ilgili fiziksel büyüklüklerinin ve su ile ilişkilerinin incelenmesi gerekir.

Teknolojinin yeni keşifleriyle ve ilerlemesiyle, elektro üretim adlı işlemi kullanarak çok ince çapa sahip “nanolif” üretimi gerçekleştirilmiştir. Nanolif membran malzemesinin nefes alabilme kabiliyetleriyle ilgili su buharı geçirgenlik deneyi, su geçirgenliği değerlerinin tayini için hidrostatik basınç deneyi ve kopma mukavemeti değerleri için deneyler yapılarak sayısal veriler elde edilmiştir.

### 1.1 Problemin Tanımı

İklim koşulları ve bina bünyesinde oluşan su buharı üretimi ve neden olduğu yoğuşmanın yarattığı sorunlardan dolayı su yalıtım katmanlarının nefes alması gerekmektedir. Bu problemin giderilmesi için yapı malzemelerinin özelliklerinin iyi seçilmesi gerekmektedir. Bu yüzden nanoteknolojinin yapı malzemeleri açısından sağladığı avantajlardan yararlanılmalıdır.

Bu nedenden dolayı nanoteknoloji yardımıyla üretilen nanolif membran malzemesinin çok ince yapıda lif çapına sahip olması ile çalışmaların bu konu üzerinde yoğunlaşması gerekliliğini doğurmaktadır.

## 1.2 Amaç Ve Kapsam

Bu tez çalışmasının amacı, inşaat sektöründe çatı ve dış cephe altı su yalıtım örtüsü olarak kullanılan iki farklı su yalıtım örtüleri ile nonwoven üzerine lamine edilmiş nanoliflerle oluşturulan nanolif membranların su buharı geçirgenlikleri, su geçirmezlik değerleri ve kopma mukavemetleri deneysel olarak incelenerek özellikleri ortaya koymak ve nanolif membranların çatı ve dış cephe altı su yalıtım örtüsü olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmaktadır.

Nanoteknoloji ile inşaat sektörü uygulamalarında kullanılan teknik tekstil olan su yalıtım örtüleri konusu ele alınmıştır ve kullanılan teknik tekstillerden olan nonwoven yüzeyler 'dokuma olmayan tekstil yüzeyler' olarak tanımlanmaktadır. Yapılan daha önceki deneysel çalışmalarda kullanılan nonwoven yüzeyler başka malzemeler ile lamine edilerek kompozit ürünler elde edilmiştir. Bu kompozit malzemelerden olan nanolif membranların inşaat sektörü açısından kullanılabilirliği irdelenilmiştir.

Amaç doğrultusunda yapılan literatür çalışması yapıldıktan sonra, deneysel çalışmalar yapılarak, sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

## 2.NANO TEKNOLOJİ VE NANOLİFLER

Atomal düzeyde mühendislik olan nanoteknoloji, nanometre (nm) ölçü birimini kullanır. Nanometre,metrenin milyarda biri kadar olan ölçüdür. Kısaca ‘nm’ olarak tanımlanır.

Nanoteknolojiyi farklı şekillerde tanımlamak mümkündür; nanometre ölçeğindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması kontrolü ve üretimi amacıyla, yeni malzemelere,cihazlara ve sistemlere, mekanik, optik, kimyasal, elektriksel, vs. özellikler kazandırılması şeklinde de nanoteknolojiyi tanımlayabiliriz.

Malzemenin büyüklüğü nanometre ölçütlerine inince, kuantum davranışlar bilinen klasik davranışların yerini almakta, üretilen yeni malzemeler klasik metotlar ile elde edilen makro boyutlardaki malzemelere kıyasla daha önce görülmeyen yeni üstün fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklere sahip olmaktadırlar.

Nanometre boyutlarına inen malzeme daha işlevsel, daha mukavemetli olabilmekte, kimyasal ve fiziksel özellikleri yapının büyüklüğüne ve atom yapısının ayrıntılarına göre çok farklı ve olağanüstü davranışlar sergilemekte, malzemeler daha kuvvetli, alabildiğine esnek, çok daha hafif veya daha farklı şekillerde ısı ve elektrik iletme özelliklerine sahip olabilmekte, magnetik ve optik özelliklerinde önemli ölçüde artma veya azalma olabilmektedir.

Kısaca, bir nano yapının fiziksel özellikleri, bağ yapısı ve dolayısı ile mukavemeti onun büyüklüğüne ve boyutuna bağlı olarak önemli değişimler gösterebilmektedir. Böylece üretilen nanoteknolojik malzemelerin daha dayanıklı, daha hafif ve daha hassas özelliklerle donatılmış olması günümüzde nanoteknolojiyi ilgi odağı haline getirmiştir.

## **2.1. NanoTecnolojinin Amaçları**

- 1) Nanometre ölçekli yapıların analizi ve imalatı
- 2) Nanometre boyutunda yapıların fiziksel özelliklerinin anlaşılması
- 3) Nano hassasiyetli cihazların geliştirilmesi
- 4) Alışıldan farklı ve üstün malzeme özellikleri /üretim süreçlerinin elde edilmesi,
- 5) Daha az malzeme ve enerji kullanımı

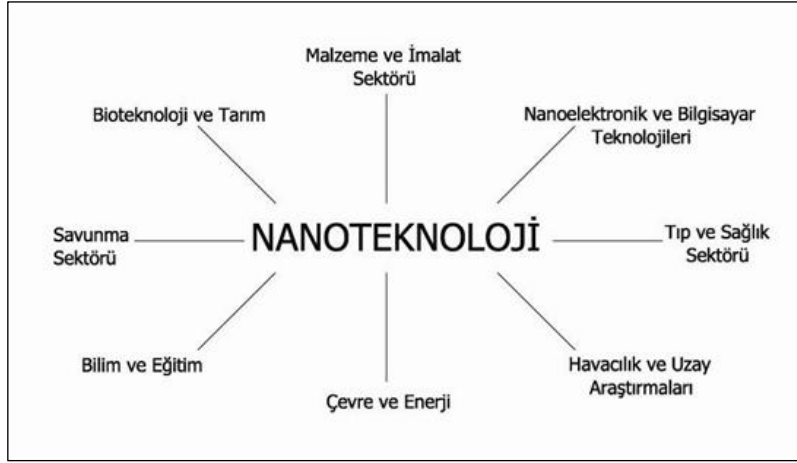
## **2.2. Nanotecnolojinin Avantajları**

Nanotecnolojinin önemi, atomlar ve moleküller seviyesinde 1-100 nm boyut skalasında çalışarak, gelişmiş ve/veya tamamen yeni fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklere sahip yapılar elde edilmesine imkan sağlamasından kaynaklanmaktadır. Teknik açıdan açıklamak gerekirse malzeme özellikleri ve cihazların çalışma prensipleri, genel olarak 100 nm'den büyük boyutları temel alarak yapılan varsayımların sonucunda ortaya çıkarılmış geleneksel modelleme ve teorilere dayanmaktadır. Kritik uzunluklar 100 nm'nin altına indiğinde ise geleneksel teori ve modeller, ortaya çıkan özellikleri açıklamakta çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. [6].

Nanotecnoloji işte burada devreye girmektedir. Daha sağlam, daha kaliteli, daha uzun ömürlü, daha hafif, daha küçük cihazlar ve malzemeler geliştirme isteği bir çok iş kolunda gözlenen eğilimlerdir. Bu şekilde bir üretimde daha az malzeme, daha az enerji, daha çok fonksiyon ve kullanımda kolaylık olarak uygulamada kendini göstermektedir.

Nanotecnoloji sayesinde, Malzeme ve imalat sektörü , Nanoelektronik ve bilgisayar teknolojileri, Tıp ve sağlık sektörü, Havacılık ve uzay araştırmaları, Çevre ve enerji, Biotecnoloji ve tarım, Savunma sektörü, Bilim ve eğitim v.s. bir çok uygulama alanlarında yeni ürünler geliştirilecek, günümüzün üretim süreçleri ve yöntemleri değişecektir.





**Şekil 2.1.** Nanoteknolojinin Kullanım Alanları

### 2.3.Nanoyapıları Elde Etme Yöntemleri

Nanoyapıların elde edilmesinde iki ana yöntem bulunmaktadır. Aşağıdan yukarıya “bottom-up” ve yukarıdan aşağıya “top down” olarak adlandırılan bu iki yaklaşımı şu şekilde özetleyebiliriz [6].

*a-Bottom-up:* Aşağıdan yukarıya yaklaşımı (küçükten büyüğe), moleküler nanoteknoloji olarak tanımlanabilir. Bottom-up yönteminin esası atomlar veya moleküller ile organik veya inorganik yapı inşa etmeye dayanır.

*b-Top-down:* Yukarıdan aşağıya yaklaşımı (büyükten küçüğe), makineler, asitler ve benzeri mekanik ve kimyasal yöntemler kullanılarak nano yapıların fabrikasyonu ve imâl edilmesi yöntemlerini ifade eder. Bu yöntemde küçük malzemelere ulaşmak için daha büyük malzemelerden başlanır.

Teknolojinin bugünkü seviyesi nedeni ile yapılan çalışmaların bir çoğu yukarıdan aşağıya (top-down) klasmanında değerlendirilir.

### 2.4.İnşaat Sektöründe Nanoteknoloji

İnşaat sektöründe kullanılan inşaat malzemeleri yerine, yüksek performanslı malzemelerin geliştirilmesi, farklı boyutta malzemelerin modellenip üretilmesi, çok fonksiyonlu malzemeler, polimerik malzemeler, gibi akıllı inşaat malzemelerinin hayatımıza girmesi nanoteknoloji kullanımıyla mümkün olacaktır.

## Nanoınşaat Teknolojisi

Nanoınşaatın hedefi, nanoteknoloji kullanarak günümüzde kullanılan inşaat malzemelerinden daha sağlıklı, daha dayanıklı ve emniyetli olan akıllı inşaat malzemeleri üretmektir.

“Nanotechnology in Construction, 2nd Intl. Symposium, Bilbao, 13-17th Nov. 2005” sempozyumuna konu olan “NANOCONEX” yol haritasına göre, Nanoconex projesinde üretilmesi planlanan nano inşaat malzemeleri:

- ✓ Biomimetrik malzemeler (Doğanın tasarımlarından oluşan malzemeler)
- ✓ Kompozitler, yani kendini adapte eden ara yüzeyler
- ✓ Őeklini hatırlayan ve tamir eden akıllı malzemelerden oluşmuş sistemler
- ✓ Akıllı nanoboyalar
- ✓ Yeni kontrollü, dayanıklı mekanizmalar
- ✓ Nanoparçacıklar, nanotüpler, nanolifler
- ✓ Fotovoltaik yüzeyler (Güneş enerjisi ile elektrik eldesinde kullanılan yüzeyler)
- ✓ Çelik: Paslanmaya dayanıklı
- ✓ Seramik, Tuğla, Cam
  - Bio- aktif yüzeyler
  - Güçlü seramik
  - Kendini temizleyen camlar
- ✓ Bitüm ‘polimer’
  - Nanolifler
  - Moleküler self assembly polimerler (self assembly:Düzensiz bir sistemin parçalarının bir araya gelerek organize ve düzenli bir yapıyı oluşturma özelliğidir)
- ✓ Kereste: Yoğun ve güçlü modifiye ya da sentetik keresteler. [6]

Ülkemizde nanoteknoloji alanında ciddi çalışmalar yapan kamu ve özel kurumlarımız vardır.Nanoteknoloji çalışmaları basta Odtü, Bilkent ve Gyte (Gebze İleri teknoloji Enstitüsü) olmak üzere birçok üniversitede kurulan nanoteknoloji araştırma merkezlerinde yapılmaktadır.

Arastırma merkezi olarak, Tübitak'ın bu alanda çalışmalar yapılmasını destekleyen bir kamu kurulusu olarak önemli bir yeri vardır.

Türkiye'de bazı özel sektör kuruluşlarda da nanoteknoloji konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan bazıları :

-Bekbars şirketinin kir tutmayan yüzeyler amaçlı, 'Nano Cam ve Seramik Koruması' kimyasal nano teknolojisi esas alınarak bir kaplama malzemesi üretmiştir.

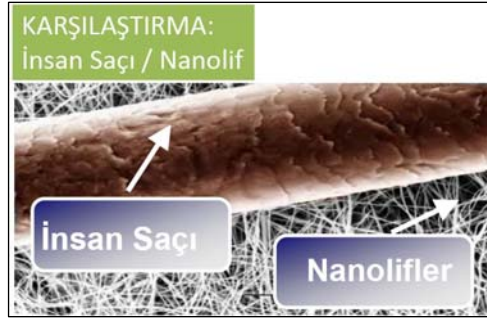
-Yaşar Holding fotokatalitik (ışıkla kendi kendini temizleyebilen), antibakteriyel, kolay kolay çizilmemesi, parlaklıklarını uzun süre koruması, homojen ısı dağılımı sağlaması gibi özellikleri ile Dyo Nano adıyla boya üretimi gerçekleştirilmiştir.

-NanoFMG (NanoFiber Membranes Group) 2005 yılından itibaren nano yapıli malzemeler ve nanoteknoloji tabanlı kompozit nanolif üretimi konusunda bilimsel ve endüstriyel araştırmalar yapmaktadır. Nanoteknoloji konusunda sürekli bir Ar-Ge kültürü oluşturan NanoFMG'nin amacı; önceki yıllarda laboratuvar ortamında gerçekleştirdiği elektrospinning yöntemiyle nanolif üretimi çalışmalarını endüstriyel sistem ve makinalarda geliştirerek polimer nanoliflerini pek çok alanda ticari ürünlere dönüştürmektir. Bu kapsamda çalışmaları Sanayi Bakanlığı'nın SAN-TEZ projesi ve TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir.

## 2.5. Nanolifler

Latince 'Cüce' anlamına gelen 'nano' kelimesi ile tanımlanan ifadeler, herhangi bir ölçünün milyarda birini gösterir. Örneğin; nanometre, metrenin milyarda birini (1nm =1/1000000000 m) ifade etmektedir. [19]

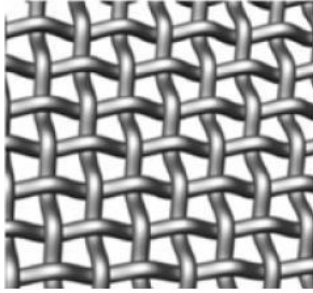
Nanolif, ortalama lif çapları nanometreler (nanometre= $10^{-9}$  metre) mertebesinde olan yaklaşık olarak bir insan saçı telinin binde biri kadar ince liflerdir. Genel anlamda lifler söz konusu olduğunda 'nano' terimi, lif çapının büyüklüğü hakkında bilgi verir. Günümüzde, mevcut lif üretim teknikleriyle çapı bir mikron ve altında lif üretilmediği için, çalışmalarda "çapı bir mikron ve altındaki lifler" nanolif olarak kabul edilmektedir.[20]



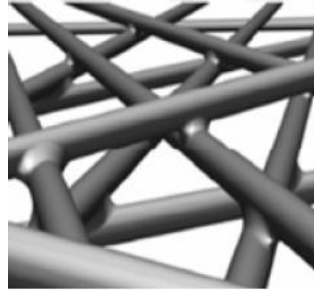
**Şekil 2.2.** Nanolif / İnsan Saçı İnceliklerinin Karşılaştırılması

Nanolifler geniş yüzey alanı, esnekliği, moleküllerin düzgün yönlenmesiyle elde edilmesi ve daha yüksek mukavemet değerleri sebebiyle tercih edilmelidir.

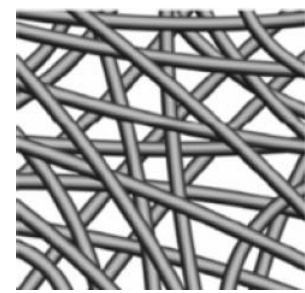
Nanolif teknolojisinin bir başka olası faydası, ağırlıktaki ya da hacimdeki yüzey alanı oranlarının hayli büyük bir sıçrama göstermesidir. Yüzey alanının ağırlığa ya da hacme oranının yükselmesi liflerin çekiminden doğan hataların iyileştirilmesine imkan tanıyacaktır.



Yüksek Yüzey Alanı



Esneklik, Rijitlik



Yüksek Gözezlilik

**Şekil 2.3.** Nanolif Özelliklerinin Şematik Görüntüsü

Nanoliflerin diğer yönleri aşağıdaki gibidir:

- Filtrasyonda yüksek performans.
- Su geçirmezlik, leke tutmazlık, kırıxıklığa karşı direnç gibi kumaş performans özelliklerinde olumlu yükselmeler.
- Gözenek boyutunu kontrol edebilme.
- İyi ve yumuşak bir tutum.
- Düşük esas ağırlık. [1]

## 2.6.Nanolif Üretim Yöntemleri

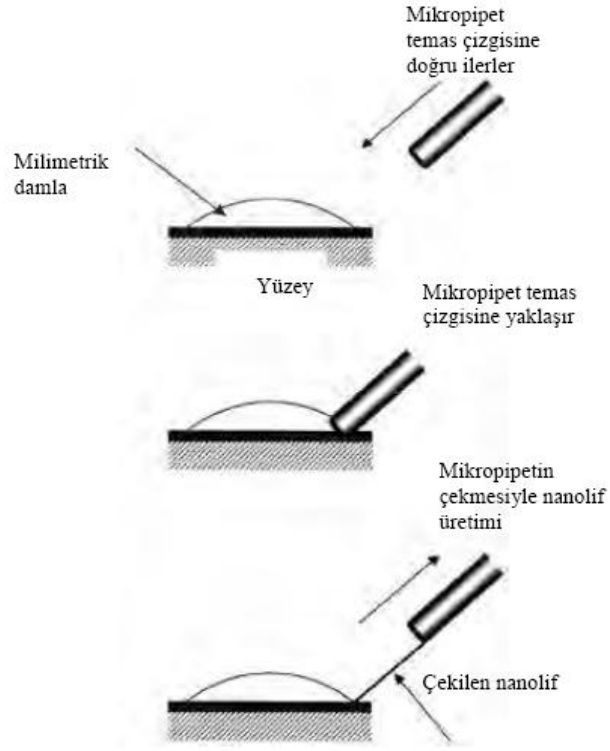
Polimerik nanolifler çok sayıdaki tekniklerle işleme tabi tutulurlar. Bunlardan bazıları; Çekme, Kalıp Sentezi, Faz ayrımı, Meltblowing ve Elektro üretim yöntemleridir. Bu yöntemler bu bölümde kısaca anlatılacaktır. Bu metotlarla ilişkili çeşitli meselelerin kıyaslanması tablo 2.1’de görülebilir. [4]

**Tablo 2.1.** Nanolif Eldesi İçin Proses Tekniklerinin Kıyası [4]

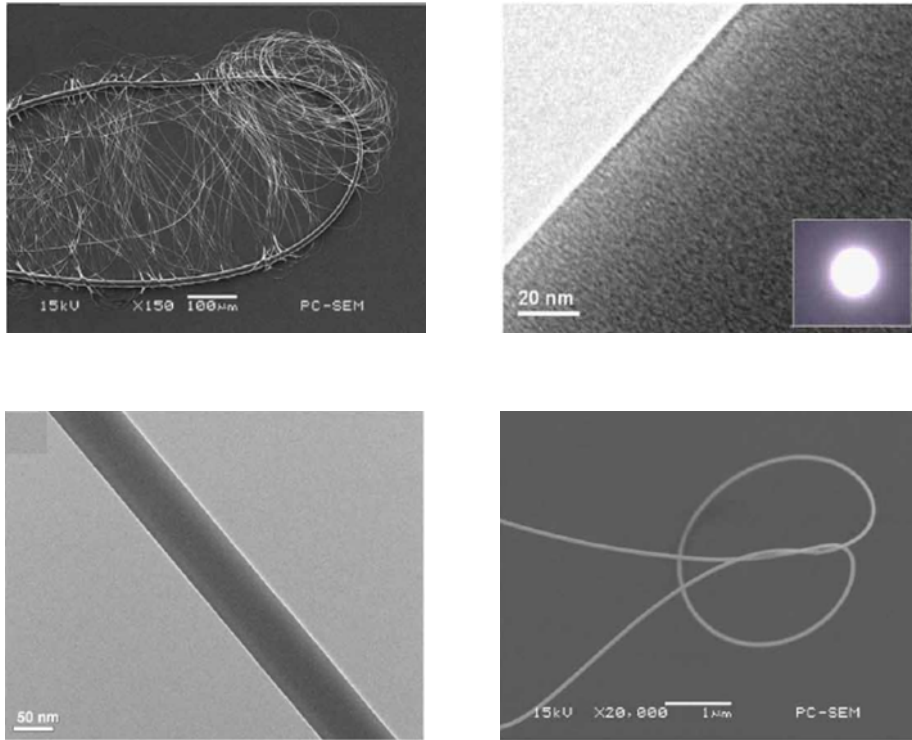
İşlem	Teknolojik İlermeler	İşlem ölçülebilir mi?	Tekrarlanabilir olması	İşleme Uygunluk	Lif boyutlarına hakimiyet
Çekme	Laboratuvar	X	√	√	X
Kalıp Sentezi	Laboratuvar	X	√	√	√
Faz Ayırma	Laboratuvar	X	√	√	X
Meltblowing	Laboratuvar	√	√	√	√
Elektroüretim	Laboratuvar (Endüstri için potansiyel bir işlem)	√	√	√	√

### 2.6.1.Çekme Yöntemi

Polimer çözeltisi hazırlanıp, bir yüzeye 1 damla damlatılıp, daha sonra çapı 100 mikron mertebelerinde olan bir mikropipet damlacık yakınındaki temas çizgisine daldırılmaktadır. Mikropipet daha sonra sıvıdan çekilir ve yaklaşık 0,1 cm/s hızıyla hareket ettirilerek çekilmiş bir nanolif elde edilmiş olmaktadır. Çekilen lif mikropipetin ucunun dokunuşuyla yüzeyde toplanmakta ve kurumaya bırakılmaktadır. (Şekil 2.4). Aynı işlem eriyiğede uygulamak mümkündür. Sonuç olarak 100 nm’den ince lifler üretilebiliyor. Bu işlemle 2 nm çapında 10 mikron uzunluğunda lif üretilebilmiştir.[4]



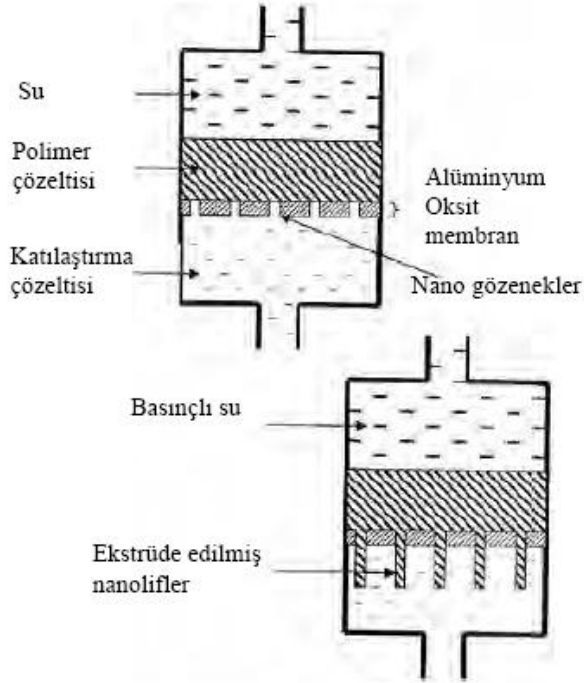
Şekil 2.4. Çekme Yöntemi ile Nanolif Eldesi[4]



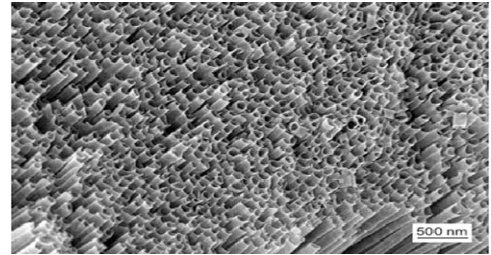
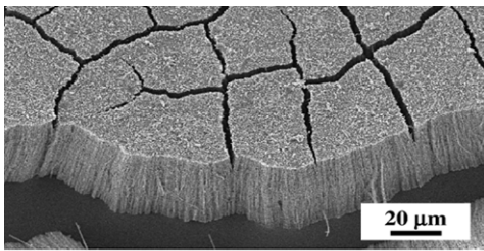
Şekil 2.5. Çekme Yöntemi ile Üretilen Nanoliflerin SEM Görüntüleri

## 2.6.2.Kalıp Sentezi Yöntemi

Kalıp sentezi arzu edilen bir yapının elde edilmesi için bir şablon veya kalıbın kullanılması işlemidir. Nano derecede çaplı gözenekleri olan bir metal oksit membran bu işlemde kalıp görevindedir (Şekil 2.6). İlk işlem metal membranın ZnO,SiO<sub>2</sub> ,SnO<sub>2</sub> gibi metal oksitler ile kaplanmasıdır. Su basıncı altında olan polimer çözeltisi kalıba doğru bastırıldığında nanolifler metal oksit membranın gözeneklerinden geçmekte ve altta ki katılaştırma çözeltisi ile nanolif donmuş hale gelmektedir. Eğer katılaştırma çözeltisi olmasaydı nanolifler yüzeye düşüp şekilleri bozulurdu. Bu işleme polimere ekstrüzyon uygulaması yani plastik şekil verme yöntemi de denilebilir ve kalıp kullanıldığı için lif çapı dağılımı çok düzgündür.[4]



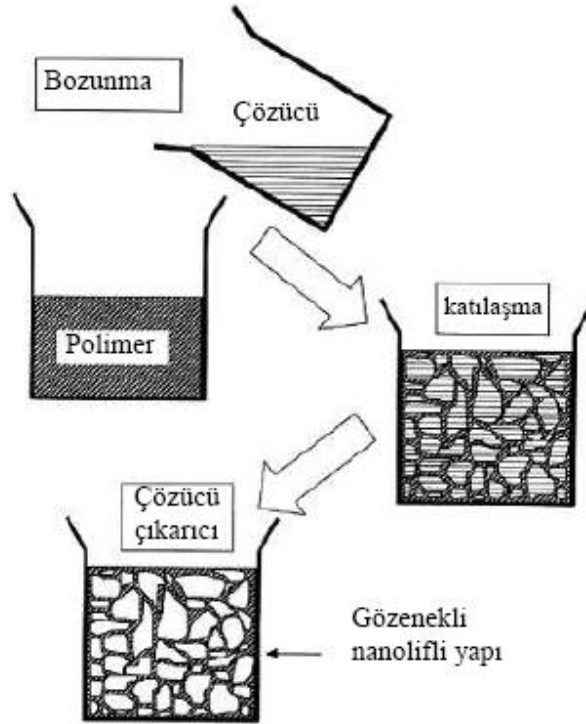
Şekil 2.6. Kalıp Sentezi Yöntemi ile Nanolif Eldesi [4]



Şekil 2.7. Kalıp Sentezi Yöntemi ile Üretilen Nanoliflerin SEM Görüntüleri

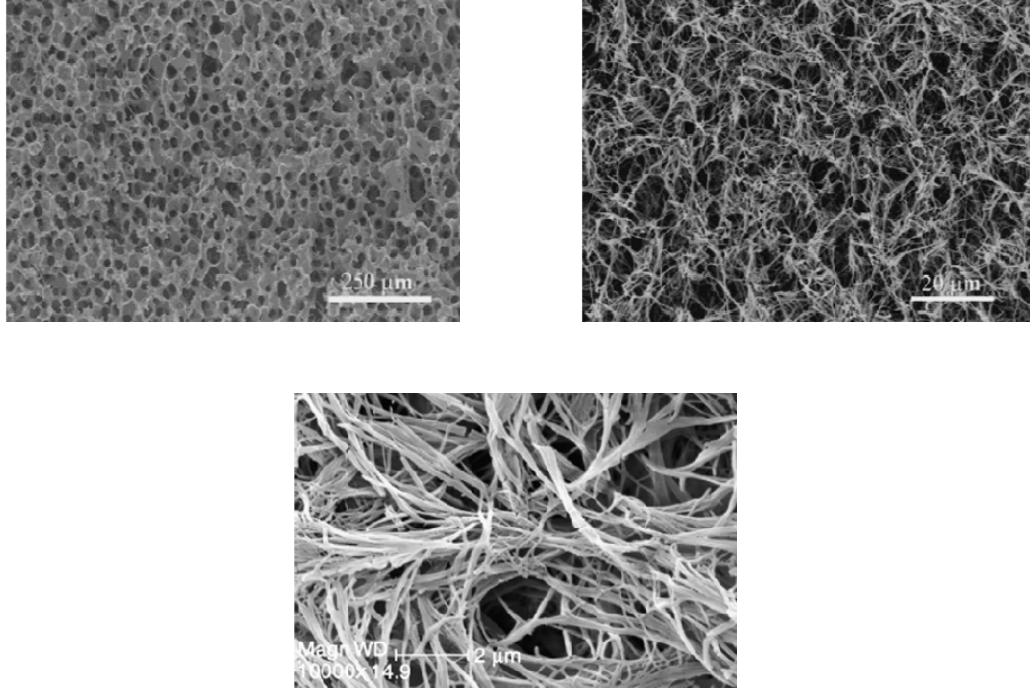
### 2.6.3.Faz Ayrımı Yöntemi

Faz ayırma işleminde, bir polimer katılaşmaya uğramadan önce, ilk olarak bir çözücüyle karıştırılır. Karışım jel kıvamında olana kadar beklenir, sonra polimer ve çözücü karışımını katılaştırmak için katılaştırma çözeltine boşaltılır. Bu işlemdeki ana mekanizma fazların ayrılmasıdır. Çözücü olan fazlardan biri çıkarılır ve geride kalan da diğer faz olur. Örneğin ;poliüretan polimeri kullanıldığında çözücü olarak dimetilforamit (DMF) kullanılır. Katılaştırmak için de su kullanılabilir. Poliüretan ile dimetilforamit karıştırdıktan sonra suyun içine boşaltılarak katılaşma sağlanır ve çözünme işlemi durdurulmuş olur. Ardından su ve dimetilforamit uzaklaştırılırsa poliüretan nanolif elde edilmiş olur. Faz ayırım işleminin basitleştirilmiş bir şeması aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir . [4]



**Şekil 2.8.** Nanolifli Yapı Eldesi İçin Faz Ayrımı Yönteminin Jenerik Şeması [4]

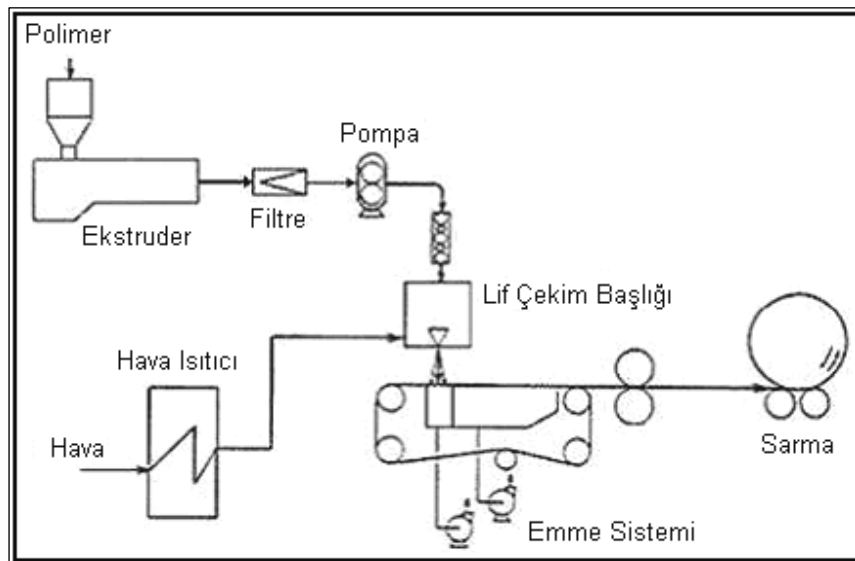




**Şekil 2.9.** Faz Ayrımı Yöntemi ile Üretilen Nanoliflerin SEM Görüntüleri

#### 2.6.4. Meltblowing Yöntemi ile Nanolif Üretimi

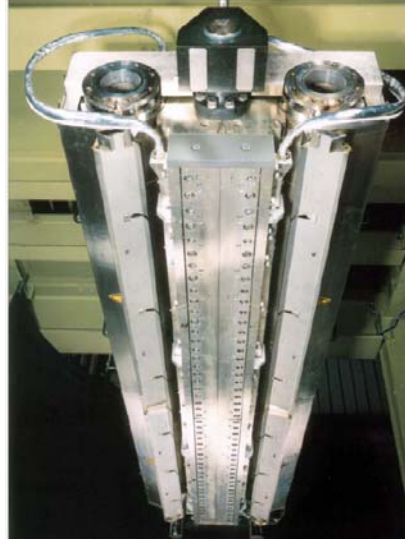
Günümüzde, çok miktarlarda küçük çaplı lif üretmek için kullanılan en yaygın üretim tekniği meltblowing tekniğidir. Lif çapı teorik olarak 0.5 ile 30 µm, pratik olarak ise 2-7 µm çaplarında lif üretmek mümkündür. Şekil 2.10.'da meltblowing yöntemi şematize edilmektedir [1].



**Şekil 2.10.** Meltblowing Yöntemi ile Üretimin Akış Şeması



Şekil 2.11. Meltblowing Yöntemi ile Üretimin Jenerik Şeması

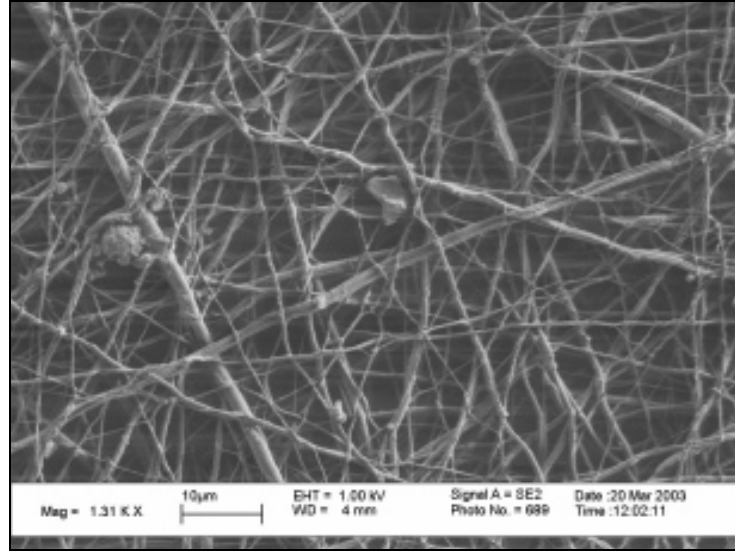


Resim 2.1. Meltblowing Yönteminde Kullanılan Düse Sistemi



Resim 2.2. Meltblowing Yönteminde Baskı Silindirlerinden Geçen Kumaş

Meltblowing sisteminde polimer, ekstruderde eritilip polimer eriği oluşturulur. Sonra bir pompa yardımı ile lif çekim başlıklarına gelmekte ve düşenin deliklerinden yüksek basınçta hava üflemesi ile çıkan filamentler inceltir. Lifler kesikli elyaf halinde aşağıda bulunan hareketli toplayıcı bant üzerine düşmektedir. İlerleyen bant baskı silindirlerden geçerek sıcaklıkla kumaşı inceltir ve böylece kumaş daha kompakt hale gelir. Böylece nanolif üretimi gerçekleşmiş olur. Şekil 2.12’de meltblowing yöntemi ile üretilen lifler gösterilmektedir [1].



**Şekil 2.12.** Meltblowing Yöntemi ile Üretilen Liflerin SEM Görüntüleri [1].

Polimerden doğrudan tekstil yüzeyi oluşturulur. Mikro lifler sağladığı geniş yüzey alanı sayesinde filtre ve yalıtım malzemelerinde yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Ancak üretim ekipmanı maliyetlerinin yüksek olması dezavantajı vardır.

### **2.6.5. Elektro Üretim Yöntemi ile Nanolif Üretimi**

Elektro üretim yöntemi, nanolif üretim teknikleri arasındaki en avantajlı yöntemdir. Bu yöntem Bölüm 3.7. de detaylı olarak açıklanacaktır.

Geleneksel lif üretim yöntemleri olarak tanımlanabilecek olan, elektro üretim dışındaki tüm diğer lif üretim yöntemleri, lif üretiminde mekanik kuvvetleri esas etken olarak kullanır. Öte yandan elektro üretim yöntemi, elektrik alan kuvvetleri yardımı ile polimerden lif oluşumunu sağlar ve bu yöntemde elde edilen liflerin çapları nanometre boyutundadır.

### **3.BİNA- İNŞAAT TEKNİK TEKSTİLLERİ ve MEMBRANLAR**

Yıllardır binalarda tekstil malzemeleri kullanılmaktadır. Bu malzemelerin kullanımını sentetik liflerin kullanımı ile birlikte artmıştır. Günümüzde hava alanları, stadyumlar, spor salonları, fuar ve gösteri salonları, askeri ve endüstriyel depolar gibi yerlerde bu malzemeler oldukça sık kullanılmaktadır. Bu kumaşların binalarda kullanılmasının çok sayıda avantajı bulunmaktadır. Bir kumaş kılıfının ağırlığı tuğla çelik veya betonun ağırlığının 1/30'u kadardır. Bu sayede hem maliyet azalmakta hem de daha az takviye gerektirmektedir. Oldukça kolay kuruluş oldukça kolay sökülürler. Kolay zarar görmez ve çabuk tamir edilirler. Deprem v.b. afetlere oldukça dayanıklıdır. Sentetikle kaplanmış veya lamine edilmiş kumaşlar mukavemeti ve çevresel dayanımı artırmaktadır.[23]

Duvarları rutubete karşı korumak için bazı tekstiller nefes alabilen membranlar olarak kullanılırken; nonwoven cam ve polyester kumaşlar, halihazırda, çatı kaplama uygulamaları için büyük ölçüde kullanılmaktadır. Lifler ve tekstiller bina ve ekipman yalıtımında da önemli bir rol oynamaktadır. Cam lifleri şu anda tüm dünyada asbest liflerinin yerine kullanılmaktadır.

Son yıllarda Amerikan DuPont firması, inşaat ve binaların kullanımları esnasında ortaya çıkabilecek sorunları önlemek amacıyla Tyvek adı altında su yalıtım örtülerini piyasaya sürmüştür. Tyvek örtüler, nemin atmosfere serbestçe ve güvenli bir şekilde çıkışını sağlarken aynı zamanda hava girişini kısıtlayıp su girişini engeller ve böylece binaların dış cephelerini korur. Tyvek, nefes alan su yalıtım örtüleri genel olarak esnek, yüksek yoğunluklu polimerden mamul dokunmamış elyaf malzemeleridir.

Yapı elemanları içindeki nem hareketi üç şekilde olur; infiltrasyon, kapillarite etkisi ve buhar difüzyonu.

1-İnfiltrasyon, sıcaklık farklarının oluşturduğu rüzgar etkisiyle oluşur. İçerideki sıcak ve nemli hava bina zarfındaki küçük deliklerden ve çatlaklardan dışarı kaçar, bu kaçıışı sırasında çatlaklardan geçerken içindeki nemin bir kısmı yoğunlaşarak çatlaklar içerisinde birikir veya çatlakların eğimine göre içeri veya dışarı sızar.

2-Kapilarite etkisi, gözenekli bir yapı elemanının sıvı suya doymasıyla birlikte, suyun kılcallık etkisi ile dikey olarak yapı elemanı içinde yükselmesi ve yapı elemanının yüzeyinden buharlaşması olayıdır. Kapilarite etkisi ile oluşan nemin kaynağı genellikle üst tabakalarda birikmiş zemin suyu veya temelde bulunan sabit bir su kaynağıdır.

3-Buhar difüzyonu, su buharının basınç farkından dolayı yapı elemanı içerisinden geçip düşük basınçlı ortama ulaşmasıdır. Buhar, kış aylarında ısı geçişinde olduğu gibi sıcak iç ortamdan soğuk dış ortama yapı elemanı içerisinden geçerek dışarı ulaşır. Yaz aylarında ise iklimlendirilmiş binalarda buhar dışarıdan içeri geçer.



**Resim 3.1.**Nemli Havanın Yoğuşması Sonucunda Sıva ve Boyalarda Dökülmeler [22]

İki veya daha fazla gazdan oluşan bir gaz karışımı, birbiriyle irtibatlı iki ayrı ortamda bulunursa bu iki gaz arasında konsantrasyonlar eşit oluncaya kadar molekül alışverişi olur (Dalton Kanunu). Bu olaya difüzyon adı verilir.

Difüzyon olayında temel itici güç karışımı oluşturan gazların konsantrasyon farkları yani kısmi basınç farklarıdır. Dolayısıyla buhar difüzyonunda da itici güç kısmi buhar basınçları arasındaki farktır.

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olması dolayısıyla farklı kısmi buhar basınçları meydana gelir. Kış mevsiminde , genellikle iç tarafta ısıtma ile birlikte çeşitli insan aktiviteleri dolayısıyla kısmi buhar

basıncı değeri, soğuk olan dış ortamdaki kısmi buhar basıncı değerinden yüksektir. Bu nedenle havadaki buhar molekülleri ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanı gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşmaya çalışır. [21]

### **3.1.Nefes Alabilen Su Yalıtım Örtüleri**

Günümüzde çatıların su yalıtım uygulamalarında daha çok bitüm esaslı malzemeler kullanılmaktadır. Ancak bu malzemelerin nefes alma özelliği olmadığı için, su buharının yoğuşma riskine karşı hava boşlukları ya da bacalar ile önlem alınmaya çalışılmaktadır.

Nefes alabilen su yalıtım örtüleri ise kırma çatılarda ve az eğimli metal çatılarda kullanılan, yüksek su buharı geçirgen yapıdaki örtülerdir. Nefes alabilmesi, konveksiyon (taşınım) yoluyla gerçekleşen ısı akışını minimize edebilmesi, su ve rüzgar geçirimsizliğine karşılık yüksek su buharı geçirgen yapısı bu örtülerin en önemli özelliklerindedir. Bu özelliklerine ek olarak, uzun ömürlü, UVye dayanıklı, hafif ve kolay uygulanabilir olması, küf ve mantar oluşumunu desteklememesi gibi sebeplerle nefes alabilen su yalıtım örtüleri tüm dünyada çatı elemanlarının su yalıtımında en çok tercih edilen malzemelerden biridir.

### **3.2. Nefes Alabilen Su Yalıtım Örtülerinin Sahip Olması Gereken Özellikler**

Nefes alabilen su yalıtım örtüleri bitümlü örtülerden daha yüksek su buharı geçirgen bir yapıya sahiptirler. Bu özellikleri sayesinde bina içindeki su buharı, bünyelerinden geçerek üzerindeki hava boşluğundan kolayca dışarı atılacaktır. Böylece nem akışı dengelenerek yoğuşma riski ortadan kalkacaktır. Ancak zamanla malzemede gözenek tıkanması oluşmamalıdır. Aksi takdirde, malzemenin nefes alabilme özelliği ortadan kalkacaktır. Bu sebeple nefes alabilen su yalıtım örtüleri için, mekanik olarak delinmiş mikro delikli lifli yapı idealdir.

İdeal nefes alabilen su yalıtım örtüleri, yüksek su buharı geçirgenlik özelliğine ek olarak aşağıda verilen özelliklere de sahip olmalıdır. [24]

a) *Su, Hava ve Rüzgar Geçirimsiz Olmalıdır:* Nefes alabilen su yalıtım örtüleri 1000 mm yüksekliğe kadar hidrostatik basınca dayanma özelliğine sahip olmalıdırlar. Yani şiddetli yağışa maruz kalsalar bile kar ve yağmur suyunun alt tabakalara geçerek ısı yalıtımının ıslanmasına da engel olmalıdırlar.

Günümüzde ülkemizde mevcut yönetmelikler ve standartlar sadece kondüksiyon (iletim) yoluyla gerçekleşen ısı kayıplarına yönelik olup, konveksiyon (taşınım) yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları hesaplara dahil edilmemektedir.

Nefes alan örtüler ise, hava geçirimsiz özellikleriyle ve sıkı örgü olmayan matris yapılarıyla, çatıdaki boşluklardan konveksiyon (taşınım) yoluyla gerçekleşen ısı akışını minimize ederek, ısı kayıplarını azaltırlar. Böylece mekan içinde ısıl açıdan konfor koşullarının sağlanması konusunda ısı yalıtımına yardımcı olurlar.

b)Hafif Ama Dayanıklı Olmalıdır: Kağıttan hafif (60-140 gr/m<sup>2</sup>) yapılarına rağmen rüzgar gücüne ve yırtılmaya karşı yüksek dirence sahip olmalıdırlar.

c)Uzun Ömürlü Olmalıdır: Nefes alabilen su yalıtım örtüleri, bina ömrüne eşit bir ömre sahip olmak üzere tasarlanmalıdırlar. Gözenekli yapılarını, nefes alabilme ve diğer özelliklerini zamanla kaybetmemelidirler.

d)Uygulama Kolaylığına Sahip Olmalıdır: Nefes alabilen su yalıtım örtüleri hafif oldukları için rulo halinde çatı seviyesine kolaylıkla çıkarılabilirler. Söz konusu malzemeler esnek yapıya sahip olmaları sebebiyle sarılmaktan, katlanmaktan etkilenmezler.

e)Çevreye Dost Yapıda Olmalıdır: Nefes alabilen örtüler, nem seviyesini dengeleyerek, ahşap çatı konstrüksiyonundaki elemanlarda, küflenme ve çürümeye karşı koruyucu katkı maddeleri (çeşitli ahşap koruma kimyasalları) gerektirmemelidirler. Ayrıca bu örtüler % 100 geri dönüşümlü bir yapıya sahip, çevre dostu malzemeler olmalıdır.

f)Yeterli Sıcaklık Dayanımına Sahip Olmalıdır: Çatılarda karşılaşılan sıcaklıklara karşı rahatlıkla kullanılabilmeli, esnekliğini korumalı ve güneşin UV ışınlarına karşı dayanıklı olmalıdırlar.

g)Birlikte Kullanıldığı Malzemelerden Etkilememelidir: Nefes alabilen örtüler pek çok organik ve inorganik kimyasallara (organik ahşap koruyucuları vb.) karşı dayanıklı olmalı, fiziksel özelliklerini kaybetmemelidirler.

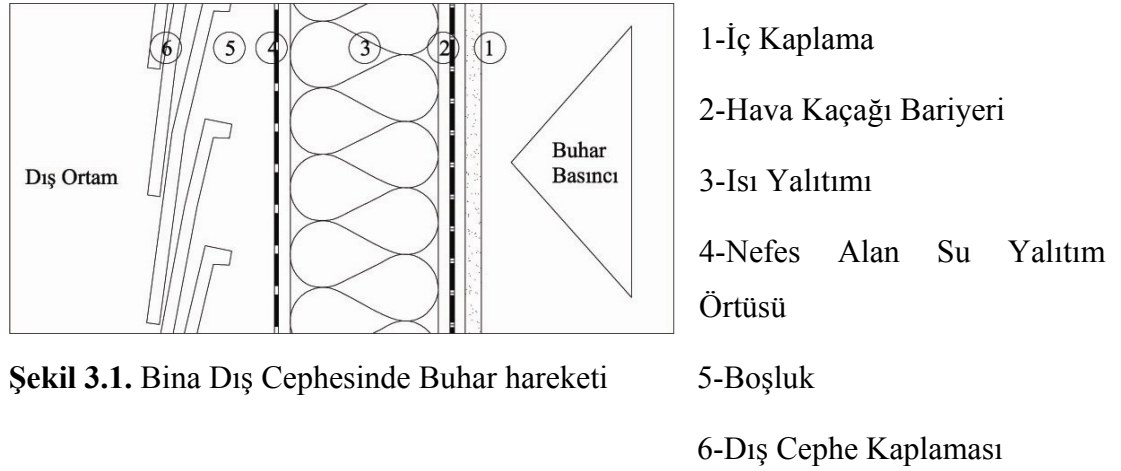
### 3.3.Nefes Alan Su Yalıtım Örtülerinin Kullanım Alanları

İnşaat ve binaların kullanımları sırasında ortaya çıkabilecek sorunları önlemek amacıyla nefes alabilen membranlar geliştirilmiştir.Başlıca sorunlar ve nedenleri aşağıda özetlenmiştir:

- ✓ İklim:Yağmur, kar, dolu, rüzgar, kırağı
- ✓ Yoğuşma:Binaların yapısında oluşur.
- ✓ Su Buharı Üretimi:Mutfak, banyo, yaşayan canlılar...

Nefes alan su yalıtım örtülerinin binalar ve binalarda yaşayan kişilerin iklimsel etkiler ve yoğuşmadan ötürü meydana gelebilecek risklere karşı korunması amacıyla kullanım alanlarını tariflemektedir.

Nefes alan su yalıtım örtüleri ayrıca ısı, hava ve nemin bina çevresindeki hareketlerini kontrol altına alarak binaların enerji verimliliğini arttırmakta ve bu sayede çevre korunmasına önemli bir katkıda bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Bina Dış Cephesinde Buhar hareketi

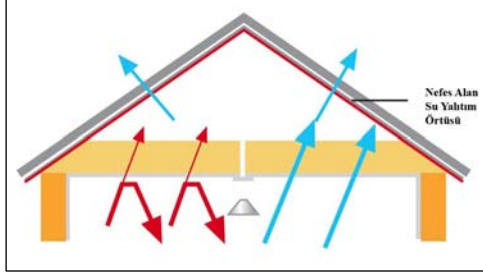
#### Projelendirmede Dikkat Edilecek Hususlar :

Kırma çatılar genel olarak soğuk veya sıcak çatı olarak adlandırılır.Soğuk çatılarda, soğuk bir tavan arası bırakılarak ısı yalıtımı çatı döşeme seviyesinde, diğer taraftan sıcak çatılarda ise ısı yalıtımı mertek üstünde örten bir şekilde veya mertek arasında yapılmaktadır.



### Soğuk çatılarda:

Isı yalıtımı çatı döşemesine konulduktan sonra Nefes Alan Su Yalıtım Örtüsü çatı tahtası veya mertek üzerine serbest olarak uygulanır.



Ek havalandırma yapmadan su buharı geçişine izin verir. Hava geçirimsiz çatı ısı kaybını minimize eder.

**Şekil 3.2.** Nefes Alan Su Yalıtım Örtülü Soğuk Çatı

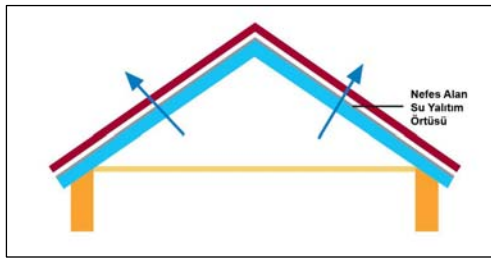


Havalandırma kaynaklı ısı kaybı oluşur. İçeri toz ve istenmeyen maddeler girer.

**Şekil 3.3.** Geleneksel Soğuk Çatı

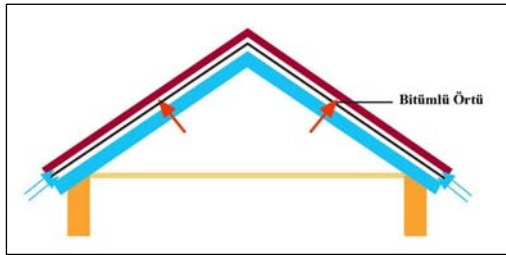
### Sıcak çatılarda:

Isı yalıtımı mertek arasına veya üzerine konulduktan sonra Su yalıtım örtüsü doğrudan ısı yalıtımının üzerine serbest olarak uygulanır.



Çatı alanı sıcaktır ve nefes alır.

**Şekil 3.4.** Nefes Alan Su Yalıtım Örtülü Sıcak Çatı



Sistem çift havalandırmalı bir yapı gerektirir.

**Şekil 3.5.** Geleneksel Sıcak Çatı

Geleneksel çatı yapımında nefes alabilen su yalıtım örtüsü :

Kullanılan su yalıtım örtüsü; mertekler veya baskı çıtaları üzerine serbest bir şekilde veya baskı çıtalarıyla çatı tahtası/ısı yalıtımı üzerine tutturularak uygulanabilir. Su yalıtım örtüsü yeterli mukavemete sahip, suya karşı dirençli veya dayanımlı olmalıdır.

a) Nefes Alan Su Yalıtım Örtüleri ile Havalandırmaz Soğuk Çatılar

Isı yalıtımının döşeme seviyesinde kaldığı geleneksel soğuk kırma çatılarda, çatı arası deliksiz bir biçimde, hava geçirimsiz olarak tasarlanmalıdır. Soğuk kırma çatılarda bitüm esaslı membranların kullanılması durumunda, su buharının yoğunlaşmadan dışarı atılabilmesi için açık saçak kullanılmalı ve membranin her iki tarafında hava boşluğu bırakılmalıdır. Ancak söz konusu uygulama, kontrolsüz hava hareketlerine, sıcaklığın düşmesine, kir ve böceklerin içeri girmesine neden olacaktır. Oysa soğuk kırma çatılarda mertek üzerine uygulanan nefes alabilen su yalıtım örtüleri ile, iç ortamdaki su buharı ve çatı kaplamasından içeri sızan su, tek hava boşluğu ile güvenli bir biçimde dışarı atılacaktır. Bu uygulamada örtü üzerinde 50 mmlik bir hava boşluğu bırakılması yeterlidir. Burada hava sızıntısının (konveksiyon) önlenmesi amacıyla bir buhar dengeleyici katmanın ısı yalıtım malzemesinin altına serilmesi tavsiye edilmektedir.

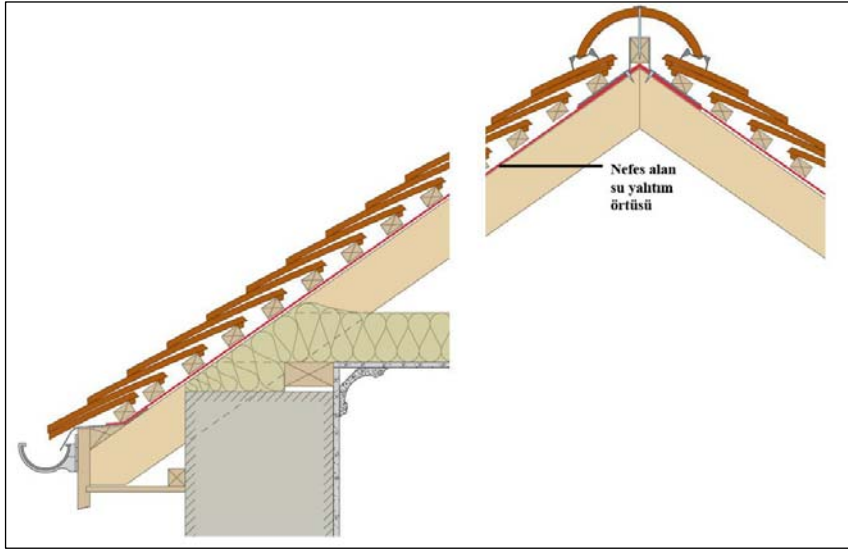
Su yalıtım örtüleri altında havalandırma yapmanın amacı, çatı ve ısı yalıtımı arasında yoğunlaşma riskini önlemektir. Su ve ısı yalıtımı arasında kalan hava boşluğunda meydana gelen hava döngüsünün olumsuz etkileri;

- ✓ Isı yalıtım malzemesinin yalıtım özelliğinde azalma,
- ✓ Binadan tavan arasına ve dış ortamdan içeriye ısı taşınımını kolaylaştırma,
- ✓ Tavan arasına kir, toz ve böcek gibi istenmeyen madde girişi artması,
- ✓ Bina içerisinde harici nem girişine sebep olmasıdır.

Nefes alan su yalıtım örtüleri, düşük difüzyon direncine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Nefes alan su yalıtım örtüsü altında havalandırmaya gerek kalmadan nemin serbest bir şekilde atmosfere geçişi sağlanır.

Nefes alan su yalıtım örtülerinin kullanıldığı havalandırmaz soğuk çatılarda yoğunlaşma problemi ortadan kalkar, bu çatılarda daha az hava döngüsü meydana gelir

ve sonuç olarak geleneksel soğuk çatı sistemlerine kıyasla enerji verimliliği daha fazla olmaktadır. [17]



**Şekil 3.6.** Havalandırmaz Soğuk Çatı sistemi-Saçak ve Mahya Detayı [17]

***b) Nefes Alan Su Yalıtım Örtüleri ile Havalandırmaz Sıcak Çatılar***

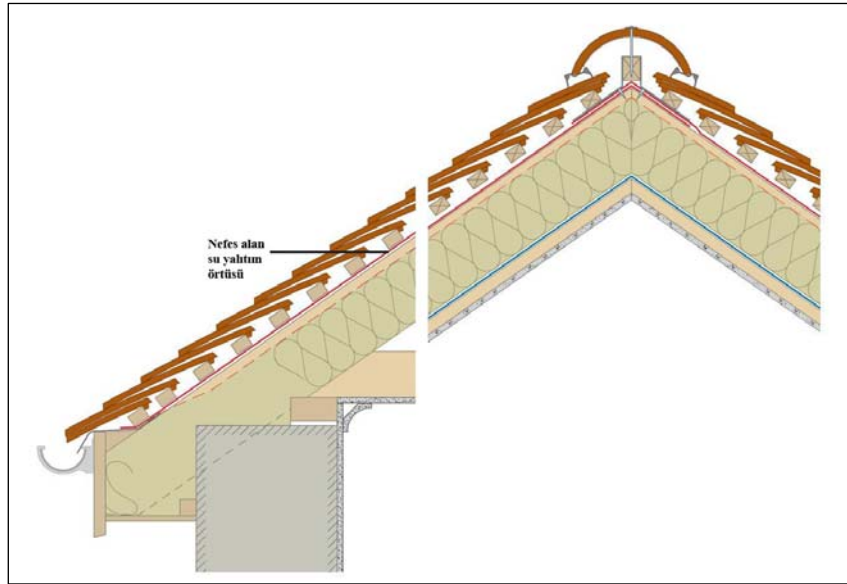
Binaların çatıda yaşama mekanı olan bölümleri sıcak kırma çatılı olarak tasarlanmalıdır. Soğuk kırma çatılarda bitüm esaslı membranların kullanılması durumunda ortaya çıkan çift hava boşluğu gereği sıcak kırma çatılar için de geçerlidir. Yine benzer şekilde sıcak kırma çatılarda da, hava boşluklarından ve deliklerden oluşacak sızıntılar sebebiyle ısı kayıpları gerçekleşecek ve sıcaklık düşecektir. Nefes alan örtülerin kullanımıyla, su buharının tek hava boşluğuyla yoğunlaşmadan kolayca dışarıya atılması sağlanacak ve hava geçirimsizlik özelliğiyle ısı kayıpları da engellenecektir. Soğuk kırma çatı uygulamasında olduğu gibi bu uygulamada da örtü üzerinde 25 mmlik bir hava boşluğu bırakılması yeterlidir ve maksimum enerji verimini sağlamak için ısı yalıtım malzemesinin sıcak tarafında buhar dengeleyici/hava kesici bir tabaka kullanılmalıdır.

Sıcak çatı sistemi uygulamaları birçok avantaj sunmaktadır. Bu avantajlar arasında;

- ✓ Çatı arası mekan olarak kullanılabilir,
- ✓ Isı kaynaklı hareketlerden dolayı binada oluşan gerilmeler azalmaktadır,
- ✓ Rijit yapıda bir ısı yalıtımının kullanılması sayesinde çatının stabilitesi artmaktadır.

Geleneksel sıcak kırma çatı uygulamalarında, çatıya etki eden rüzgar yüklerine karşı bitümlü membranlar kullanılmaktadır. Bitümlü membran kullanılmasıdaki başka bir neden ise rüzgarla gelen yağmur ve kara karşı su yalıtım görevi yapmasıdır. Bitümlü membranların su buharı difüzyon direncinin yüksek olmasından dolayı, ısı taşınımı sırasında çatıdan yükselen nem membran altında yoğunlaşarak çatının yapısına zarar verecektir. Bu durum ısı yalıtımını olumsuz bir şekilde etkiler ve performansını düşürür. Eğer ısı yalıtımını mertek derinliğini kaplıyor ise hava boşluğu yaratabilmek için baskı çıtalarının kullanılması gerekir.

Nefes alan su yalıtım örtüleri ile havalandırmasız sıcak çatı kullanılması durumunda, hem yoğunlaşma riski kontrol altına alınmış olacak, hem de hava girişine bağlı olarak meydana gelecek ısı kayıpları asgariye indirilecektir. Hava hareketlerini ortadan kaldırmak enerji verimliliğini önemli ölçüde artırmaktadır. [17]



**Şekil 3.7.** Havalandırmasız Sıcak Çatı Sistemi-Saçak ve Mahya Detayı [17]

### c) Az Eğimli Metal Çatılarda Nefes Alabilen Su Yalıtım Örtüleri

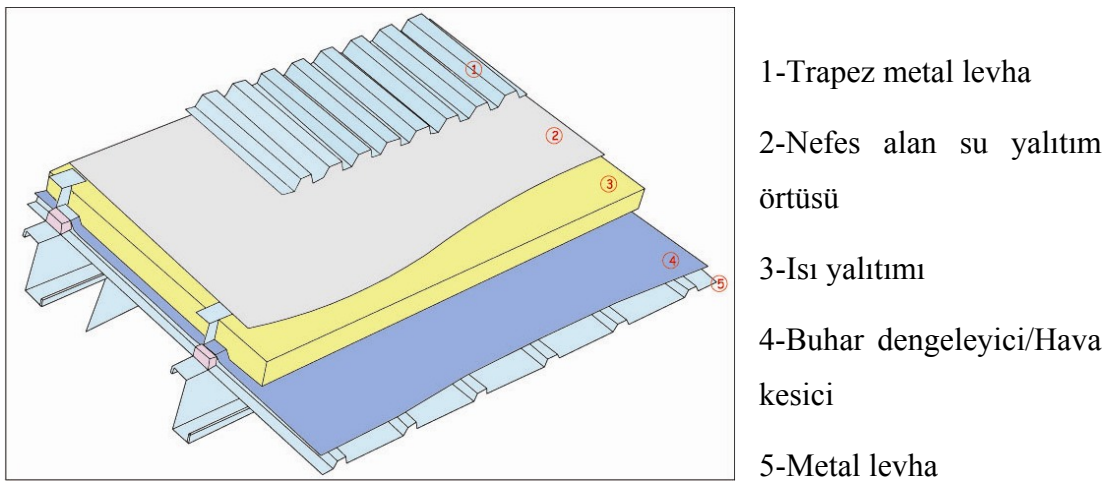
Yoğunlaşma riskinin yüksek olduğu az eğimli metal çatılarda nefes alan örtülerin kullanımı ile büyük avantaj sağlanır. Bu çatılarda yoğunlaşma sonucunda biriken su alttaki metal çatı levhasının ve sabitleme elemanlarının paslanmasına neden olur. Nefes alan örtülerin kullanımı ise su buharının geçmesine izin verecek ve su buharı soğuk metal yüzeye çarparak yoğunlaşp damlasa bile su yalıtım malzemesinden öteye geçemeyecektir. Böylece ısı yalıtım malzemesi ıslanmayarak

özelliklerini kaybetmeyecek ve yüksek düzeyde bir ısı performans elde edilecektir. Diğer uygulamalarda olduğu gibi burada da ısı yalıtım malzemesinin altında buhar dengeleyici / hava kesici kullanımı önerilmektedir.

Metal taşıyıcı kiriş üzeri metal levha örtülü çatılarda,yoğuşma riski oldukça fazladır ve bina içindeki su buharı dış metal levha altında yoğuşur.Yoğuşan su buharı tekrar damlayarak ısı yalıtımının suya doymun hale gelmesine ve vida gibi metal aksamların zarar görmesine sebep olur. Gece iklim koşullarında yoğuşma suyu çatı levhasının alt tarafında donup gündüz koşullarında çözülerek ısı yalıtımı ve çatı içerisinde günden güne birikir.

Metal taşıyıcı kiriş üzeri metal levha örtülü çatılarda, ısı gerilmeler sonucunda sabitleme delikleri genişleyip, bindirmeler üzerindeki yapıştırma bantları yerlerinden kayabilir.Bunlara bağlı olarak metal çatının rüzgar geçirimsizlik özellikleri azalıp, rüzgar etkisiyle gelen yağmur dış kaplamadan çatı içerisine nüfuz edebilir.

Profil destekli bir metal çatının performansı ısı yalıtım üzerine buhar difüzyon özelliğine sahip, hava ve su geçirimsiz nefes alan su yalıtım örtüsü serilmek suretiyle iyileştirilir.Yüksek buhar geçirimliliği sayesinde nefes alan su yalıtım örtüsü, binanın iç kısımlarından metal levha altındaki hava boşluğunda hareket eden su buharı için bir bariyer teşkil etmez. Nefes alan su yalıtım örtüsü üzerinde oluşan yoğuşma suyu, güvenli bir şekilde su giderlerine yönlendirilerek ısı yalıtımı ve çatı yapısının zarar görmesi önlenir. [17]



**Şekil 3.8.** Düşük Eğimli Trapez Metal Çatıda Nefes Alan Su Yalıtım Örtüsü

#### d) Nefes Alan Su Yalıtım Örtüleri ile Dış Cephe Siding Uygulamaları

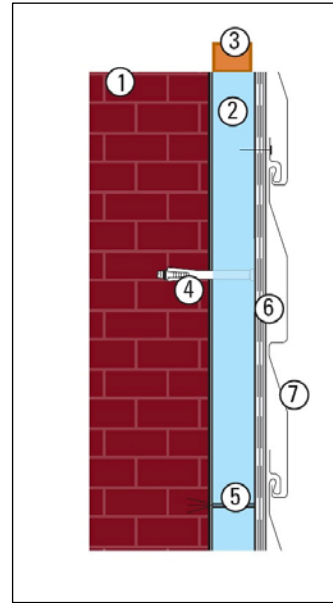
Ahşap konstrüksiyonlu duvarlara sahip binalarda yoğuşma riski, kullanılan malzemelerin özelliklerine, su buharı difüzyon dirençlerine, iç ve dış hava koşullarına ve buhar dengeleyici malzemenin etkinliğine bağlıdır. Dolayısıyla nefes alabilme özelliği bu tip binalarda çatılarda olduğu kadar duvarlarda da önemli bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ahşap konstrüksiyonlu duvarlara sahip binalar Amerika'da çok yaygın olarak (yaklaşık % 95 oranında) kullanılmakta olup; ahşap elemanların ıslanma sonucunda çalışmasına karşı nefes alabilen bir su yalıtım örtüsü tercih edilmektedir. Nefes alabilen su yalıtım örtüleri su buharı geçirgen, ancak su, hava ve rüzgar geçirimsiz yapılarıyla ahşap konstrüksiyonlu duvarlar için idealdir. Bu örtülerin kullanımı ile duvarlar kanalı ile dış ortamdaki yapıya gelebilecek olan su önlenir ve iç ortamdaki su buharı başarılı bir biçimde dışarı atılacaktır. Ek olarak, su buharının kontrollü bir biçimde yapıdan uzaklaştırılması için buhar dengeleyici malzemenin ısı yalıtım malzemesinin sıcak tarafında kullanılması önerilmektedir. Böylece su buharı yapı içerisinde yoğuşmadan, ahşap elemanlara zarar vermeden ve ısı yalıtım malzemesinin ısı performansının düşmesine sebep olmadan dışarı atılacaktır.

Siding kaplamanın bindirme yerlerinde oluşan boşluklardan havanın girmesi, taşınım yolu ile meydana gelecek ısı kayıplarını hızlandırıp, binanın ısısal performansını azaltır. Hava geçirimsiz özelliği sayesinde yapının ısı yalıtımına katkıda bulunur. [17]

Siding uygulamasında kullanılan nefes alabilen su yalıtım örtülerinin avantajları:

- ✓ Rüzgarla gelen yağmurun bina içerisine nüfuz etmesini engelleyerek binayı korur.
- ✓ Su buharının bina içerisinden dışarıya emniyetli bir şekilde geçişini sağlayarak, yoğuşma riskini ortadan kaldırır.
- ✓ Dışarıdaki soğuk havanın içeriye girişini ve içerideki sıcak havanın dışarıya kaçmasını engelleyerek, ısı kayıplarını azaltır.

- 1-Mevcut Duvar
- 2-Isı Yalıtımı
- 3-Ahşap, pvc veya metal çerçeve (karkas)
- 4-Çerçeve bağlantı elemanı
- 5-Isı yalıtım bağlantı elemanı
- 6-Nefes alabilen su yalıtım örtüsü
- 7-Siding



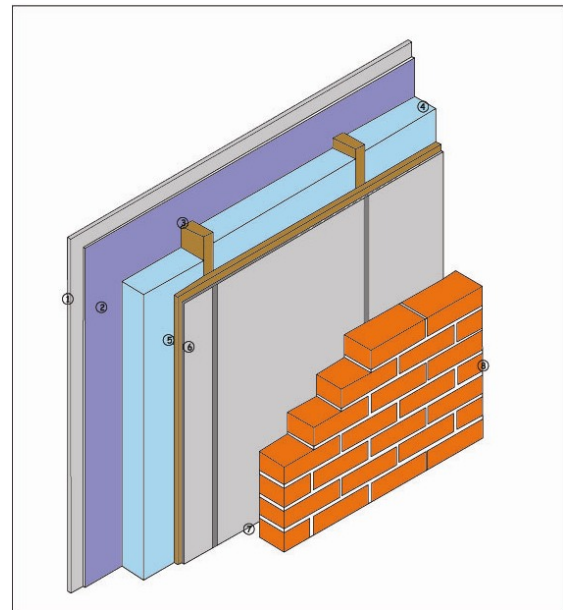
Şekil 3.9. Duvarlarda Siding Uygulaması [17]

e) Nefes Alan Su Yalıtım Örtüleri ile Ahşap/Metal Taşıyıcılı Duvarlar

Binalardaki tüm duvarlar, binanın iç kısmını dışarıdaki iklimsel koşullardan koruyacak şekilde projelendirilir ve inşa edilir. Yağmurun bina içine nüfuz etmesi ve yoğunlaşma riski önlenmeli, ısı kayıpları asgari düzeye indirilmelidir.

Dış cepheden rüzgar etkisiyle gelen yağmura ve kara karşı koruma amacıyla, yapısal çerçevenin ve ısı yalıtımının nemden ötürü zarar görmesini engellemek için duvarlarda buhar geçirgen ve aynı zamanda su yalıtımı sağlayan bir ürün kullanımı tavsiye edilmelidir. [17]

- 1-İç Duvar Kaplaması
- 2- Buhar dengeleyici/Hava kesici
- 3-Ahşap veya Metal Çerçeve (Karkas)
- 4-Isı Yalıtımı
- 5-Kaplama
- 6-Nefes Alabilen Su Yalıtım Örtüsü
- 7-Havalandırma Boşluğu
- 8-Dış Duvar Kaplaması



Şekil 3.10. Ahşap Taşıyıcı Duvar Sistemi

Sonuç olarak nefes alabilen su yalıtım örtüleri sahip olduğu özelliklerle ideal bir malzeme olarak kullanıcılarına problemsiz çözümler sunmaktadır.

Nefes alabilen su yalıtım örtüleri ile yapılan uygulamalarda ısı yalıtımının sıcak tarafına, buhar dengeleyici bir malzeme kullanımı da önerilmektedir. Bu malzeme hem nem kontrolü, hem de hava geçirimsizlik sağlamalı ve yoğuşmayı önleyecek optimum bir su buharı difüzyon direncine sahip olmalıdır. Dolayısıyla söz konusu malzemenin, nefes alabilen su yalıtım örtüleri ile birlikte kullanımı, iç mekanı hava sızıntılarına karşı geçirimsiz kılarken, çatı içindeki su buharının da kontrollü bir biçimde dışarı atılması sağlanmalıdır.

### **3.4.Membranlar**

Membran çok genel anlamda seçici bir şekilde iki ortamı ayıran yüzeyler olarak tanımlanabilir. Ayırma işlemi membranın basınç farkı, derişim (kimyasal potansiyel) farkı, elektriksel potansiyel farkı ve sıcaklık farkının biri veya kombinasyonlarıyla oluşturulan itici kuvvetle gerçekleşmektedir. Ayırma işlemini gözenekli membranlar boyut, şekil, ve yük ayırımına göre, gözeneksiz membranlar ise sorpsiyon (nem alışverişi) ve difüzyon modeline göre kontrol ederler. Ayrıca membran filtresi, milyonlarca gözenekten oluşan ince polimerik bir filminden oluşmaktadır [1].

#### **3.4.1.Membranların Temel Özellikleri**

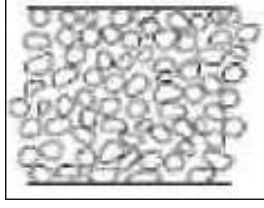
Genel olarak bir membranın performansını belirleyen özelliklerin başında dayanıklılık gelir. Dayanıklılık, membranın ilk kullanımdaki performansını kullanımdan sonra ne kadar kaybettiği ile alakalıdır.

##### **3.4.1.1. Gözenek Özellikleri**

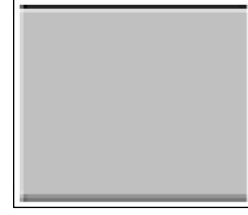
Membranlar simetrik ve asimetric olarak sınıflandırılabilirler. Bu iki membran tipi arasındaki fark asimetric membranlarda gözenek boyutu üst tabakaları ile alt tabakaları karşılaştırıldığında farklı boyutta olmasıdır. Üst tabakanın tamamen gözeneksiz olması veya farklı malzemedan yapılmış olması da mümkündür. Eğer farklı malzeme kullanılmış ise bu durumda kompozit membran olarak adlandırılır. Simetrik membranlarda gözenekler ya uzun kanallar formunda ya da sünger yapıda olabilir. Simetrik membranlarda tamamen gözeneksiz (ör: homojen filmler) olabilir.[13]



### Simetrik Membranlar

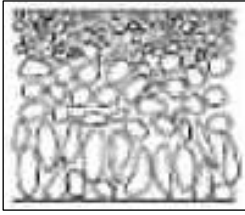


Mikrogözenekli membran

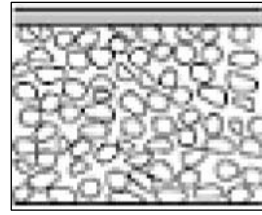


Yoğun Membran

### Asimetrik Membranlar



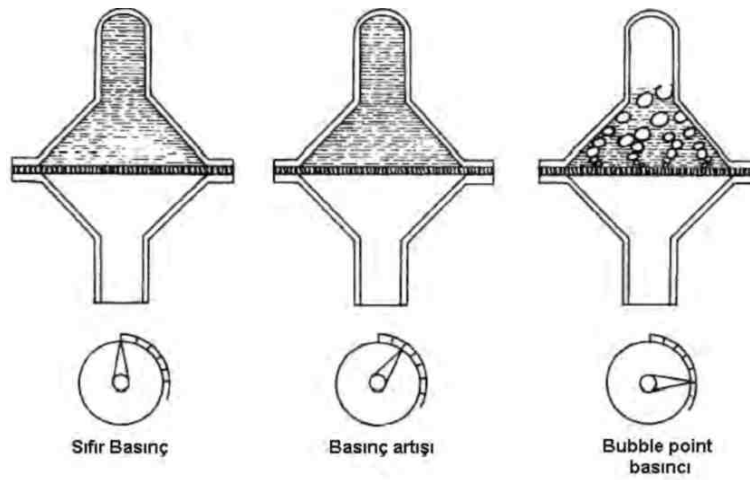
Asimetrik Membran



İnce film Kompozit-Asimetrik Mebran

**Şekil 3.11.** Membran Tiplerinin Şematik Gösterimi [13]

Gözenek boyutunu simetrik membranlarda ölçmek oldukça kolaydır. SEM analiziyle gözlemsel olarak gözenek çapı ölçülür. Asimetrik membranlarda ise gözenek çapını ölçmek oldukça zordur ve gözenek çapını ölçmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olanı bubble-point metodudur. Bu yöntemde ıslatılmış membrana basınç uygulanarak ilk kabarcığın yüzeye çıktığı basınç takip edilir. İlk kabarcığın yüzeye çıktığı bu basınca bubble-point basıncı denir [12].



**Şekil 3.12.** Bubble Point Test Yöntemi [12]

Bu basınç değerinden çıkışla gözenek çapı aşağıdaki denklem aracılığıyla hesaplanır.

$$P = \frac{4\gamma \cos \theta}{d} \quad \text{Burada} \quad (3.1)$$

P= bubble-point basıncı

$\gamma$ =membranı ıslatan sıvının yüzey gerilimi

$\theta$ =sıvı-katı temas açısı (ıslatıcı sıvılar için  $\theta=0^0$ ) alınır.

d= gözenek çapı

bubble point yöntemiyle en büyük gözenek çapı hesaplanabilir.[12]

#### 3.4.1.2. Yüzey Özellikleri

Malzemeler yaygın olarak hidrofilik (suyu çeken) veya hidrofobik (suyu iten) olarak tanımlanırlar. Bu durum sıvı ile membranın temas açısının nitelik olarak bir tanımlanmasıdır. Temas açısı  $0^0$  olan maddeler tamamen hidrofilik ,  $90^0$  olan maddeler tamamen hidrofobiktir. Öte yandan membranın; pH değeri, sıcaklık dayanımı, mukavemet gibi özellikleri işlem ortamına uyumlu olmalıdır. [11]

#### 3.5. Sentetik Membranlar Ve Kullanılan Malzemeler

Her tip membran malzemesi uygun koşullar sağlandığı takdirde çok iyi çalışabilmektedir. Ancak özel uygulamalar için en uygun membran malzemesi seçimi oldukça önemlidir. Birçok durumda membran seçimi yeni membran çeşitlerinin kullanılabilirliği ile daha karmaşık hale gelmektedir. Bunun için uygun laboratuvar koşullarında membranlar test edilip hangisinin kullanılabileceği kararlaştırılmalıdır.

Eskiden membran ana malzemesi olarak doğal malzemeler veya doğal selülozun türevleri kullanılmasına rağmen şu anda çoğunlukla sentetik polimerler kullanılmaktadır. Membran uygulama yerine göre hidrofobik (suyu iten) veya hidrofilik (suyu çeken), aniyonik veya katyonik özellikte olması istenebilir. Membran sanayisinde PC (polikarbonat), PTFE (politetrafloraetilen) ve PES (polietersülfon) gibi polimerlerin kullanımı gittikçe artmaktadır. Seramik ve metaller gibi inorganik

malzemeler de membran malzemesi olarak son 20 yılda kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemelerden üretilen membranlar çok pahalı olmasına rağmen, membranın özelliklerini en üst seviyelere taşımakta ve kullanım süresini arttırmaktadır PES (polietersülfon) dışındaki, aktif tabaka olarak kullanılan polimerler ya da kopolimerlerden yapılan membranların birçoğu kirlenmeye karşı dirençlidir [3].

Hidrofobik membranlar genellikle gaz ayrımı için iyi filtrasyon özelliklerine sahiptirler. Hidrofobik malzemelere PTFE (politetrafloraetilen), PVdF (polivinillidenflorid) ve PP (polipropilen) örnek olarak verilebilir. Bu malzemelerin hepsinin kimyasal kararlılıkları yüksektir [3].

PTFE (politetrafloraetilen), her çözücüde çözünmez ve faz dönüşümü ile üretilir. PVdF (polivinillidenflorid), PTFE'den (politetrafloraetilen) daha az dayanıklıdır. DMF (dimetilformamid) gibi çözücülerde çözünür ve faz dönüşümü ile üretilir. Bunlarda en zayıf olan PP (polipropilen) çekme veya faz dönüşümü ile üretilmektedir.

PVdF'nin (Polivinilidendiflorit) pH değeri ve sıcaklık toleransları çok iyi değildir, ancak oksidasyon (yükseltgenme) ajanlarına ve birçok çözücüye karşı dirençlidir. Anizotropik membran olarak kullanılabilen ve faz dönüşümü ile üretilmektedir.

PP (Polipropilen) maliyeti düşüktür, membran yüksek mukavemeti ve kir tutuculuğu ile bilinmektedir. Birçok kimyasala karşı dayanıklıdır.

Birçok membran malzemesi kötü adsorbsiyon (moleküllerin katı yüzeye tutunması) özeliği gösterir. Hidrofilik membranlar iyi adsorbsiyon (moleküllerin katı yüzeye tutunması) özelliğinden dolayı tercih edilmektedir. Yaygın olarak kullanılan hidrofilik membran malzemeleri selüloz esaslı selüloz esterleri (asetat, triasetat, nitrat ve karışık esterler), polikarbonat, polisülfon, polietersülfon ve polyamid türevleridir [3].

Selüloz asetat, bitkilerden türetilen selüloz polisakkarittir ve biraz kristalin bir yapıya sahiptir. Selüloz asetat, kirlenmeye karşı dirençli ve ucuz hidrofilik malzemeler olduğundan dolayı birçok uygulamada tercih edilmektedir. Ancak, pH

değeri 3-7 aralığında sınırlı ve uygulama sıcaklığı 35°C'nin altında olmalıdır. Ayrıca selüloz asetat bakterilere karşı dirençsiz olduğu için mikroorganizmalar tarafından zarar görebilmektedir .

Polisülfon, iyi kimyasal özelliklerine sahiptir ve 80°C sıcaklığa kadar dayanabilmektedir. Ayrıca kısa sürelerde temizlenirse pH değeri 1.5-12 aralığına kadar çıkabilmektedir. Oksidasyon (yükseltgenme) ajanlarına direnci iyi olmasına rağmen, uzun süre maruz kalırsa filtreleme özelliğini yitirebilir .

Polyamid, iyi kimyasal, ısı ve mekanik özellikleriyle önemli bir membran malzemesidir .

### 3.6. Membran Üretim Yöntemleri

Kullanılan hammaddenin özellikleri ve üretim işlemi, membranın yapısını ve morfolojisini belirleyici faktörlerdir. Bazı membran üretim işlemleri şunlardır;

- İnce partikülleri sinterleme (Sintering)
- Filmin çekilerek kopma veya kırılmalarla gözenekli yapı eldesi
- Filmin asitle delinmesi ve ışınlanması
- Faz ayrımı (Solvent casting veya phase inversion)

**Tablo 3.1.** Geleneksel Membran Hazırlama Yöntemleri

Yöntem	Açıklama
Sinterleme	Yarı kristalin polimer tozunun eritilmesi.
Çekme(germe)	Ekstrüde edilmiş yarı kristalin filmin gerdirilmesi.
Radyasyon ve asitle aşındırma	Polimer filmlerin radyasyona tabi tutulmasını takiben asitle aşındırılması.
Faz dönüşümü	Polimer, çözücü ve çözücü olmayan bileşenlerden oluşan üçlü karışımın faz ayrımı.

### **3.6.1. Sinterleme (Sintering) Yöntemi**

Sinterleme yöntemiyle yapılan membran üretiminde, toz parçacıkları dikkatli bir şekilde kat kat preslenerek yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılmaktadır. Sinterleme işlemi her özel malzeme için doğru sıcaklıkta gerçekleştirilmelidir. Bu uygun sıcaklıkta partiküller arasındaki arayüz kaybolmakta ve gözenekli yapı oluşmaktadır. Üretilen gözenek boyutu, partiküllerin boyutuna ve bunların dağılımına bağlıdır.

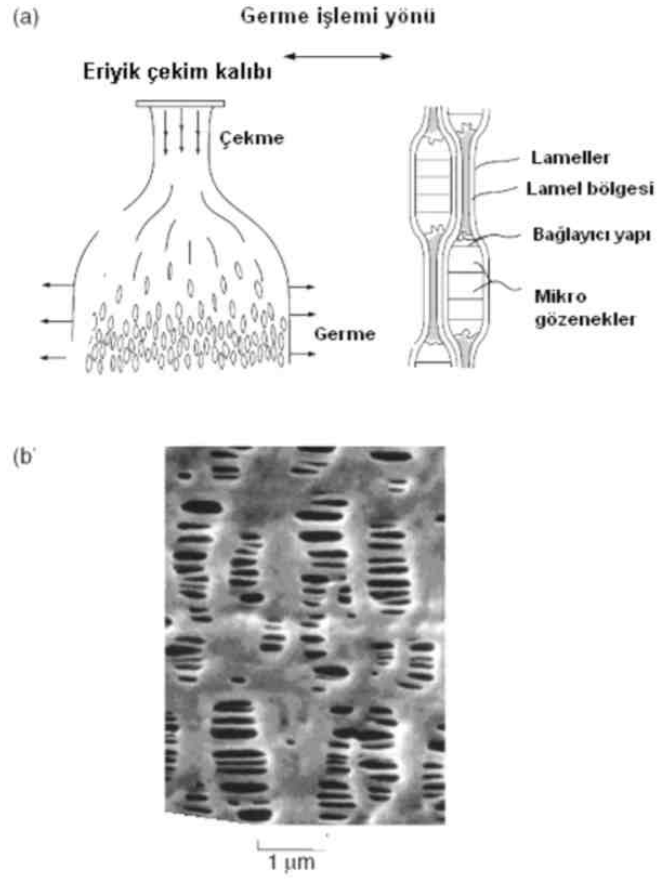
Bu yöntemle üretilen membranlarda gözeneklilik yani gözenek sayısı düşüktür. Ayrıca bu yöntemle, seramik, karbon ve cam membranlar da üretilmektedir.[10]

### **3.6.2. Çekme (Stretching) Yöntemi**

Çekme işleminin patenti, politetrafloroetilen (PTFE, ticari adı teflondur) filmlerinden membranlar üreten W. L. Gore Inc. aittir ve bu membranların 20 metreye kadar su geçirmezlik özellikleri vardır. [18]

Bu işlemin esası, polimer önce eritilerek bir bantın üzerine boşaltılır daha sonra bantın üzerindeki erimiş sıcak film 320°C'de hızlı bir şekilde her yöne doğru çekilmesine dayanmaktadır ve ardından değişik sıcaklıklarda belli aralıklarla ısı işlemlere tabi tutulmaktadır. Bu ısı işlemleri birlikte ince liflerin ağırlığıyla bağlantılı olarak çekim işlemi sonucunda küçük düğümlü mikro gözenekler meydana gelmektedir. Bu mikro gözenekler su buharı geçirgenliği sağlamaktadır.

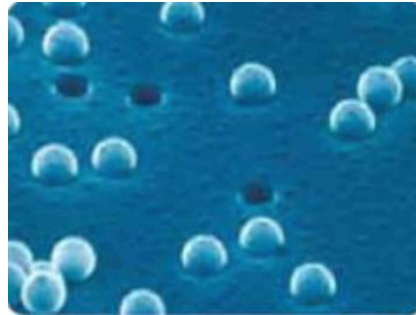
Yüksek gözeneklilik ve mukavemete sahip membran üretilmesine izin veren bu yöntem, üretilen membran kalınlığının çok ince olmasından dolayı (12-75µm) uygun yüzeyin kullanılmasını gerektirmektedir. Membranın kullanılacağı yere göre membran için spunbond polipropilen veya polyester gibi farklı yüzeyler kullanılmaktadır. [10]



**Şekil 3.13.** a)Çekme işlemiyle PP membran filminin oluşturulması; b)membranın SEM görüntüsü [10]

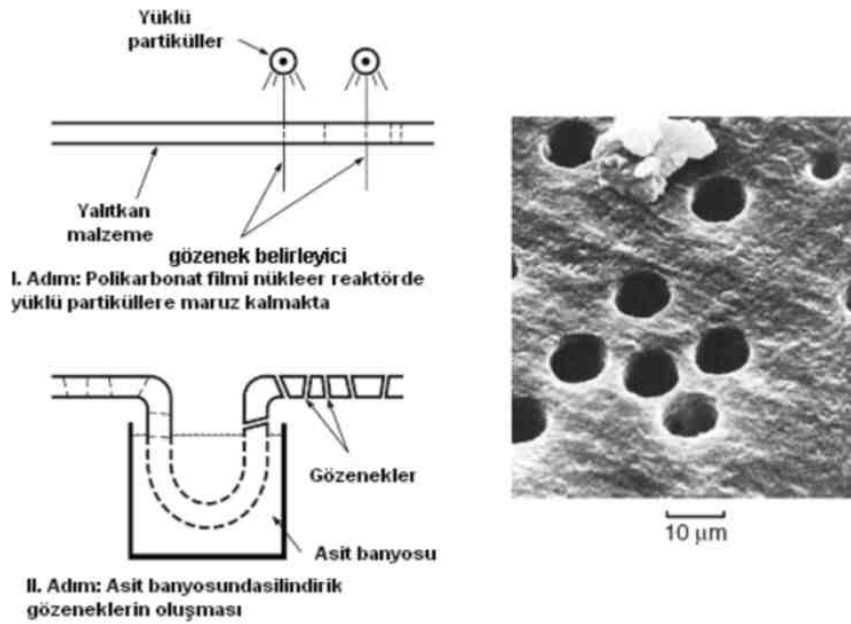
### 3.6.3. Kılcal Kanal Açma (Track-Etching) Yöntemi

Kılcal kanal açma yöntemiyle üretilen membranlar eleğe benzer yapıdadırlar. Bu membranların gözenek çapı dağılımları çok düzgün olduğundan yüzey tutucu membranlar olarak bilinmektedirler [9].



**Şekil 3.14.** Yüzey Tutucu Membran [9]

Şekil 3.15’de gösterildiği gibi bu tür membranlar iki adımda üretilmektedir. Kılcal deliklerin işaretlenmesi süresince ivmelenen argon iyonlarının ışınlarına maruz kalan ince polimer filmi yüksek hızda çözülmektedir. Yüksek enerjiye sahip iyonlar polimer filmine nüfuz eder ve polimer zincirlerini kırar. İkinci adımda ise gözenekleri işaretlenen film kimyasal banyoya (soda gibi) atılarak uniform karakterde silindirik gözeneklerin oluşması sağlanmaktadır ve yüzeyde işlem sonrası ortaya çıkan polimer kalıntıları da temizlenmiştir. [10]



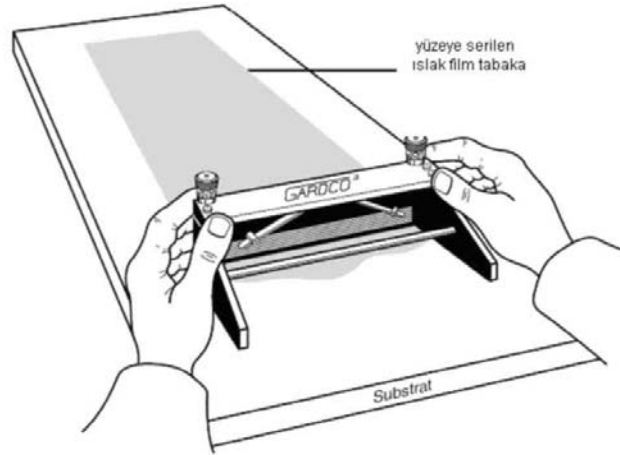
**Şekil 3.15.** Kılcal Kanal Açma İşlemi [10]

Kılcal delik işaretleme süresince membranın gözenek yoğunluğu polimer filminin üzerinde bulunduğu ilerleyen bantın hızının değiştirilmesiyle kontrol edilmektedir. Lif çapı da, asit banyosunda daldırma süresiyle kontrol edilmektedir. İşaretleme boyunca, yüksek enerjili argon ışınlarının kullanılması, ince filme nüfuz etmesini sağlayarak gelecek işlemlere uygun hale getirmektedir. Argon iyonlarının ışınları üretim boyunca küklotronda (Atom araştırmalarında elektriklenmiş cisimlere yüksek hız veren bir aygıt) ivmelenmektedir. Radyoaktif kirlenmeden kaçınma ve işaretlemeden sonra asitle delme işleminin hızlı bir şekilde yapılmasıyla, üretim hızı düşmekte ve son ürünün kalitesi artmaktadır.[10]

### 3.6.4. Faz Dönüşümü (Solvent Casting veya Phase Inversion) Yöntemi

Membranlar genellikle faz dönüşüm yöntemiyle üretilmektedir. Bu yöntemle üretilen gözenekli membranlar, iki üç bileşikten oluşan polimerden, çözücü madde ve çözünmeyen madde karışımlarından üretilmektedir. Günümüzde bu işlemin tipik örneği aseton, dioksan ve formamid karışımında çözülen selüloz asetatıdır. Bu sentetik polimerlerin kimyasal kararlılığı ve bakteriyel bozulmaya karşı direnci iyidir [8].

İlk adımda polimer çözücü madde ile çözülür ve çözünmeyen maddede eklenerek kalıp çözeltisi hazırlanmaktadır. Düz membran yüzeyini oluşturmak için kalıp çözeltisi kalıp bıçağı kullanılarak uygun bir destekleyici üzerine dağıtılmaktadır. Destekleyici daha sonra membranı dağıtmadan çıkarılmaya uygun olmalıdır. Bunun için uygun destekleyiciler cam tabakalar yada nonwoven (dokumasız kumaş) polyester olabilmektedir. Kalıbın inceliği 50µm ile 500µm arasında değişmektedir. Daha sonra bu kalıp filmi, çözünmeyen bir banyoya transfer edilmektedir. Bu banyoda meydana gelen etkileşimle çökeltme meydana gelmektedir. Çökeltme meydana geldikten sonra, kalıp filminin yüzeyinde ince polimer oluşmaktadır [8].



Şekil 3.16. El Kalıbı Bıçağı

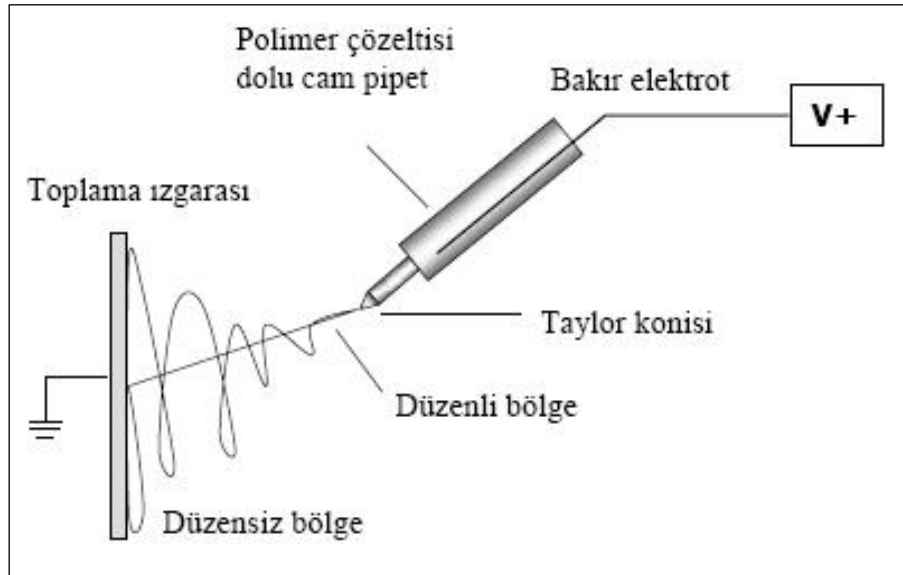
Faz dönüşümü membranlarının performans özellikleri polimer konsantrasyonuna daldırmadan önceki buharlaşma süresi, nem, sıcaklık, kalıp çözeltisinin oluşumu ve çöktürme banyosunun durumu ve oluşumu gibi birçok parametreye bağlıdır. [8].



### 3.7. Elektro Üretim Yöntemi İle Nanolif Membran Üretimi

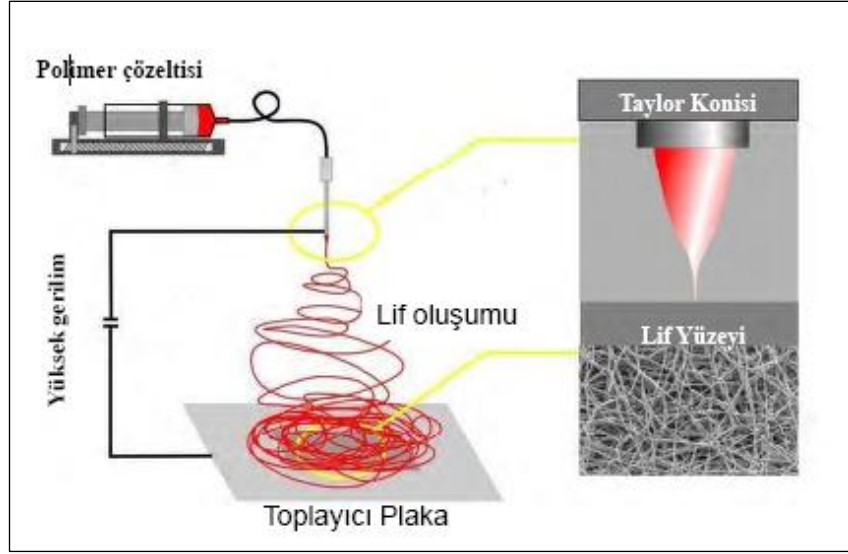
Elektro üretim, nanolif üretilmesinde en etkili yöntemdir. Bu yöntemde mekanik kuvvetler yerine elektrostatik kuvvetler kullanılmaktadır. Basit bir şekilde anlatılacak olursa, yüklü bir polimer malzeme ile topraklanmış ya da zıt yüklü toplayıcı arasında potansiyel farkı uygulanarak işlemin başlaması sağlanmaktadır. Uygulanan voltaj ile polimer çözeltisi ya da polimer eriyiğin yüzeyinde yüzey gerilimini yenen elektriksel kuvvetlerin oluşması sağlanır. Sonrasında, yüklenmiş jetten polimer damlası çıkarılır. Jet kısa bir mesafe içinde düz bir çizgi halinde uzar (düzenli bölge) ve sonra bükülür ve spiral bir yol izler (düzensiz bölge). Elektriksel kuvvetler polimer damlacığını bu düzensiz bölgede binlerce belki milyonlarca kez uzatarak çok uzun bir yol kazanırlar ve bunun sonucunda çok fazla incelmış bir hale gelir, çözücü buharlaşır ya da eriyik katılaşır. En sonunda, çok uzun haldeki nanolif topraklanmış toplayıcı yüzeyine toplanır (Bakınız Şekil 3.17).

İncelikleri 10 nanometreden (nm) birkaç mikrometreye kadar değişen aralıkta çok aşırı ince lifler bu yolla üretilmektedir.



Şekil 3.17. Elektro Üretim Düzenliği

1. Yüksek voltaj güç kaynağı: İğne ucu ile nanolif toplayıcı plaka arasında elektrik alanlar oluşturur
2. Besleme ünitesi (şırınga, metal iğne v.b.): polimer çözeltisini yüksek gerilimli elektrik alana gönderir
3. Toplayıcı (iletken plaka, döner silindir v.b.): Nanoliflerin bir tabaka halinde konumlanmasını sağlar

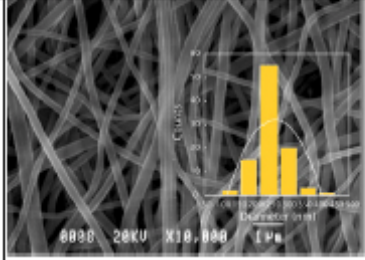
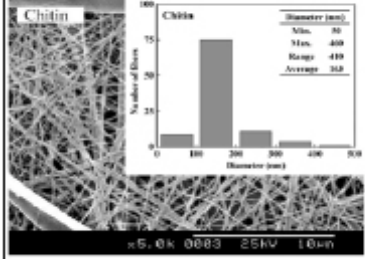
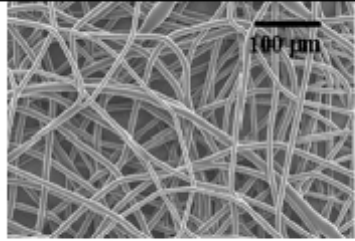
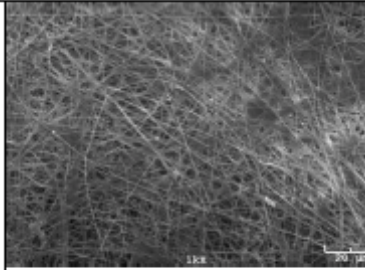


**Şekil 3.18.** Elektro Üretim Düzeneği ve Taylor Konisi

Bu teknikte, polimer uygun bir çözücüde çözülür veya ısı ile eritilir, ucunda küçük bir delik bulunan cam bir pipetin veya şırınganın içine yerleştirilir. Daha sonra polimer çözeltisi/eriyiği ile pipetin açık ucunun karşısındaki bir toplayıcı levha arasına 50 kV'a kadar gerilim uygulanır. Besleyici üniteadaki iğnenin ucunda asılı durumda duran polimer damlası kritik bir voltaj değerine kadar, yüzey geriliminin uyguladığı kuvvetlerden dolayı, küresel bir biçimde bulunur. Uygulanan potansiyel fark bir eşik değerine ulaştığı anda, elektrostatik kuvvetler yüzey gerilimi kuvvetlerine eşitlenir. Bu noktada polimer damlası şekil değiştirerek koni biçimini alır. Bu koniye Taylor konisi denir [1].

Toplayıcı levhaya toplanan Nanoliflerin karakterizasyonları ve morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmektedir. Bazı SEM görüntüleri Tablo 3.2.'de ortalama çapları ile verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Bazı Polimerlerden Oluşan Nanoliflerin SEM Görüntüleri [1]

Polimer Adı ve Ortalama Çap (nm)	Sem Görüntüsü
Polibenzimidazol-250	
Kitin-165	
Polipropilen 2500-3500	
Polivinilalkol-400 [125]	

*a-)Elektro Üretimde Kullanılan Polimerler ve Özellikleri*

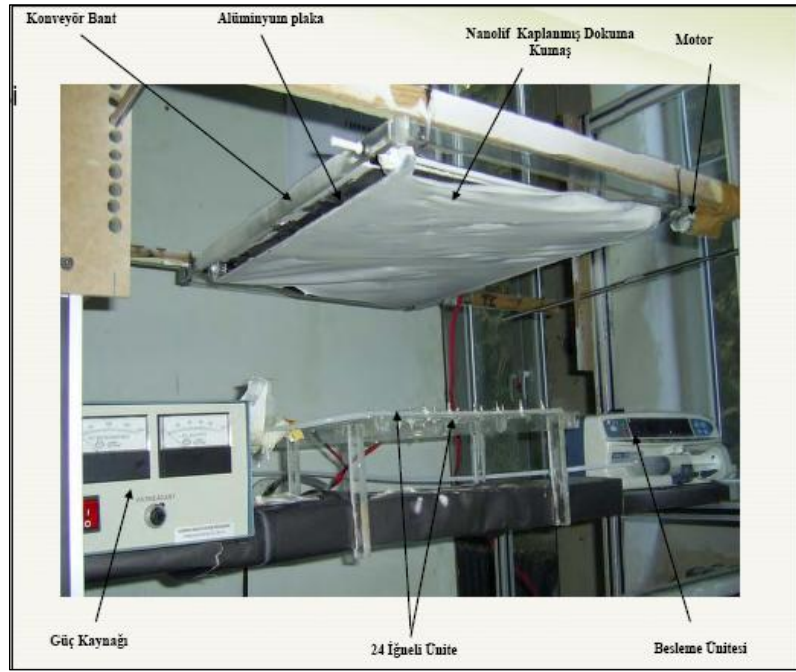
Elektro üretim işleminde, geniş bir aralıkta polimerler kullanılabilir. Bu polimerler ya çözülmüş halde ya da ısıyla eritilmiş halde olabilirler. Bunlardan bazıları Tablo 3.3. ve Tablo 3.4.de verilmektedir.

**Tablo 3.3.** Çözültiden Elektro Üretimi Yapılan Polimerler [2]

Polimer	Çözücü	Konsantrasyon
Selüloz Asetat (CA)	Aseton, asetik asit, dimetilasetamid	12.5–20%
Polietilen Tereftalat	Diklorometan:triflorasetik asit (1:1)	4–18 wt.%
Naylon 6.6 (PA 6.6)	Formik asit	10 wt.%
Poliüretan (TPU)	Dimetilformamid	2.5-21.2 wt.%
Polyakrilonitril (PAN)	Dimetilformamid	15 wt.%
Polivinil Alkol (PVA)	Distillenmiş su	1–16 wt.%
Polivinilklorür (PVC)	Tetrahidrofurandimetilformamid= 100/0, 80/20, 60/40, 50/50, 40/60, 20/80, 0/100 (vol.%)	10–15 wt.%
İpek/PEO karışımı	İpek sulu çözeltileri	4.8–8.8 wt.%
Naylon6 (PA-6) /Montmorilonit (Mt)	Hegza-floro-izopropanol (HFIP), HFIP/dimetilformamid: 95/5 (wt%)	10 wt.%

**Tablo 3.4.** Eriyikten Elektro Üretimi Yapılan Polimerler [2]

Polimer	İşlem sıcaklığı (°C)
Polipropilen (PP)	220–240
Naylon 12 (PA-12)	220
Polietilen (PE)	200–220
Polietilen tereftalat (PET)	270
Polietilen naftalat (PEN)	290
PET/PEN karışımları	290



**Resim 3.2.** 24 Jet- Üniteli Elektro Üretim-Konveyör Bant Düzenegi  
[5]

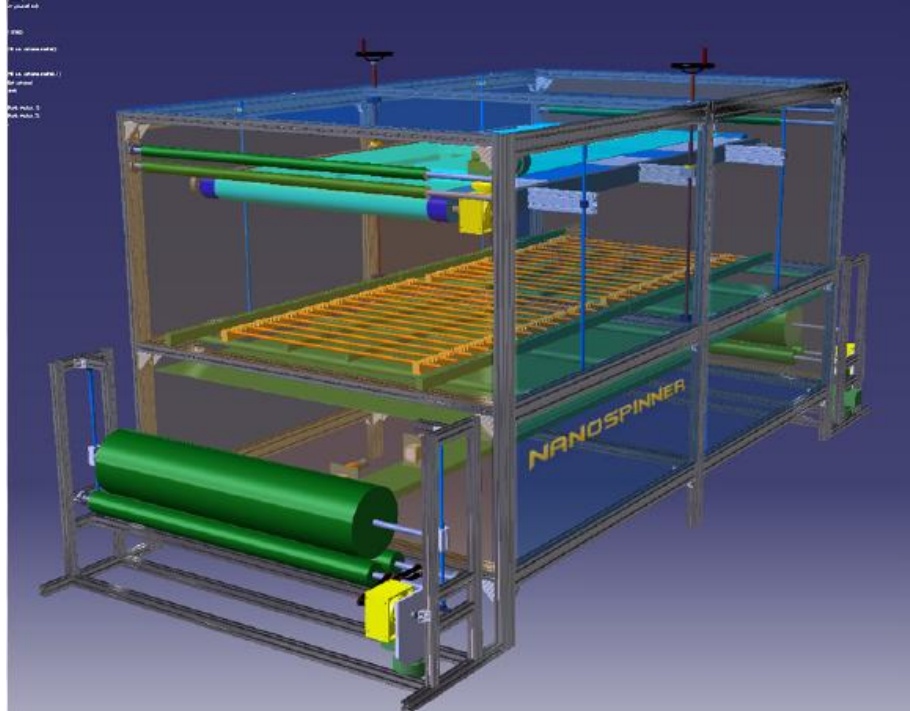


**Resim 3.3** Elektro üretim İle Nanolif Membran Üretimi [5]

### b-)Elektro Üretim Yöntemi ile Endüstriyel Nanolif Membran Üretimi

Günümüzde çok önem kazanan ve giderek artan bir hızla üretilmekte olan teknik tekstil yüzeylerinden olan nonwoven yüzeyine dokuma olmayan tekstil yüzeyi denir. Nonwoven yüzeyler tülbent tabaka haline getirilmiş kesikli veya filament halindeki elyafların, mekanik, kimyasal, termik yöntemlerle uygun bir bağlama işlemi sonucunda birbirine tutturulması ile elde edilen tekstil yüzeyleridir. Belli bir yönde veya tesadüfen dağıtılmış elyaf yığınının oluşurlar.

Nanofmgroun tarafından Nanospinner adıyla endüstriyel nanolif nonwoven kumaş makinası tasarlanmıştır. Elektrospinning (Elektro üretim) yöntemi ile çapları 50-300 nm (0.05-0.3  $\mu\text{m}$ ) aralığındaki lifleri 1 metre eninde nonwoven yüzeyler olarak üretebilmektedir. İstenilen son ürüne göre farklı kalınlıklarda 500–10.000  $\text{m}^2/\text{gün}$ 'lük nanolif membran üretim kapasitesine sahiptir. Hammadde olarak poliüretan(PU), polivinil alkol (PVA), poliakrilonitril ve polyamid gibi polimerler çalışılabilmektedir. Taşıyıcı bir substrat üzerine (spunbond, meltblown, selüloz kumaş, dokuma kumaş, kağıt vs) elektrospinning (elektro üretim) yöntemi ile kaplama yapmaktadır. Son ürünün yapısına göre (tekstil membranı, ses yalıtım malzemesi, hava filtresi, yalıtım membranı vs) 0,1 ile 15  $\text{gr}/\text{m}^2$  nanolif yüzey üretebilmektedir [16].



**Resim 3.4.** NanoSpinner Endüstriyel Nanolif Nonwoven Kumaş Makinası [16]

NanoSpinner özel dseler sayesinde elektrospinning işlemine diğer elektro üretim yöntemlerine kıyasla daha verimli bir şekilde ve endüstriyel anlamda gerçekleştirebilmekte ve bu sayede üretim kapasitesi yüksek seviyelere çıkabilmektedir.

Bu işlemede amaç ‘+,-’elektriksel alan kuvvetleri ile polimerden lif üretimi gerçekleştirmektir. İğneler ‘+’yüklü değer ,yukarıda ki, toplayı plaka ‘-’ yüklü değer verilmektedir. Polimer zeltisinin içindeki molekül zincirleri partikül olarak değilde lif şeklinde yukarıya doğru çıkmaktadırlar. Dselerden çıkan polimer çözeltisi elektrospinning işleminin doğası ile çok kısa sürelerde 1000 defadan fazla bir çekime uğrayarak nano boyutlardaki lif çaplarına kadar düşmekte ve oluşan nanolifler istenilen membran kalınlığında taşıyıcı bir substrat (alt katman) zerine lamine edilerek endüstriyel bir ürün olarak makinadan çıkmaktadır. İstenilen son ürüne göre nanolif membran tabakasının kalınlığı makinanın otomasyon sitemi ile ayarlanabilmekte ve bu değişiklik yapılırken ürün özellikleri ve nanolif çapları sabit kalmaktadır.

Makinanın nanolif üretim kapasitesi gramajı ile ters orantılıdır ve makinanın vereceği aktif ürün eni 1 metredir. Örneğin; günlük 2000 gramlık polimerin üretimde nanolife dönüşeceği düşünülürse, substrat kumaşın üzerine 0,5 g/m<sup>2</sup> lik nanolif kaplanması durumunda üretim kapasitesi  $[(2000 \text{ g/gün}) / (0,5 \text{ g/m}^2)]$  4000 m<sup>2</sup>/gün olacaktır. Fakat aynı üretim değerlerinde 5 g/m<sup>2</sup> lik bir kaplama yapılmak istendiğinde üretim kapasitesi 400 m<sup>2</sup>/gün olacaktır [16].

### **3.8. Poliüretan Nanolif Kaplı Membranların Diğer Yalıtım rtleri ile Karşılaştırılması**

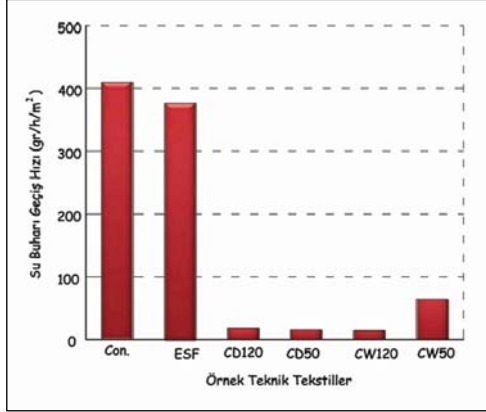
Nanolif membranlar üzerine pek çok araştırma yapılmıştır.Bir makalede su buharı geçiş hızı ve su geçirmezlik gibi özellikleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca, poliüretan nanolif membranlar ile klasik poliüretan kaplama filmleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuçlara göre nanoliflerin su buharı geçirgenliği değeride poliüretan film kaplamalı kumaşdan hayli yüksektir. Nanolifler iyi su geçirmezlik değerlerine sahip iken poliüretan film kaplamalı kumaşların su geçirmezliği daha fazladır. Aşağıdaki şekillerde bir makaleden alınmış grafikler verilmiştir.[7]

- ASTM E 96-00 kurutucu metoduna göre Su buharı Geçiş Hızları :

Nanoliflerin %80-85 oranındaki gözenekli yapısı film kaplı kumaşlardan farklı olarak onlara çok yüksek oranlarda nefes alma kabiliyeti kazandırmaktadır.

Yapılan denemede 0,02mm kalınlığında nanolif webin su buharı geçirgenliği (nefes alabilirliği) test edilmiş ve sonuçlar oldukça iyi çıkmıştır.

**Tablo 3.5.** Örnek Teknik Tekstillerin Su Buharı Geçiş Hızlarının Karşılaştırılması[7]



Con: Normal Konfeksiyon Kumaş

ESF: Elektrospın Nanolif

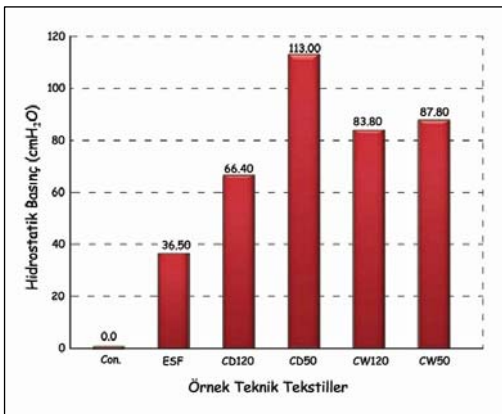
CD ve CW: Poliüretan film kaplamalı kumaş

- ✓ ISO 811 standartına göre Hidrostatik Basınç test sonuçları :

Poliüretan çözeltileri ile gerçekleştirilen elektrospinning işlemiyle üretilen 0.02mm kalınlıktaki nanolif membranların performans kumaşlarla mukayesesi yapılmıştır.

Yapılan denemelerde nanolif kumaşın 36.5 cm su kolonu (cmH<sub>2</sub>O) basıncına dayandığı görülmüştür

**Tablo 3.6.** Örnek Teknik Tekstillerinin Hidrostatik Basınçlarının Karşılaştırılması [7]



Con: Normal Konfeksiyon Kumaş

ESF: Elektrospın Nanolif

CD ve CW: Poliüretan film kaplamalı kumaş



## 4.DENEYSEL ÇALIŞMA

### 4.1.Amaç

Bu çalışmanın amacı, farklı su yalıtım örtüleri ile nanolif membran malzemelerin yapısal özelliklerini inceleyerek deneysel şartlara olan bağımlılığının anlaşılmasıdır. Bu amaçlar için deneysel olarak, su buharı geçirgenlik deneyi, hidrostatik basınç deneyi ve kopma mukavemeti deneyleri yapılarak sayısal veriler elde edilmiştir.

Nanolif Membran ürünlerin diğer su yalıtım örtüleri ile karşılaştırmalarının yapılabilmesi için aynı şartlarda aynı testlere sokulmaları gerekmektedir. Bu amaçla Dupont firmasının Tyvek Solid ürünü ile Mogul firmasının ürünü Rowapro örtüsü ve İnşaat sektörüne yönelik Nanofmgrouptarafından üretilen Nanolif Membran tedarik edilmiştir.

### 4.2.Kullanılan Malzemeler

#### *a-)Dupont Firmasının Ürettiği Tyvek-Solid Örtüsü*

Tyvek (DuPont firmasının ürettiği su yalıtım örtüsü) nefes alan su yalıtım örtüsü son yıllarda Türkiye'deki yapı sektörünün en çok kullandığı su yalıtım membranı haline gelmiştir.

•Tyvek sahip olduğu 5-10 µm çapındaki flash-spun polietilen lifleri ve bazı çeşitlerindeki film tabakası ile 2 metrelik su basıncına geçirimsiz olarak dayanabilmekte ve buhar geçirgenliği özelliği ile bina cephelerinin ve çatı kısımlarının nefes almasını sağlamaktadır.

Tyvek'in nefes alma özelliği sayesinde bina içindeki rutubet engellenirken su geçirmeme özelliği ise yapı elemanlarını dış etkilere karşı koruyarak binanın ömrünü uzatmaktadır.

Deneysel 85 gr/m<sup>2</sup> gramajında ki Tyvek Solid örtüsü kullanılmıştır.

**Tablo 4.1.**Dupond Tyvek Solid Teknik Özellikleri [14]

Tip	Tyvek® 1580B (Solid)
Madde	%100 Isıl Bağlı Yüksek Yoğunluklu Polietilen
Ağırlık	85gr/m <sup>2</sup>
Su Buharı Geçiş Direnci	Su Buharını Geçirir
Su Buharı Geçiş Direnci (Sd)	0,02m
Su Geçirme Dayanımı	Su Geçirmez
Su Geçirimsizlik Sütunu	2 metreden yüksek
Sıcaklık Dayanımı	+100°C-0°C
Hava Geçirme Dayanımı	Hava Geçirmez
Rüzgar / Yağmur Dayanımı	Rüzgar / Yağmur Geçirmez
Rulo Genişliği / Uzunluğu / Ağırlığı	1,5m / 100m / 2,8m / 100m / 3,0m / 100m /

***b-)Mogul Firmasının Ürettiği Rowa-Pro Örtüsü***

Mogul Firmasının İnşaat sektörüne yönelik çatı ve PVC/Ahşap Siding altı örtüsü olarak kullanılması için Rowa-Pro örtüsü üretmektedir. Rowa-pro yalıtım örtüleri Mogul tarafından binaların kullanımları sırasında ortaya çıkabilecek sorunları önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Başlıca sorunlar iklim koşulları ve bina bünyesinde oluşan su buharı üretimi ve neden olduğu yoğuşmadır.

Rowa-Pro Örtüsü ,SMS (spunbond/meltblown/spunbond) nonwoven yüzey 3 katlı bir yapıyı göstermektedir. 1. kat spunbond (çapları 10-20 µm civarında liflerden oluşan nonwoven tabaka), 2. kat meltblown (çapları 2-10 µm civarında liflerden oluşan nonwoven tabaka) ve 3. kat yine spunbondur. Bu 3 katlı yapı sayesinde spunbond tabakalar kumaşa yüksek mukavemet sağlarken meltblown tabaka da ürünün su geçirmezliğini iyileştirecektir. Ayrıca bu tabakalara iyi derecede yanmazlık, antibakteriyellik, antistatiklik, hidrofillik veya hidrofobluk,ve benzeri özellikler belirli bir ek maliyet ile kazandırılabilir.

**Tablo 4.2.**MOGUL - Rowa-Pro Teknik Özellikleri [15]

Tip	Polipropilen SB Nonwoven Kumaşlar			
Madde	%100 Isıl Bağlı Yüksek Yoğunluklu Polipropilen			
Kumaş Üzerine Uygulama	Mogul Rowa-Pro			
Kumaş Rengi	Beyaz			
Ağırlık	40+50+40 SMS - 30+30+30 SMS			
Özellikler	Test Methodu	Birim	Değer	Değer
Ağırlık	ERT 40.3-90	gr/m <sup>2</sup>	130	90
Gerilme Direnci	MD	N/5 cm	240	186
	CD		150	127
Kopma Uzaması	MD	%	52	55
	CD		62	83
Hava Geçirgenliği	ASTM D737	cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> .s	6	11
Hidrostatik Su Basıncı	DIN EN 20811	cm	127	105
Su Buharı Basınç Farkı	astm-e 398	g/m <sup>2</sup> .24h	8648,73	11985,72
MD:Makine Yönünde				
CD:Çapraz Yönde				

Deneylerde MOGUL-Rowa-pro 90 gr/m<sup>2</sup> gramajında ki örtüsü kullanılmıştır.

*c-)Nanofmgroun Tarafından Elektro Üretim Yöntemiyle Üretilmiş Nanolif Membran*

Nanolif Membranlar kullanılarak geliştirilecek nefes alan su yalıtım örtüleri çok ince lif çaplarına sahip olması nedeniyle (Nanolif çapı = 1/50 Tyvek lif çapı) çok yüksek seviyede nefes alabilme ve su geçirimsizlik özelliklerine sahip olacaktır.

Su yalıtım membranlarının gözenekliliği/nefes alma özellikleri yoktur ve piyasadaki diğer nefes alan yalıtım örtülerinde ise (Tyvek dahil) gözenekliliği çok düşük olan film tabakalar kullanılmaktadır.

Nanolif Membran ürünlerin su geçirimsizlik özellikleri tabakaların kalınlıkları ile ilgili olup istenilen seviyelerde ayarlanabilecektir.

Nanolif Membran ürünlerin mukavemet, yanmazlık, su iticilik, antibakteriyellik ve benzeri özellikleri Nanolif Membran taşıyıcısı olarak kullanılan nonwoven kumaşın nitelikleri ayarlanarak yüksek ek imalat maliyetleri getirmeden istenilen düzeye çekilebilmektedir.

Nanolif Membran ürünlerin üzerine kaplanması düşünülebilecek pek çok kumaş olmakla birlikte, Mogul firmasının ürettiği Mopet Polyester/Spunbond kumaşın mukavemet değerleri Nanolif Membran ürünleri desteklemesi açısından oldukça uygundur.

**Tablo 4.3.** Mopet Polyester Spunbond Kumaşın Standart Ürün Özellikleri

ÖZELLİKLER	TEST METHODU	BİRİM														
				17	19	30	34	40	42	50	60	70	80	100	120	150
AĞIRLIK	ERT 40.3-90	gr/m <sup>2</sup>		17	19	30	34	40	42	50	60	70	80	100	120	150
KALINLIK	ERT 30.4-89	mm		0,11	0,12	0,15	0,16	0,19	0,2	0,24	0,28	0,3	0,36	0,4	0,47	0,53
ÇEKME DAYANIMI	ERT 20.2-89	N/5 cm	MD	34	40	70	88	110	118	145	180	202	240	300	340	380
			CD	14	15	35	43	45	48	70	90	98	140	185	195	210
UZAMA	ERT 20.2-89	%	MD	18	21	23	26	28	29	28	30	30	45	48	48	42
			CD	26	32	35	40	44	45	35	35	38	48	55	54	55
HAVA GEÇİRGENLİĞİ	ERT 140.2-99	cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> .s		180	165	157	150	140	136	130	122	110	97	76	65	40
KOPMA MUKAVEMETİ	ERT 80.4-02	kpa		45	55	130	160	171	204	250	330	360	375	530	625	800
YIRTILMA MUKAVEMETİ	ERT 70.4-99	N	MD	16	21	22	24	28	30	40	45	60	80	95	109	120
			CD	28	30	35	40	45	49	75	90	105	130	140	180	195

Nanolif Membran kaplama maliyetlerinin ürün imalat maliyetleri üzerindeki etkisi yok denecek kadar azdır. Gerek Nanolif Membran hammadde maliyeti olsun gerek elektrospinning işlemi yapan makinanın enerji maliyetleri ve makine işçiliği olsun oldukça düşüktür ve birim maliyetlere etkileri 0.05-0.1 \$/m<sup>2</sup> civarında olacaktır. Bununla birlikte Nanolif Membran ürünlerde asıl maliyeti kullanılan nonwoven kumaş ve bu kumaşa ek özellikler kazandıran katkı maddeleri oluşturmaktadır (0.4-0.5 \$/m<sup>2</sup>) [16].

Deneylerde Nanolif kaplama 2-2.5 gr/m<sup>2</sup> gramajında, altında ki taşıyıcı kumaş (nonwoven kumaş) ise 120 gr/m<sup>2</sup> gramajındadır.

### 4.3.Su Buharı Geçirgenlik Deneyi

#### 4.3.1. Deney Yöntemi

Yapı malzemelerinin su buharı geçirgenlik özelliklerinin tayini ile ilgili ASTM E 96 da belirtilen yöntem kullanılarak nanolif membranlar ile ilgili deneyler yapılmıştır.

Standartta belirtildiği üzere, deney prensibi şu şekilde belirlenmiştir. İçinde su ihtiva eden bir deney kabının ağzı deney numunesi yerleştirildikten sonra sıkıca kapatılır. Deney düzeneği daha sonra, sıcaklık ve nemi kontrol edebilen bir deney hücresine yerleştirilir. Deney prensibinin gerçekleşebilmesi için gerekli olan en önemli ekipman, deney hücresi olarak anılan bir ortam sabitleyici cihazdır. Kapağı açık bırakılarak nemin dışarı verimi sağlanmıştır.

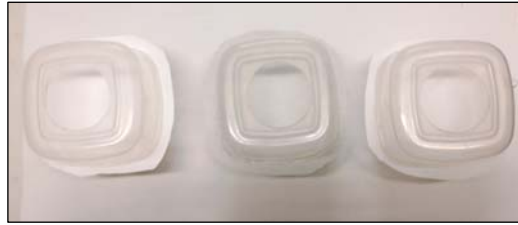
Deney koşulları, ortalama %25 bağıl nem ve 25C<sup>0</sup> sıcaklık da gerçekleştirilmiştir.

#### 4.3.2.Deney Ekipmanı

##### a-)Deney Kapları

10x10x8 cm boyutlarında Plastik kaplar.

Kullanılan plastik kapların ağızları 1dm<sup>2</sup>'lik alan oluşturmaktadır.



**Resim 4.1.** Kullanılan Malzeme Numunelerin ve Kapların Üstten Görünüşü (Solda ki:Tyvek-Solid, Ortada ki Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Sağda ki Nanolif Membran)



**Resim 4.2.** Kullanılan Malzeme Numunelerin ve Kapların Ön Görünüşü (Solda ki:Tyvek-Solid, Ortada ki Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Sağda ki Nanolif Membran)

### b-)Deney Hücresi

İstenilen bağıl nem %25, istenilen sıcaklığı  $25C^0$  sınırları içinde tutabilen bir deney cihazı.

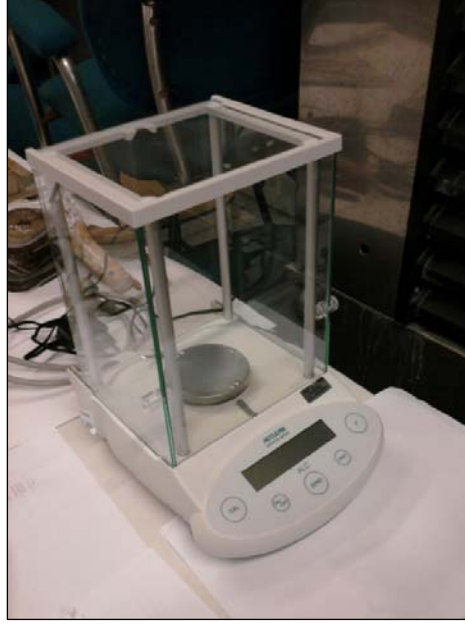
Deney hücresi 2010 Şubat ayında R.Engin ALAN tarafından Mimar Sinan Üniversitesinde Yüksek Lisans tezi için yapılmıştır. Deney cihazını genel olarak tanımlamak gerekirse, sıcaklık ve nemi istenilen düzeyde sabit tutularak deneyin yapılması istenilen ideal ortamı oluşturan, yani test edilmek istenilen koşulların bir simülasyonunu gerçekleştiren bir deney hücresidir. Cihaza bağlı bir ısıtma sistemi, bir soğutma sistemi ve bir buhar jeneratörü, bunları kontrol eden birer tane sensör ve kontrol birimi ve enerjilerini sağlayan bir elektrik dağıtım panosu bulunmaktadır.



**Resim 4.3.** Simülasyon Ünitesi Genel Görünüşü

### c-)Analitik Terazii

Deney düzeneğinin kütesini  $\pm 1$  mg hassasiyetiyle ölçebilen elektronik, digital terazi.



**Resim 4.4.** Analitik Terazi

### d-)Kesintisiz Güç Kaynağı

Elektrik kesintisi durumunda jeneratör devreye girene kadar deneyin devamını sağlayabilecek kapasitede olmalıdır.

### **4.3.3.Deneyin Yapılışı Ve Sonuçları**

Deneye başlamadan önce deney cihazının istenilen atmosfer koşullarında kararlı hale gelmesi gerekmektedir. Bunun için cihaz önceden çalıştırılmıştır. Hazırlanan deney kaplarının içerisine deney kabının üçte ikisi kadar su koyulduktan sonra kabın ağız kısmına örtüler yerleştirilmiş ve ağız sıkıca deney parçası ile kapatılmıştır. Kap, numune ve su ile oluşan deney numunesi deneye başlamadan tartıldıktan sonra cihaza yerleştirilmiştir.

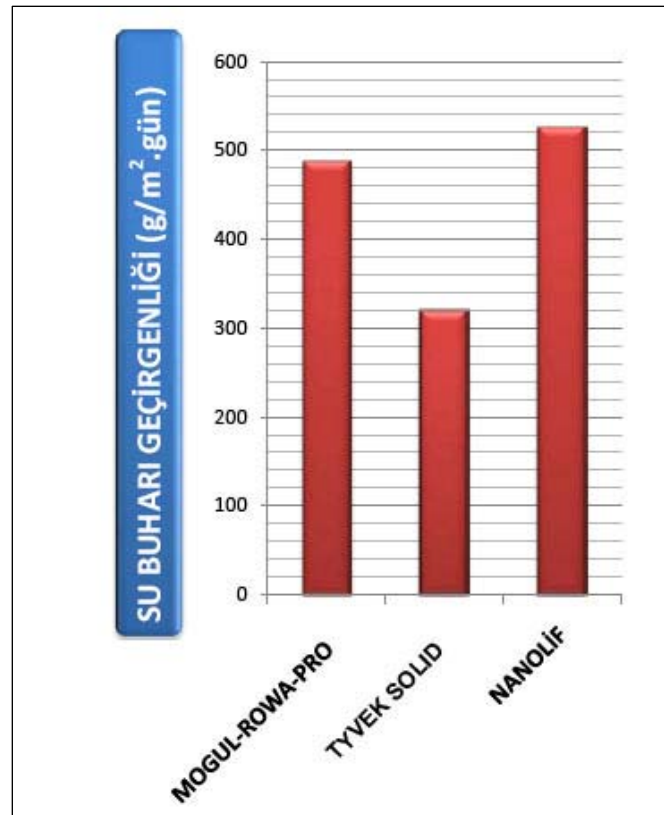
En fazla nem geçişi ilk saatler içerisinde olacağı için deney kabı konulduktan 3 saat sonra ilk tartım ve ikinci tartımda 24 saat sonra yapılmıştır.

**Tablo 4.4.** Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Tyvek-Solid Örtüsü, Nanolif Membran, Örtülerinin 1 dm<sup>2</sup> örtülerden geçen Su Buharı Geçirgenlik DeneY Sonuçları

Malzeme	DeneY Öncesi Tartım	3 saat Sonra Tartım	24 saat Sonra Tartım	1 dm <sup>2</sup> 'den 3 saat sonra geçen Su Buharı Geçirgenlik Değeri (Δm)	1 dm <sup>2</sup> 'den 24 saat sonra geçen Su Buharı Geçirgenlik Değeri (Δm)
Mogul-Rovapro	90,2 gr	89,63 gr	85,25 gr	0.57 gr	4.95 gr
Tyvek-Solid	92,99 gr	92,57 gr	89,85 gr	0.42 gr	3.14 gr
Nanolif	85,22 gr	84,54 gr	79,96 gr	0.68 gr	5.26 gr

Elde edilen veriler incelendiğinde, nanolif membranların su buharı geçirgenliğı Mogul-Rowa-pro örtüsüne göre %6 , Tyvek-Solid örtüsüne göre %67.5 oranında daha yüksek olduğı görülmüştür.

**Tablo 4.5.** Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Tyvek-Solid, Nanolif Membran, Örtülerinin 1 m<sup>2</sup> den Ggeçen Su Buharı Geçirgenliklerinin Karşılaştırılması





#### 4.4. Su Geçirmezlik Değeri Tayini-Hidrostatik Basınç Testi

##### 4.4.1. Deney Yöntemi

Kumaşların su geçirme dirençliklerinin tayini ile ilgili TS 257 EN 20811 da belirtilen yöntem kullanılarak nanolif membranlar ile ilgili deneyler yapılmıştır.

Standartta belirtildiği üzere, deney prensibi Şu Şekilde belirlenmiştir. Test numunesi, standart koşullarda ön yüzü su ile temas edecek Şekilde deney hücresinin sıkıştırma alanına yerleştirilir. Test başlatılır, basınçlı su verilerek suyun kumaştan geçişi izlenir. Su basıncı, yukarıdan aşağıya ya da aşağıdan yukarıya doğru olabilir, bu deneyde aşağıdan yukarıya doğru test numunesine uygulanmıştır.

Deney koşulları  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\% 65 \pm 2$  Rh nem koşullarında gerçekteştirilmiştir.

##### 4.4.2. Deney Ekipmanı

###### Deney Makinası

Deney makinası, Otomatik Hidrostatik Tester FX 3000 HYDROTESTER ve deney sonuçlarını görebileceğimiz digital bilgi ekranı.



**Resim 4.5.** Otomatik Hidrostatik Tester Ünitesi Genel Görünüşü

#### 4.4.3.Deneyin Yapılışı ve Sonuçları

Deneye başlamadan önce su haznesine su konulup, test numunesi mümkün olduğunca az dokunularak test edilmiştir. Her test numunesi için temiz, taze de-iyonize (arındırılmış) su kullanılmıştır.



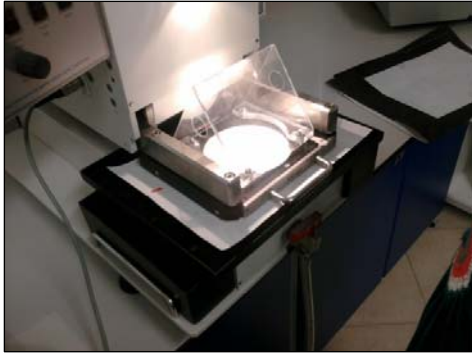
**Resim 4.6.** Su haznesine Su Dökülürken

Sıkıştırma alanındaki tüm su çelik boru yardımıyla temizlenir, sıkıştırma alanı kurulanır.



**Resim 4.7.** Taşan Suyu Çelik Boru Yardımıyla Temizlenmesi.

Numune test başlığına ön yüzü su ile temas edecek şekilde sıkıştırılır. Test başlatılmadan önce kumaşın ıslanmamasına dikkat edilmelidir.



**Resim 4.8.** Numunenin Test Başlığı ile Su Arasına Sıkıştırılmış Hali.

Test başlatılır, artan su basıncı test numunesine uygulanır. Su basıncı, aşağıdan yukarıya doğru test numunesine uygulanmıştır. Suyun kumaştan geçişi izlenir. Test numunesi, standart koşullarda sürekli sabit bir şekilde üç farklı bölgeden yüzeye su geçişi olana kadar artan su basıncına maruz bırakılır. Yüzeye su geçişinin olduğu üçüncü bölgedeki basınç kaydedilir.

Üçüncü damlanın görüldüğü noktadaki basınç santimetre-su sütunu olarak kaydedilir. Aynı bölgede arka arkaya çıkan damlalar sayılmaz.



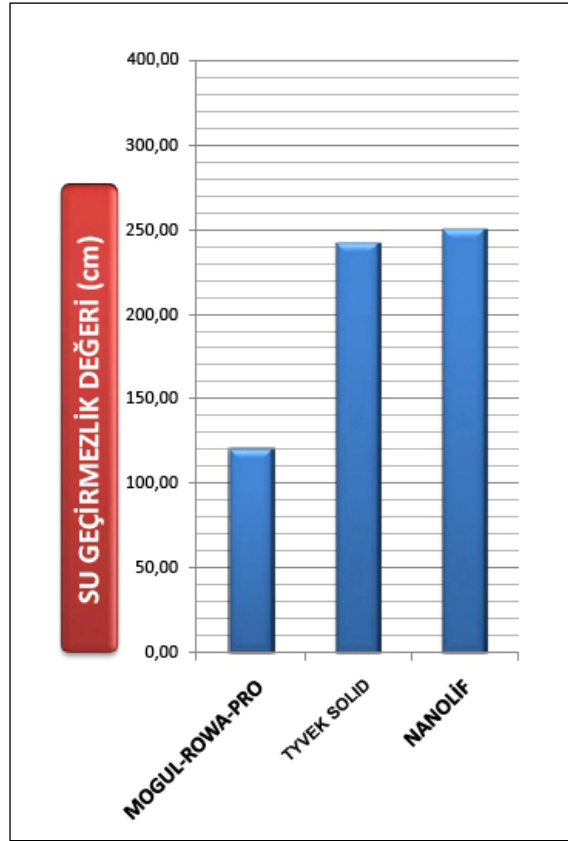
**Resim 4.9.** Numunenin Su Basıncına Tabi Tutulması

Sonuç olarak ;	Mogul-Rowa-pro örtüsü	:120.0 mbar
	Tyvek-Solid	:243 mbar
	Nanolif Membran	:250.0 mbar

ölçülmüştür.

Elde edilen veriler incelendiğinde, nanolif membranın su geçirmezlik değeri, Mogul-Rowa-pro örtüsüne göre %108 , Tyvek-Solid örtüsüne göre %2 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür.

**Tablo 4.6.** Mogul-Rowa-pro Örtüsü, Tyvek-Solid Örtüsü, Nanolif Membran Örtülerinin Su Geçirmezlik Değerlerinin Karşılaştırılması



#### 4.5. Kopma Mukavemetinin Tayini-

##### 4.5.1. Deney Yöntemi

Kumaşların kopma mukavemetlerinin tayini ile ilgili ISO 13934-2 : 1999 da belirtilen yöntem kullanılarak nanolif membranlar ile ilgili deneyler yapılmıştır.

Standartta belirtildiği üzere, deney prensibi şu şekilde belirlenmiştir. Bu metot; dokuma kumaşların sabit bir uzama oranı ve kuvvet uygulandığında kopmaya ve uzamaya karşı dayanımlarının tayin edilmesi için uygulanmaktadır. Numuneler, serbest bir şekilde, makinanın çenelerin merkezine düzgün bir şekilde takılır. Test başlatılır, kopma mukavemeti sonuçları kaydedilir.

Deney koşulları  $20 \pm 2$  0C sıcaklık ve  $\% 65 \pm 2$  Rh nem koşullarında gerçekleştirilmiştir.

#### 4.5.2.Deney Ekipmanı

##### Deney Makinası

Deney makinası Titan Universal Mukavemet Cihazı ve deney sonuçlarını görebileceğimiz bilgisayar bağlantısı.



**Resim 4.10.** Titan Universal Mukavemet Cihazı



**Resim 4.11.** Deney Sonuçlarını Gösteren Bilgisayar Bağlantısı

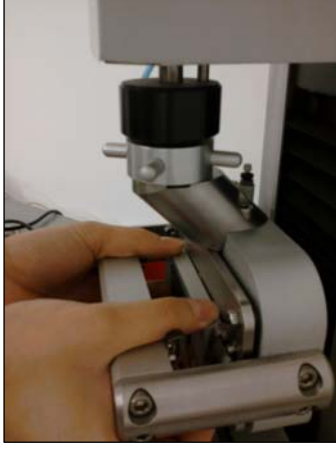
#### 4.5.3. Deneyin Yapılışı Ve Sonuçları

Numuneler yaklaşık olarak 180 mm uzunluğunda ve  $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  genişliğinde kesilmiştir.

Laboratuvar için kesilip hazırlanan numunenin 3,8 cm içinden olacak şekilde bir çizgi çizilir, bu kılavuz çizgisidir, numunenin çeneye orantılı takılmasını kolaylaştırmak için çizilir.

- Test hızı 50 mm / dakikadır.

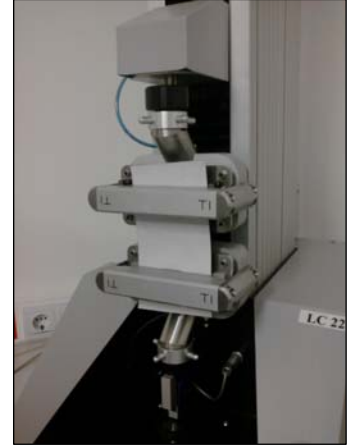
- Arka çenelere 50 x 25 mm'lik, ön çenelere 25 x 25 mm'lik lastik yüzü numune tutucu çeneler takılır.



**Resim 4.12.** Makinanın Yüzey Tutucu Çenelerin Takılması

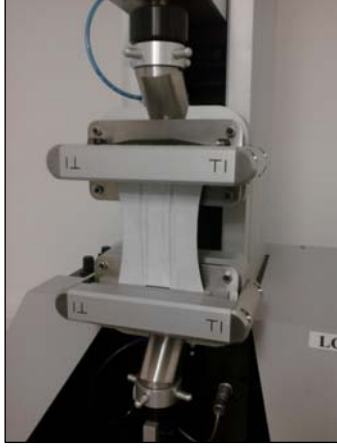
- Çene mesafesi 100 mm olmalı ve mesafe cetvelle ölçülmelidir.

- Numuneler, serbest bir şekilde, fazla gerdirilmeden çenelerin merkezine düzgün bir şekilde takılır.



**Resim 4.13.** Makinaya Numunenin Yerleştirilmesi

- Test başlatılır, kopma mukavemeti sonuçları kaydedilir. Bütün numuneler için aynı işlemler uygulanır.

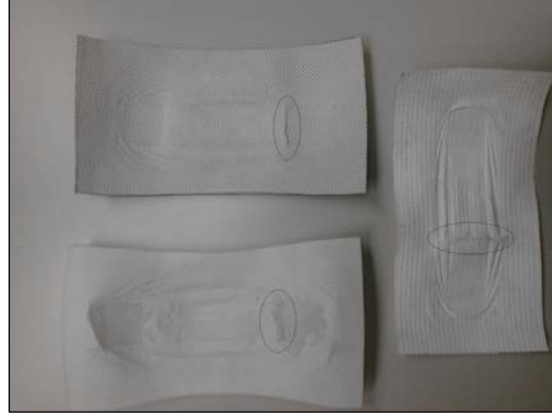


**Resim 4.14.** Deneyin Başlaması ile Gerilen Numune



**Resim 4.15.** Numunenin Gerilme Sonrasında Koptuğu An

Eğer numunelerden herhangi biri çenenin 5 cm içinden koparsa bu sonuç rakamsal değerle birlikte 'çenede kopma' şeklinde rapor edilmelidir. Çeneden kopan bir numunenin sonucu diğer tüm sonuçlardan düşük ise bu numune iptal edilerek yerine yeni bir numune hazırlanır.



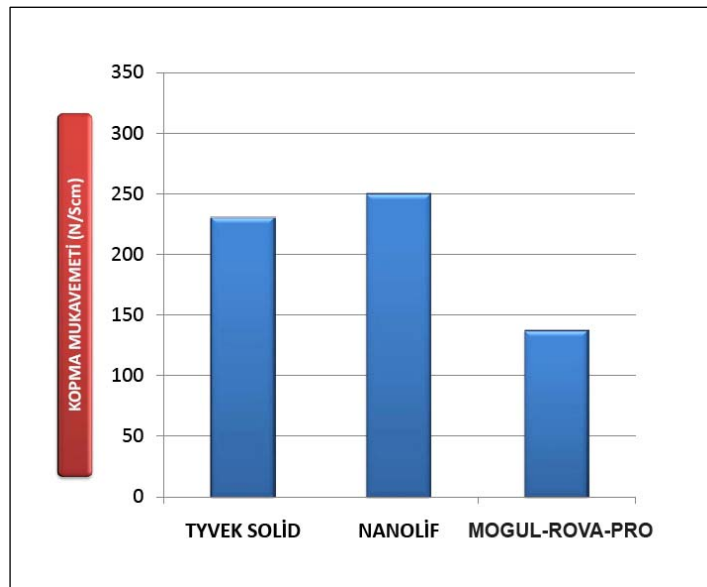
**Resim 4.16.** Mogul-Rowa-pro Örtüsü (sol üst tarafta ki), Tyvek-Solid (sağ tarafta ki) ,Nanolif Membran (sol alt tarafta ki) Örtülerinin Deney Sonrası Kopma Noktaları

Sonuç Olarak	Tyvek-Solid	:230 N/5 cm
	Nanolif Membran	:250 N/5 cm
	Mogul-Rovapro örtüsü	:140 N/5 cm

ölçülmüştür.

Elde edilen veriler incelendiğinde, nanolif membranın kopma mukavemeti Mogul-Rowa-pro örtüsüne göre %78 , Tyvek-Solid örtüsüne göre %8 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür.

**Tablo 4.7.** Tyvek-Solid, Nanolif Membran, Mogul-Rowa-pro Örtülerinin Kopma Mukavemetlerinin Karşılaştırılması





## 5.SONUÇ

Nefes Alan Su yalıtım örtülerinin nefes alma özelliği sayesinde bina içindeki rutubet engellenirken su geçirmeme özelliği ile yapı elemanlarını dış etkilere karşı koruyarak binanın ömrünü uzatmaktadır. Nefes alabilen su yalıtım örtüleri ile yapılan uygulamalarda ısı yalıtımının sıcak tarafına, buhar dengeleyici bir malzeme kullanımı da önerilmektedir. Söz konusu malzemenin, nefes alabilen su yalıtım örtüleri ile birlikte kullanımı, iç mekanı hava sızıntılarına karşı geçirimsiz kılarken, çatı içindeki su buharının da kontrollü bir biçimde dışarı atılması sağlayacaktır.

Nefes alan su yalıtım örtülerinin mekanik olarak mikro gözenek lifli yapıda olmalıdır. Nanoteknoloji sayesinde nanoboyutlarla gözenekli membranlar üretilebilmektedir. Elektrospinning yöntemi ile elde edilen nanolifler diğer yöntemlerle elde edilenlerden daha incedirler. Bu nedenden ötürü elektrospinning yöntemi ile nanolif üretimi diğer yöntemlerden daha avantajlı görülmektedir. Ancak nanolifler tek başına mukavemet açısından yeterli değildirler, destekleyici bir taşıyıcı kumaşın olması gerekmektedir. Nonwoven taşıyıcı kumaş üzerine lamine edilerek oluşturulan nanolif membranların nanolif katmanının gramajı elektrospinning yöntemi ile istenilen seviyelerde ayarlanarak daha sağlam malzemeler üretilebilir. Ayrıca nanoliflerin geniş yüzey alanı, esnekliği, moleküllerin düzgün yönlenmesiyle elde edilmesi ve daha yüksek mukavemet değerleri sebebiyle tercih edilmelidir.

Binalardaki tüm duvarlar, binanın iç kısmını dışarıdaki iklimsel koşullardan koruyacak şekilde projelendirilmelidir. Nefes alan su yalıtım örtüleri ayrıca ısı, hava ve nemin bina çevresindeki hareketlerini kontrol altına alarak binaların enerji verimliliğini arttırmakta ve bu sayede çevre korunmasına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Bina dokusunun uzun vadede korunabilmesi, yaşayanların konforu ve refahları açısından hava kaybının azaltılması, yoğuşmanın önlenmesi ve ısı yalıtımının sağlanması kriterlerinin tümü birlikte göz önüne alınmalıdır. Ayrıca

yoğuşma riskini önlemek amacıyla su yalıtım örtüsünün su buharı difüzyon direnci oldukça düşük olması gerekmektedir.

Bu çalışmada nanolif membran örtüsünün su buharı geçirgenliği, su geçirmezlik değeri ve kopma mukavemeti değeri, çeşitli nefes alan su yalıtım örtüleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde (bkz.sayfa 52-55-60) nanolif membranların inşaat sektöründe yalıtım amacıyla çatı ve dış cephelerde ideal bir nefes alan su yalıtım örtüsü olarak kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.

Günümüzde su yalıtım uygulamalarında daha çok bitüm esaslı malzemeler kullanılmaktadır. Ancak bu malzemelerin nefes alma özelliği olmadığı için, su buharının yoğuşma riskine karşı hava boşlukları ya da bacalar ile önlem alınmaya çalışılmaktadır. Ancak dış cephede ve çatılarda rüzgar etkisiyle gelen yağmura ve kara karşı koruma amacıyla, yapısal çerçevenin ve ısı yalıtımının nemden ötürü zarar görmesini engellemek için duvarlarda ve çatılarda buhar geçirgen ve aynı zamanda su yalıtımı sağlayan bir ürün kullanımı tavsiye edilmelidir.

## 6.KAYNAKÇA

[1] **Kozanoğlu, G.S.**, 2006. Elektrosinning yöntemiyle nanolif üretim teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2] **Daşdemir, M.**, 2006. Electrospinning of Thermoplastic Polyurethane (TPU) for Producing Nanofibers, M.Sc. Thesis, Gaziantep University Textile Engineering, Gaziantep.

[3] **Kaymakçı, A., Gümüş, T., Bölek, U. K.**, Mayıs 2007, Elektro üretim Metoduyla Membran Tasarımı ve Üretimi, Lisans Bitirme Tasarım Projesi, İ.T.Ü. Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul

[4] **Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W.E., Ma, Z.W. and Lim, T.C.**, 2005. An Introduction to Electrospinning and Nanofibers, World Scientific Publishers, Singapore.

[5] <http://www.nanofmgroup.com/pdfs/dokuman.pdf>

[6] **Tepe, A.**,2007. Nanoteknolojide Nano Ölçekteki Yapıların Yerel Olmayan Elastisite Çerçevesinde İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] **Yun Kyung Kang, Chung Hee Park, Jooyoun Kim, and Tae Jin Kang**, Application of Electrospun Polyurethane Web to Breathable Water-proof Fabrics, Fibers and Polymers 2007, Vol.8, No.5, 564-570

[8] **Richardson, J. F., Harker, J. H. and Backhurst, J.R.**, 2002. Chemical Engineering, Fifth Edt., Vol. 2, Butterworth-Heinemann, Oxford.

[9] <http://www.whatman.com/CycloporePolycarbonateandPolyesterMembranes.aspx>

[10] **Purchas, D.B. and Sutherland, K.**, 2002. Handbook of Filter Media, Elsevier Adv. Techn., Oxford, New York.

[11] **Baker, R.W.**, 2004, Membrane Technology and Applications Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, New York.

[12] **Porter, M.C.**, 1990, Handbook of Industrial Membrane Technology, Noyes Publications, New Jersey.

[13] **Salt, Y. ve Diñer, S.**, 2006, Özel Ayrırma İşlemlerinde Bir Seçenek Membran Prosesleri, Journal of Engineering and Natural Sciences, Yıldz Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliđi Bölümü, Davutpasa-İstanbul

[14] [http://www2.dupont.com/Products/tr\\_TR/tyvek\\_solid.html](http://www2.dupont.com/Products/tr_TR/tyvek_solid.html)

[15] <http://www.mogulsb.com/dosyalar/products/dataaa111.jpg>

[16] **Oruç, F.**, Filtrasyon ve İnşaat Sektörlerine Yönelik Nanolif Membran Tabanlı Ticari Ürünler Geliştirilmesi,Fizibilite Çalışması, Nano Fmg Danışmanlık Araştırma Geliştirme Tekstil Makina Sanayi Tic. Ltd. Şti.

[17] [http://www.aldek.com.tr/download%5CSu\\_Yalitimi.pdf](http://www.aldek.com.tr/download%5CSu_Yalitimi.pdf)

[18] <http://www.gore-tex.com/remote/Satellite/content/what-is-gore-tex-laminates>

[19] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Nano>

[20] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Nanolif>

[21] **Ertaş, K.**, Binalarda Buhar Difüzyonu Olayının İrdelenmesi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım Kongresi 23-24-25 Mart 2001 Eskişehir-Türkiye

[22] **Koçu, N.ve Dereli, M.**, Yapı Cephelerinde Görsel Yönden Olumsuz Olarak Etkileyen Sorunlar ve Nedenlerin Analizi, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler” Sempozyumu, ĐTÜ Mimarlık Fakültesi Taşkışla - İstanbul 13-14 Ekim 2008

[23] **Can, O.**, Endüstride Kullanılan Teknik Tekstiller Üzerine Bir Arastırma, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi 2008 (3) 31 -43, Suleyman Demirel Üniversitesi, Guzel Sanatlar Fakultesi, Tekstil Tasarım Bolumu, Isparta

[24] **Evcil, N.**, Nefes Alabilen Su Yalıtım Örtüleri TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım Kongresi 23-24-25 Mart 2001 Eskişehir-Türkiye

## **EKLER**

### **EK (ASTM E 96) Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials<sup>1</sup>**

This standard is issued under the fixed designation E 96; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

#### **1. Scope**

1.1. These test methods cover the determination of water vapor transmission (WVT) of materials through which the passage of water vapor may be of importance, such as paper, plastic films, other sheet materials, fiberboards, gypsum and plaster products, wood products, and plastics. The test methods are limited to specimens not over 1 1/4 in. (32 mm) in thickness except as provided in Section 9. Two basic methods, the Desiccant Method and the Water Method, are provided for the measurement of permeance, and two variations include service conditions with one side wetted and service conditions with low humidity on one side and high humidity on the other. Agreement should not be expected between results obtained by different methods. That method should be selected which more nearly approaches the conditions of use.

1.2. The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. Metric inch-pound conversion factors for WVT, permeance, and permeability are stated in Table 1. All conversions of mm Hg to Pa are made at a temperature of 0°C.

1.3. This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to

establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

C 168 Terminology Relating to Thermal Insulating Materials

D 449 Specification for Asphalt Used in Dampproofing and Waterproofing

D 2301 Specification for Vinyl Chloride Plastic Pressure-Sensitive Electrical Insulating Tape

Multiply	by	To Obtain (for the same test condition)
<i>WVT</i>		
g/h-m <sup>2</sup>	1.43	grains/h-ft <sup>2</sup>
grains/h-ft <sup>2</sup>	0.697	g/h-m <sup>2</sup>
<i>Permeance</i>		
g/Pa-s-m <sup>2</sup>	1.75 × 10 <sup>7</sup>	1 Perm (inch-pound)
1 Perm (inch-pound)	5.72 × 10 <sup>-8</sup>	g/Pa-s-m <sup>2</sup>
<i>Permeability</i>		
g/Pa-s-m	6.88 × 10 <sup>8</sup>	1 Perm inch
1 Perm inch	1.45 × 10 <sup>-9</sup>	g/Pa-s-m

TABLE 1 Metric Units and Conversion Factors <sup>A,B</sup>

<sup>A</sup>These units are used in the construction trade. Other units may be used in other standards.

<sup>B</sup>All conversions of mm Hg to Pa are made at a temperature of 0°C.

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

## 3. Terminology

3.1 Definitions of terms used in this standard will be found in Terminology C 168, from which the following is quoted:

“water vapor permeability—the time rate of water vapor transmission through unit area of flat material of unit thickness induced by unit vapor pressure difference between two specific surfaces, under specified temperature and humidity conditions.

3.1.1 Discussion—Permeability is a property of a material, but the permeability of a body that performs like a material may be used. Permeability is the arithmetic product of permeance and thickness.

“water vapor permeance—the time rate of water vapor transmission through unit area of flat material or construction induced by unit vapor pressure difference between two specific surfaces, under specified temperature and humidity conditions.

3.1.2 Discussion—Permeance is a performance evaluation and not a property of a material.

3.2 water vapor transmission rate—the steady water vapor flow in unit time through unit area of a body, normal to specific parallel surfaces, under specific conditions of temperature and humidity at each surface.”

#### **4. Summary of Test Methods**

4.1. In the Desiccant Method the test specimen is sealed to the open mouth of a test dish containing a desiccant, and the assembly placed in a controlled atmosphere. Periodic weighings determine the rate of water vapor movement through the specimen into the desiccant.

4.2. In the Water Method, the dish contains distilled water, and the weighings determine the rate of vapor movement through the specimen from the water to the controlled atmosphere. The vapor pressure difference is nominally the same in both methods except in the variation, with extremes of humidity on opposite sides.

#### **5. Significance and Use**

5.1 The purpose of these tests is to obtain, by means of simple apparatus, reliable values of water vapor transfer through permeable and semipermeable materials, expressed in suitable units. These values are for use in design, manufacture, and marketing. A permeance value obtained under one set of test conditions may not indicate the value under a different set of conditions. For this reason, the test conditions should be selected that most closely approach the conditions of use. While any set of conditions may be used and those conditions reported, standard conditions that have been useful are shown in Appendix X1.

## 6. Apparatus

6.1 Test Dish—The test dish shall be of any noncorroding material, impermeable to water or water vapor. It may be of any shape. Light weight is desirable. A large, shallow dish is preferred, but its size and weight are limited when an analytical balance is chosen to detect small weight changes. The mouth of the dish shall be as large as practical and at least 4.65 in.<sup>2</sup>(3000 mm<sup>2</sup>x). The desiccant or water area shall be not less than the mouth area except if a grid is used, as provided in 12.1, its effective area shall not exceed 10 % of the mouth area. An external flange or ledge around the mouth, to which the specimen may be attached, is useful when shrinking or warping occurs. When the specimen area is larger than the mouth area, this overlay upon the ledge is a source of error, particularly for thick specimens. This overlay material should be masked as described in 10.1 so that the mouth area defines the test area. The overlay material results in a positive error, indicating excessive water vapor transmission. The magnitude of the error is a complex function of the thickness, ledge width, mouth area, and possibly the permeability. This error is discussed by Joy and Wilson.<sup>6</sup> This type of error should be limited to about 10 to 12 %. For a thick specimen the ledge should not exceed  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) for a 10-in. (254-mm) or larger mouth (square or circular) or  $\frac{1}{8}$  in. (3 mm) for a 5-in. (127-mm) mouth (square or circular). For a 3-in. (76-mm) mouth (square or circular) the ledge should not exceed 0.11 in. (2.8 mm) wide. An allowable ledge may be interpolated for intermediate sizes or calculated according to Joy and Wilson. A rim around the ledge (Fig. X1.1) may be useful. If a rim is provided, it shall be not more than  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm) higher than the specimen as attached. Different depths may be used for the Desiccant Method and Water Method, but a  $\frac{3}{4}$ -in. (19-mm) depth (below the mouth) is satisfactory for either method.

6.2 Test Chamber—The room or cabinet where the as assembled test dishes are to be placed shall have a controlled temperature and relative humidity. The temperature chosen shall be between 21 and 32°C (70 and 90°F), and shall be maintained constant within  $\pm 1^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{F}$ ). A temperature of 32°C (90°F) is recommended (Note 1). The relative humidity shall be maintained at  $50 \pm 2\%$ , (When extremes of humidity are desired, the temperature shall be  $38 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $100 \pm 1.8^\circ\text{F}$ )) The relative humidity shall be  $90 \pm 2\%$ . Both temperature and relative humidity shall be measured frequently, or preferably recorded continuously. Air shall be continuously circulated throughout the chamber, with a velocity sufficient to maintain uniform conditions at all test locations. The air velocity over the specimen shall be between 0.02 and 0.3 m·s<sup>-1</sup>(0.066 and 1ft/s). Suitable racks shall be provided on which to place the test dishes within the test chamber.



Note 1—Simple temperature control by heating alone is usually made possible at 32°C (90°F). However, it is very desirable to enter the controlled space, and a comfortable temperature is more satisfactory for that arrangement. Temperatures of 23°C (73.4°F) and 26.7°C (80°F) are in use and are satisfactory for this purpose. With cyclic control, the average test temperature may be obtained from a sensitive thermometer in a mass of dry sand. The temperature of the chamber walls facing a specimen over water should not be cooler than the water to avoid condensation on the test specimen.

6.3. Balance and Weights—The balance shall be sensitive to a change smaller than 1 % of the weight change during the period when a steady state is considered to exist. The weights used shall be accurate to 1 % of the weight change during the steady-state period. For example: -perm ( $5.7 \times 10^{-11} \text{ kg} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) specimen 10 in. (254 mm) square at 80°F (26.7°C) passes 8.6 grains or 0.56 g/day. In 18 days of steady state, the transfer is 10 g. For this usage, the balance must have a sensitivity of 1 % of 10 g or 0.1 g and the weights must be accurate to 0.1 g. If, however, the balance has a sensitivity of 0.2 g or the weights are no better than 0.2 g, the requirements of this paragraph can be met by continuing the steady state for 36 days. An analytical balance that is much more sensitive will permit more rapid results on specimens below 1 perm ( $5.7 \times 10^{-11} \text{ kg} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) when the assembled dish is not excessively heavy. A light wire sling may be substituted for the usual pan to accommodate a larger and heavier load.

## 7. Materials

### 7.1 Desiccant and Water:

7.1.1 For the Desiccant Method, anhydrous calcium chloride in the form of small lumps that will pass a No. 8 (2.36-mm) sieve, and free of fines that will pass a No. 30 (600- $\mu\text{m}$ ) sieve, shall be used (Note 2). It shall be dried at 400°F (200°C) before use.

Note 2—If  $\text{CaCl}_2$  will react chemically on the specimen, an adsorbing desiccant such as silica gel, activated at 400°F (200°C), may be used; but the moisture gain by this desiccant during the test must be limited to 4 %.

7.1.2 For the Water Method, distilled water shall be used in the test dish.

7.2 Sealant—The sealant used for attaching the specimen to the dish, in order to be suitable for this purpose, must be highly resistant to the passage of water vapor (and water). It must not lose weight to, or gain weight from, the atmosphere in an amount, over the required period of time, that would affect the test result by more

than 2 %. It must not affect the vapor pressure in a water-filled dish. Molten asphalt or wax is required for permeance tests below 4 perms ( $2.3 \times 10^{-10} \text{ kg}\cdot\text{Pa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Sealing methods are discussed in Appendix X2.

## 8. Sampling

8.1 The material shall be sampled in accordance with standard methods of sampling applicable to the material under test. The sample shall be of uniform thickness. If the material is of nonsymmetrical construction, the two faces shall be designated by distinguishing marks (for example, on a one-side-coated sample, “I” for the coated side and “II” for the uncoated side).

## 9. Test Specimens

9.1. Test specimens shall be representative of the material tested. When a product is designed for use in only one position, three specimens shall be tested by the same method with the vapor flow in the designated direction. When the sides of a product are indistinguishable, three specimens shall be tested by the same method. When the sides of a product are different and either side may face the vapor source, four specimens shall be tested by the same method, two being tested with the vapor flow in each direction and so reported.

9.2. A slab, produced and used as a laminate (such as a foamed plastic with natural “skins”) may be tested in the thickness of use. Alternatively, it may be sliced into two or more sheets, each being separately tested and so reported as provided in 9.4, provided also, that the “overlay upon the cup ledge” (6.1) of any laminate shall not exceed  $\frac{1}{8}$  in. (3 mm).

9.3. When the material as used has a pitted or textured surface, the tested thickness shall be that of use. When it is homogeneous, however, a thinner slice of the slab may be tested as provided in 9.4.

9.4. In either case (9.2 or 9.3), the tested overall thickness, if less than that of use, shall be at least five times the sum of the maximum pit depths in both its faces, and its tested permeance shall be not greater than 5 perms (3.3 metric perms).

9.5. The overall thickness of each specimen shall be measured at the center of each quadrant and the results averaged. Measurement of specimens of 0.125 in. or less in thickness shall be made to the nearest 0.0001 in. Measurement of specimens greater than 0.125 in. in thickness shall be made to the nearest 0.001 in.

9.6. When testing any material with a permeance less than 0.05 perms or when testing a low permeance material that may be expected to lose or gain weight throughout the test (because of evaporation or oxidation), it is strongly recommended that an additional specimen, or “dummy,” be tested exactly like the others, except

that no desiccant or water is put in the dish. Failure to use this dummy specimen to establish modified dish weights may significantly increase the time required to complete the test. Because time to reach equilibrium of water permeance increases as the square of thickness, thick, particularly hygroscopic, materials may take as long as 60 days to reach equilibrium conditions.

## **10. Attachment of Specimen to Test Dish**

10.1 Attach the specimen to the dish by sealing (and clamping if desired) in such a manner that the dish mouth defines the area of the specimen exposed to the vapor pressure in the dish. If necessary, mask the specimen top surface, exposed to conditioned air so that its exposure duplicates the mouth shape and size and is directly above it. A template is recommended for locating the mask. Thoroughly seal the edges of the specimen to prevent the passage of vapor into, or out of, or around the specimen edges or any portion thereof. The same assurance must apply to any part of the specimen faces outside their defined areas. Suggested methods of attachment are described in Appendix X2.

Note 3—In order to minimize the risk of condensation on the interior surface of the sample when it is placed in the chamber, the temperature of the water prior to preparation of the test specimen should be within  $\pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ) of the test condition.

## **11. Procedure for Desiccant Method**

11.1. Fill the test dish with desiccant within  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm) of the specimen. Leave enough space so that shaking of the dish, which must be done at each weighing, will mix the desiccant.

11.2. Attach the specimen to the dish (see 10.1) and place it in the controlled chamber, specimen up, weighing it at once. (This weight may be helpful to an understanding of the initial moisture in the specimen.)

11.3. Weigh the dish assembly periodically, often enough to provide eight or ten data points during the test. A data point is the weight at a particular time. The time that the weight is made should be recorded to a precision of approximately 1 % of the time span between successive weighing. Thus, if weighings are made every hour, record the time to the nearest 30 s; if recordings are made every day, a time to the nearest 15 min would be allowed. At first the weight may change rapidly; later a steady state will be reached where the rate of change is substantially constant. Weighings should be accomplished without removal of the test dishes from the controlled atmosphere, but if removal is prescribed necessary, the time the specimens are kept at different conditions, temperature or relative humidity, or both, should be kept to a minimum. When results of water vapor transmission are expected to be less than .05 perm, a dummy specimen is strongly recommended. Such a dummy

specimen should be attached to an empty cup in the normal manner. The environmental effects of temperature variation and buoyancy variability due to barometric pressure fluctuation can be arithmetically tared out of the weighing values. This precaution permits earlier and more reliable achievement of equilibrium conditions. Analyze the results as prescribed in 13.1.

11.4 Terminate the test or change the desiccant before the water added to the desiccant exceeds 10 % of its starting weight (Note 1 and Note 3). This limit cannot be exactly determined and judgement is required. The desiccant gain may be more or less than the dish weight-gain when the moisture content of the specimen has changed.

Note 4—The WVT of some materials (especially wood) may depend on the ambient relative humidity immediately before the test. An apparent hysteresis results in higher WVT if the prior relative humidity was above the test condition and vice versa. It is therefore recommended that specimens of wood and paper products be conditioned to constant weight in a 50 % relative humidity atmosphere before they are tested. Some specimens may be advantageously preconditioned to minimize the moisture that the specimen will give up to the desiccant. This applies when the specimen is likely to have high moisture content or when it is coated on the top (vapor source) side.

## **12. Procedure for Water Method**

12.1 Fill the test dish with distilled water to a level  $\frac{3}{4} \pm \frac{1}{4}$  in. ( $19 \pm 6$  mm) from the specimen. The air space thus allowed has a small vapor resistance, but it is necessary in order to reduce the risk of water touching the specimen when the dish is handled. Such contact invalidates a test on some materials such as paper, wood, or other hygroscopic materials. The water depth shall be not less than  $\frac{1}{8}$  in. (3 mm) to ensure coverage of the dish bottom throughout the test. However, if the dish is of glass, its bottom must be visibly covered at all times but no specific depth is required. Water surges may be reduced in placing a grid of light noncorroding material in the dish to break the water surface. This grid shall be at least  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm) below the specimen, and it shall not reduce the water surface by more than 10 % (Note 4).

Note 5—For the Water Method, baking the empty dish and promptly coating its mouth with sealant before assembly is recommended. The water may be added most conveniently after the specimen is attached, through a small sealable hole in the dish above the water line.

12.2. Attach the specimen to the dish (see 10.1). Some specimens are likely to warp and break the seal during the test. The risk is reduced by preconditioning the specimen, and by clamping it to the dish ledge (if one is provided).

12.3. Weigh the dish assembly and place it in the controlled chamber on a true horizontal surface. Follow the procedure given in 11.3. If the test specimen cannot tolerate condensation on the surface, the dish assembly shall not be exposed to a temperature that differs by more than 5°F (2.8°C) from the control atmosphere to minimize the risk of condensation on the specimen. When results of water vapor transmission are expected to be less than .05 perm, a dummy specimen is strongly recommended. Such a dummy specimen should be attached to an empty cup in the normal manner. The environment effects of temperature variation and buoyancy variability due to barometric pressure fluctuation can be arithmetically tared out of the weighing values. This precaution permits earlier and more reliable achievement of equilibrium conditions. Analyze the results as prescribed in 13.1.

12.4. Where water is expected to be in contact with the barrier in service, proceed as in 11.3 except place the dish in an inverted position. The dish must be sufficiently level so that water covers the inner surface of the specimen despite any distortion of the specimen due to the weight of the water. With highly permeable specimens it is especially important to locate the test dish so that air circulates over the exposed surface at the specified velocity. The test dishes may be placed on the balance in the upright position for weighing, but the period during which the wetted surface of the specimen is not covered with water must be kept to a minimum.

### **13. Calculation and Analysis of Results**

13.1 The results of the rate of water vapor transmission may be determined either graphically or numerically.

13.1.1. Dummy Specimen—If a dummy specimen has been used to compensate for variability in test conditions, due to temperature or barometric pressure, or both, the daily recorded weights can be adjusted by calculating the weight change from initial to time of weighing. This adjustment is made by reversing the direction of the dummy's weight change, relative to its initial weight, and modifying all the appropriate specimen weight(s) recorded at this time. This permits earlier achievement of equilibrium conditions. An alternate procedure, particularly for tests of long duration and more than six weighings, is to subtract the arithmetic mean slope of the rate of weight change of the dummy specimen from the arithmetic mean slope of each similar specimen to get an effective rate of weight change. These procedures are also desirable if the specimen is changing weight due to a curing process while under test.

13.1.2. Graphic Analysis—Plot the weight, modified by the dummy specimen when used, against elapsed time, and inscribe a curve which tends to become straight. Judgment here is required and numerous points are helpful. When a straight line adequately fits the plot of at least six properly spaced points (periodic weight changes matching, or exceeding 20 % of the multiple of 100 times the scale sensitivity), a nominally steady state is assumed, and the slope of the straight line is the rate of water vapor transmission.

13.1.3. Numerical Analysis—A mathematical least squares regression analysis of the weight, modified by the dummy specimen when used, as a function of time will give the rate of water vapor transmission. An uncertainty, or standard deviation of this rate, can also be calculated to define the confidence band. For very low permeability materials, this method can be used to determine the results after 30 to 60 days when using an analytical balance, with a sensitivity of  $\pm 1$  mg, even if the weight change does not meet the 100 times the sensitivity requirement of 6.3. Specimens analyzed in this manner must be clearly identified in the report.

13.2 Calculate the water vapor transmission, WVT, and permeance as follows:

13.2.1 Water Vapor Transmission:

$$\text{WVT} = G/tA = (G/t) / A \quad (1)$$

where:

In inch-pound units:

G = weight change, grains (from the straight line),

t = time during which G occurred, h,

G/t = slope of the straight line, grains/h,

A = test area (cup mouth area),  $\text{ft}^2$ , and

WVT = rate of water vapor transmission, grains/h· $\text{ft}^2$ .

In metric units:

G = weight change (from the straight line), g,

t = time, h,

G/t = slope of the straight line, g/h,

A = test area (cup mouth area),  $\text{m}^2$ , and

WVT = rate of water vapor transmission, g/h· $\text{m}^2$ .

### 13.2.2 Permeance:

$$\text{Permeance} = WVT/\Delta p = WVT/S(R_1 - R_2) \quad (2)$$

where:

In inch-pound units:

$\Delta p$  = vapor pressure difference, in. Hg,

$S$  = saturation vapor pressure at test temperature, in. Hg,

$R_1$  = relative humidity at the source expressed as a fraction (the test chamber for desiccant method; in the dish for water method), and

$R_2$  = relative humidity at the vapor sink expressed as a fraction

In metric units:

$\Delta p$  = vapor pressure difference, mm Hg ( $1.333 \times 10^2$  Pa),

$S$  = saturation vapor pressure at test temperature, mm Hg

( $1.333 \times 10^2$  Pa),  $R_1$  = relative humidity at the source expressed as a fraction (the test chamber for desiccant method; in the dish for water method), and  $R_2$  = relative humidity at the vapor sink expressed as a fraction.

13.2.3 In the controlled chamber the relative humidity and temperature are the average values actually measured during the test and (unless continuously recorded) these measurements shall be made as frequently as the weight measurements. In the dish the relative humidity is nominally 0 % for the desiccant and 100 % for the water. These values are usually within 3 % relative humidity of the actual relative humidity for specimens below 4 perms ( $2.3 \times 10^{-7} \text{g} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) when the required conditions are maintained (no more than 10 % moisture in  $\text{CaCl}_2$  and no more than 1 in. (25 mm) air space above water).

13.3 Only when the test specimen is homogeneous (not laminated) and not less than 1/2 in. (12.5 mm) thick, calculate its average permeability (perm in.) (metric perm-cm) as follows:

Required: WVT and permeance

Calculation (inch-pound units):

$$G/t = 12 \text{ g} \times 15.43 \text{ grains/g} \div 240 \text{ h}$$
$$= 0.771 \text{ grains/h,}$$

$$A = 100 \text{ in.}^2 \times 1 \text{ ft}^{2/144} \text{ in.}^2 = 0.695 \text{ ft}^2,$$

$S = 1.378 \text{ in. Hg}$  (from standard references tables),

$R_1 = 49 \%$  (in chamber),

$R_2 = 0 \%$  (vapor sink), and

$$\text{WVT} = 0.771 \text{ grains/h} \div 0.694 \text{ ft}^2 = 1.11 \text{ grains/ft}^2 \cdot \text{h.}$$

$$\text{Permeance} = \text{WVT}/\Delta P = \text{WVT}/S (R_1 - R_2)$$
$$= 1.11 \text{ grains/ft}^2 \cdot \text{h} \div 1.378 \text{ in. Hg} (0.49 - 0)$$
$$= 1.64 \text{ grains/ft}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{in. Hg} = 1.64 \text{ perms}$$

Calculation (metric units):

$$G/t = 12 \text{ g}/240 \text{ h} = 0.05 \text{ g/h,}$$

$$A = 0.0645 \text{ m}^2,$$

$$S = 35 \text{ mm Hg}$$
 (from reference tables),
$$= 35 \text{ mm Hg} \times 1.333 \times 10^2 \text{ Pa/mm}$$

$$\text{Hg} = 46.66 \times 10^2 \text{ Pa,}$$

$R_1 = 49 \%$  (in chamber),

$R_2 = 0 \%$  (vapor sink), and

$$\text{WVT} = 0.05 \text{ g/h} \div 0.0645 \text{ m}^2 = 0.775 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2.$$

$$\text{Permeance} = \text{WVT}/\Delta P = \text{WVT}/S (R_1 - R_2)$$
$$= 0.775 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2 \times 1 \text{ h}/3600 \text{ s} \div 46.66 \times 10^2$$
$$\text{Pa} \times (0.49 - 0)$$
$$= 9.42 \times 10^{-8} \text{ g/Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2$$

13.4 Metric units and conversion factor are given in Table 1.

## 14. Report

14.1 The report shall include the following:

14.1.1. Identification of the material tested, including its thickness.

14.1.2. Test method used (desiccant or water).

14.1.3. Test temperature.



14.1.4. Relative humidity in the test chamber.

14.1.5. Permeance of each specimen in perms (to two significant figures).

14.1.6. The side of each specimen on which the higher vapor pressure was applied. (The sides shall be distinguished as “side A” and “side B” when there is no obvious difference between them. When there is an obvious difference, this difference shall also be stated, such as “side A waxed” and “side B unwaxed.”).

14.1.7. The average permeance of all specimens tested in each position.

14.1.8. The permeability of each specimen (as limited by 13.3), and the average permeability of all specimens tested.

14.1.9. Include a portion of the plot indicating the section of the curve used to calculate permeability.

14.1.10. State design of cup and type or composition of sealant.

## **15. Precision and Bias**

15.1 Precision—Table 2 is based on an interlaboratory tests conducted in 1988 and 1991. In 1988 four materials (A, B, C, D) were tested using the dessicant method and the water method in triplicate. Fifteen laboratories contributed data, with full results secured from four laboratories. In 1991 ten laboratories contributed data for material E, using triplicate specimens, again using both the dessicant method and the water method.

15.1.1 Test results were analyzed using Practice E 691.

15.2 Bias—This test method has no bias because water vapor transmission of materials is defined in terms of this test method.

## **16. Keywords**

16.1 permeability; plastics (general); plastic sheet and film; sheet material; thermal-insulating materials; thermal insulation permeability films; water vapor transmission (WVT)

## APPENDIX

(Nonmandatory Information)

### X1. STANDARD TEST CONDITIONS

X1.1 Standard test conditions that have been useful are:

X1.1.1 Procedure A—Desiccant Method at 73.4°F (23°C).

X1.1.2 Procedure B—Water Method at 73.4°F (23°C).

X1.1.3 Procedure BW—Inverted Water Method at 73.4°F (23°C).

X1.1.4 Procedure C—Desiccant Method at 90°F (32.2°C).

X1.1.5 Procedure D—Water Method at 90°F (32.2°C).

X1.1.6 Procedure E—Desiccant Method at 100°F (37.8°C).

### X2. CUP DESIGN AND SEALING METHODS

X1.2 An ideal sealing material has the following properties:

X1.2.1 Impermeability to water in either vapor or liquid form.

X1.2.2 No gain or loss of weight from or to the test chamber (evaporation, oxidation, hygroscopicity, and water solubility being undesirable).

X1.2.3 Good adhesion to any specimen and to the dish (even when wet).

X1.2.4 Complete conformity to a rough surface.

X1.2.5 Compatibility with the specimen and no excessive penetration into it.

X1.2.6 Strength or pliability (or both).

X1.2.7 Easy handleability (including desirable viscosity and thermal of molten sealant).

X1.2.8 Satisfactory sealants possess these properties in varying degrees and the choice is a compromise, with more tolerance in items at the beginning of this list for the sake of those at the latter part of the list when the requirements of 7.2 are met (Note A2). Molten asphalt or wax is required for permeance tests below 4 perms (2.6 metric perms). Tests to determine sealant behavior should include:

X1.2.8.1 An impervious specimen (metal) normally sealed to the dish and so tested, and

X1.2.8.2 The seal normally assembled to an empty dish with no specimen and so tested.

X1.3 The following materials are recommended for general use when the test specimen will not be affected by the temperature of the sealant:

X1.3.1 Asphalt, 180 to 200°F (82 to 93°C) softening point, meeting the requirements of Specification D 449, Type C. Apply by pouring.

X1.3.2 Beeswax and rosin (equal weights). A temperature of 275°F (135°C) is desirable for brush application. Pour at lower temperature.

X1.3.3 Microcrystalline wax<sup>10</sup> (60 %), mixed with refined crystalline paraffin wax (40 %).

X1.4 The materials listed in X1.4.1 are recommended for particular uses such as those shown in Fig. X1.1. The suggested procedure described in X1.4.2 applies to an 11-<sup>3</sup>/<sub>8</sub>-in. (289mm) square specimen if its permeance exceeds 4 perms (2.6 metric perms) (limited by evaporation of sealants).

X1.4.1 Materials:

X1.4.1.1 Aluminum foil, 0.005 in. (0.125 mm) minimum thickness.

X1.4.1.2 Tape, meeting the requirements of Specification D 2301, vinyl chloride plastic pressure-sensitive, electrical insulating tape.

X1.4.1.3 Cement, contact bond, preferably rubber base.

X1.4.2 Procedure:

X1.4.2.1 Step 1—Seal aluminum foil around edges of specimen, leaving a 100-in.<sup>2</sup>(0.0654-m<sup>2</sup>) exposed test area on each side. Use contact bond cement as directed by the manufacturer.

X1.4.2.2 Step 2—Spread sealant on inside of rim and ledge. Place desiccant (dry), or water and surge control material (wet) in pan. Press specimen in place. Avoid squeezing compound into the test area.

X1.4.2.3 Step 3—Coat outside of rim and bottom of ledge with contact bond cement, and place foil strips from edge of template, around rim, and bottom of ledge.

X1.5 A method of using hot asphalt, as applied to a 10-in. (254-mm) square-mouth dish with ledge and rim, is as follows:

X1.5.1 Apparatus:

X1.5.1.1 Template—A square frame of brass or steel, <sup>3</sup>/<sub>16</sub> in. (5 mm) thick and <sup>3</sup>/<sub>4</sub> in. (19 mm) deep. The <sup>3</sup>/<sub>16</sub>-in. (5-mm) thickness is tapered to zero at the bottom of the frame where it will touch the test specimen and maintain a 10-in. (254-mm) square test area.

X1.5.1.2 Sealant—Asphalt (see X1.3.1 used at the proper pouring consistency of 375 to 450°F (179 to 232°C).

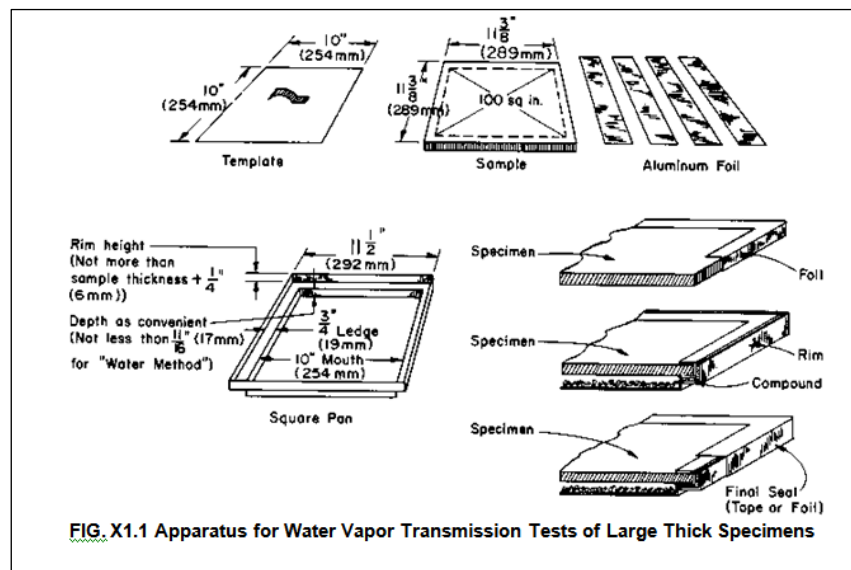
X1.5.1.3 Melting Pot for the asphalt, electrically heated, with one dimension greater than 11<sup>3</sup>/<sub>8</sub> in. (289 mm).

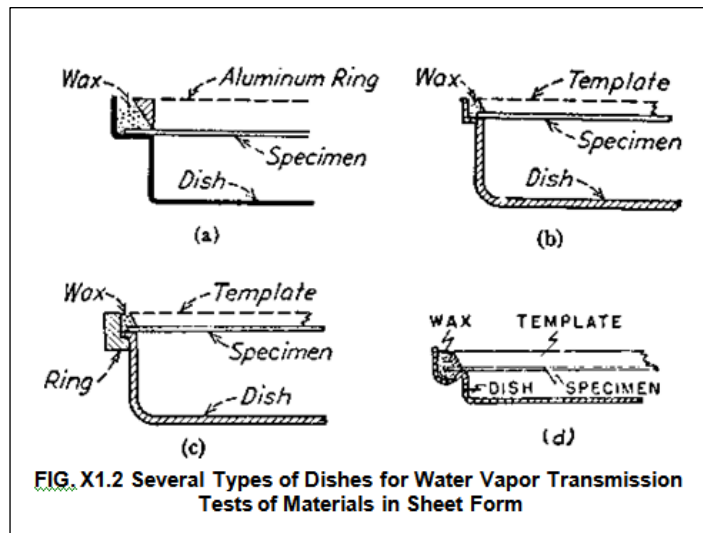
X1.5.1.4 Small Ladle for pouring.

X1.5.2 Procedure—Mark the 11<sup>3</sup>/<sub>8</sub>-in. (289-mm) square specimen with a line at an equal distance from each edge, so that the area enclosed by the lines is as nearly as possible a 10-in. (254-mm) square. The template may be used for marking. Dip each edge of the specimen in molten asphalt up to the line, so that the test area is defined and all edges are coated with a heavy layer of asphalt. Place the specimen over the pan containing water or desiccant. Lightly oil the template or coat with petroleum jelly on its outer side, and place on the specimen. Pour molten asphalt into the space between the template and the rim of the pan. After the asphalt has cooled for a few minutes, the template should be easily removable.

X1.6 Hot wax may be applied like asphalt. It may also be applied (freely) with a small brush. Its lower working temperature may be advantageous when a specimen contains moisture.

X1.7 Several designs for dishes with supporting rings and flanges are shown in Fig. X1.2. Various modifications of these designs may be made provided that the principle of prevention



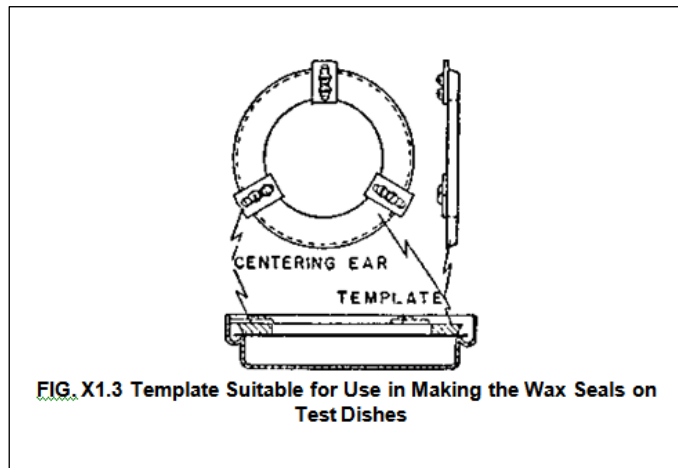


of edge leakage by means of a complete seal is retained. The dishes may be constructed of any rigid, impermeable, corrosion-resistant material, provided that they can be accommodated on the available analytical balance. A lightweight metal, such as aluminum or one of its alloys, is generally used for larger-size dishes. In some cases when an aluminum dish is employed and moisture is allowed to condense on its surface, there may be appreciable oxidation of the aluminum with a resulting gain in weight. Any gain in weight will ordinarily depend on the previous history of the dish and the cleanness of the surface. An empty dish carried through the test procedure as a control will help to determine whether any error may be expected from this cause. When aluminum dishes are used for the water methods, a pressure may develop inside the assembly during a test due to corrosion. This can cause seal failure or otherwise affect the result. Where this is a problem, it can be overcome by providing inside the dish a protective coating of baked-on epoxy resin or similar material. Dishes with flanges or rings that project from the inner walls of the dish are to be avoided, as such projections influence the diffusion of the water vapor. The depth of the dish for the water procedures is such that there is a  $0.80 \pm 0.20$  in. ( $20 \pm 5$ -mm) distance between the water surface and the under surface of the specimen, with a water depth of about 0.20 in. (5 mm).

X1.7.1 For the desiccant-in-dish procedures, the dishes need not be as deep as those required for the water-in-dish procedures. The desiccant is within  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm) of the under surface, and a minimum depth of only  $\frac{1}{2}$  in. (12 mm) of desiccant is required.

X1.7.2 The dishes shown in Fig. X1.2 require a molten seal.

X1.7.3 A template such as is shown in Fig. X1.3 is usually used for defining the test area and effecting the wax seal. It



consists of a circular metal dish  $\frac{1}{8}$  in. (3.18 mm) or more in thickness with the edge beveled to an angle of about  $45^\circ$ . The diameter of the bottom (smaller) face of the template is approximately equal to, but not greater than, the diameter of the effective opening of the dish in contact with the specimen. Small guides may be attached to the template to center it automatically on the test specimen. A small hole through the template to admit air, and petrolatum applied to the beveled edge of the template facilitate its removal after sealing the test specimen to the dish. In use, the template is placed over the test specimen and when it is carefully centered with the dish opening, molten wax is flowed into the annular space surrounding the beveled edge of the template. As soon as the wax has solidified, the template is removed from the sheet with a twisting motion. The outside flange of the dish should be high enough to extend over the top of the specimen, thus allowing the wax to completely envelop the edge.

X1.7.4 Gasketed types of seals are also in use on appropriately designed dishes. These simplify the mounting of the specimen, but must be used with caution, since the possibility of edge leakage is greater with gasketed seals than with wax seals. Gasketed seals are not permitted for the measurement of permeance less than 44 perms ( $2.3 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{Pa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ ). As a further precaution when gasketed seals are used instead of preferred sealants, a blank test run is suggested using glass or metal as a dummy specimen.

X1.7.5 A suitable weighing cover consists of a circular disk of aluminum  $\frac{1}{32}$  to  $\frac{3}{32}$  in. (0.8 to 2.4 mm) in thickness provided with a suitable knob in the center for lifting. The cover fits over the test specimen when assembled and makes contact with the inside beveled surface of the wax seal at, or just above, the plane of the specimen. The cover is free of sharp edges which might remove the wax and is numbered or otherwise identified to facilitate its exclusive use with the same dish.

## **EK (TS 257 EN 20811) TEKSTİL KUMAŞLARI - SU GEÇİRMEZLİK TAYİNİ HİDROSTATİK BASINÇ DENEYİ**

### **1 - Kapsam Ve Uygulama Alanı**

Bu Standard, kumaşların su geçirmediğlerinin hidrostatik basınç metodu ile tayinini kapsar. Bu metot öncelikle kalın kumaşlar için amaçlanmıştır. Örneğin branda bezi, katranlı kanaviçe, tente gibi.

### **2 - Atıf Yapılan Standardlar**

Bu Standardda, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer Standardlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste halinde verilmiştir. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapan bu standardda da tadil veya revizyon yapılması şartı ile uygulanır. Atıf yapılan standardın tarihinin belirtilmemesi halinde ilgili standardın en son baskısı kullanılır.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TSNo	Adı (Türkçe)
ISO 139	Textiles - Standard Atmospheres for Conditioning and Testing	TS240 EN 20139/1995	Tekstil Kondisyonlama ve Deneyleer için Standard Atmosfer Şartları

### **3 - Prensip**

Kumaşla örtülen hidrostatik deney başlığı, kumasın su geçirgenliğinin ölçülmesini sağlar. Kumaş numunesi, üç yerden su geçirme oluncaya kadar, Standard şartlar altında, bir yüzeyinden, sabit hızla artan su basıncına maruz bırakılır. Suyun kumaştan geçtiği 3. yerdeki su basınç, kaydedilir. Su basıncı, kumaşın her iki yüzeyinden de uygulanabilir. Seçilen yüzey deney raporunda belirtilir. Sonuç kısa veya orta sürelerle su basıncına maruz kalan kumaşın davranışıyla doğrudan ilgilidir.

#### 4 - Cihaz

4.1 - Deneyde kullanılacak cihaz aşağıdaki özelliklere uygun olmalıdır:

4.1.1 - Kumaş numunesini aşağıdaki özelliklerde tutma imkanına sahip olmalıdır;

a)Deney numunesini yatay konumda tutabilen ve bombe yapmayan;

b)Kumaşın altından veya üstünden düzgün artan su-basınca karşı numune yüzeyini  $100^1$ )  $\text{cm}^2$  olarak tutabilen;

c)Deney süresi içerisinde de bağlantı yerlerinden su sızdırmayan;

d)Bağlantı yerlerinde numuneyi kaydırmayan;

e)Numunenin tespit edildiği kenar bölgesindeki geçirme eğilimini en az düzeyde tutan.

4.1.2 - Deney numunesi ile temasta bulunan su, saf su veya iyonlardan arındırılmış su olmalı ve sıcaklığın,  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  veya  $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$ ' da muhafaza edebilmelidir. Seçilen su ve sıcaklık derecesi deney raporunda belirtilmelidir. (Yüksek sıcaklıktaki suyun kullanımında hidrostatik başlık değerleri düşük olacaktır. Bu değişikliğin büyüklüğü kumaştan kumaşa değişebilir).

4.1.3 - Su basıncında ki, artış oranı,  $(10 \pm 0,5) \text{ cm H}_2\text{O}^2$ ) dakika veya  $(60 \pm 3) \text{ cm H}_2\text{O}/\text{dakika}$  olmalıdır İki farklı basınç oranıyla elde edilen sonuçlar aynı olmayabilir Seçilen basınç artış oranı deney raporunda belirtilmelidir

4.1.4 - Deney başlığına bağlı bulunan manometrede basınçlar  $0.5 \text{ cm H}_2\text{O}$  (Ek A 2) hassasiyetinde okunabilmelidir

1) Alanı  $20 \text{ cm}^2$  dairesel veya kare şeklinde olan çok küçük numunelerin kullanımını gerektiren cihaz, hala baz, ülkelerde kullanılmaktadır. Bunlar, bu standarda uygun olmamakla birlikte şimdilik kullanılabilirler ve  $100 \text{ cm}^2$  alanındaki dairesel numune deney raporunda belirtilmelidir. Bu geçici bir durumdur. Bu standardın yayımından sonra 5 yıl içinde yapılacak revizyon sonunda bu durum ortadan kaldırılacaktır.



## 5 - Kondisyonlama

Kondisyonlama ve deney TS 240 (ISO 139)'a göre yapılmalıdır. Önceden belirlenmiş kaydıyla kondisyonlama ve deney ortam sıcaklığında da yapılabilir.

## 6 – Deney Numuneleri

Deney numunesi alındıktan sonra mümkün olduğu kadar az elenir. Keskin bir şekilde katlanmaz ve kondisyonlama haricinde herhangi bir şekilde (ütü gibi) muameleye tabi tutulmaz. Mümkün olduğu kadar tamamını temsil edecek bir kumaşın farklı yerlerinden en az beş adet deney numunesi alınır. Numuneler kesilmeksizin kumaş deneye taci tutulandır. Keskin Kırışık veya kat izleri bulunan bölgeler deneye tabi tutulmamalıdır.

## 7 - İşlem

Her deney numunesi için yeni hazırlanmış sal Su (EK A 3) kullanılır. Deney numunesinin çeneye tutturulacağı yerde bulunan su silinir. Su ile temas edecek kumaş yüzü kondisyonlanmış olan deney numunesi deney başlığına tutturulur. Tutturma işlemi, deneye başlamadan evvel su, numuneyi itmeyecek şekilde yapılmalıdır. Numuneye artan su basıncı uygulanır. Kumaşın geçirgenliği sürekli olarak gözlenir.

Deney numunesinden çıkan üçüncü su damlasının çıkış anındaki su basıncı kaydedilir. Kaydedilen basıncın hassasiyeti aşağıdaki şekilde olacaktır.

-1 m H<sub>2</sub>O'ya kadar 1 m H<sub>2</sub>O dahil 0,5 cm

-1 m H<sub>2</sub> büyük ve 1 m H<sub>2</sub>O ya Kadar 2 m H<sub>2</sub>O - dahil : 1 cm

-2 m H<sub>2</sub>O dan büyük : 2 cm

Şekillendikten sonra büyümeyen çok küçük damlalar dikkate alınmaz.

Kumaşta aynı noktadan çıkan takip eden damlalar sayılmaz. Üçüncü su damlasının deney numunesinin çeneye tutturulduğu yerde olup olmadığı, tespit edilir. Aynı numuneden alınan diğer deney numuneleri için kaydedilen en düşük basınçtan daha düşük basınçta meydana gelen damlanın bulunduğu deney başarısız sayılır.

Başarılı sonuçlar elde edilene kadar Have deney numuneleriyle numuneden deney yapılır.

## 8 – Hesaplama ve Sonuçların Gösterilmesi

Madde 7'ye göre deneye tabı tutulan numuneler için Kaydedilen basınçların ortalaması alınır Her deney sonucu ve ortalama sonuç cm su basıncı cinsinden belirtilir.

## 9 – Deney Raporu

Deney raporu aşağıdaki bilgilen bulundu-malıdır

at Bu standardın numarası (TS 257 EN 20811 şeklinde)

h) Kullanılan atmosfer (standard sıcaklık veya standard tropikal veya diğer atmosfer)

u) Suyun sıcaklığı (20 °C veya 27 °C veya diğer sıcaklık)

d)Su basıncının deney numunesinin altından mı yoksa üstünden mi uygulandığı,

e)Su basıncının artış oranı (10 veya 60 cm H<sub>2</sub>O/dakika)

f)Kumaşın hangi yüzünün deneye tabı tutulduğu,

g) Deney numunesinin boyutlarında veya şeklinde bir değişiklik olup olmadığı

h) Sonuçlar ve onların ortalaması

2)1cmH<sub>2</sub>O = 1mbar

1 cm H<sub>2</sub>O = 98,0665 Pa (1mbar= 100 Pa)

Alınan gerçek ölçü dakikada 1 cm su sütunu kütlesidir.

## **EK A DENEYE YOL GÖSTERECEK BİLGİLER**

### **A.1 - Deney Numunelerinin Cihaza Yerleştirilmesi**

Bazı cihazlarda çenelerin yüzeyleri uygun sertlikte kauçukla kaplandığında deney numunelerinin çenelere düzgün olarak tespit edildiği görülmüştür.

### **A.2 - Manometre**

a) Uygun ölçüm aralığında bir manometre gerekmektedir. 1 m H<sub>2</sub>O basınca kadar ölçüm yapılabilen bir manometre gabardin örgüsüne benzer kumaşlar için uygundur. Daha sık örgüdeki kumaşlar için 2 m H<sub>2</sub>O basınca kadar ölçüm yapabilen bir manometre uygun olacaktır.

b) Bir manometreye birden fazla deney başlığı bağlanmış ise bunların manometreye olan irtibatını tek tek ayıracak bir düzenek bulunmalıdır. Bu düzenek halen üç noktasından sızma gösteren deney numunesindeki sızıntının artmasını önleyecektir. Birçok cihazda bu tip bir sızma deneye tabi tutulan diğer deney numuneleri üzerindeki basınç artış hızını önemli ölçüde azaltabilir.

### **A.3 - Temiz Su Yüzeyinin Sağlanması**

Eğer kullanılan cihaz; deney için kullanılan suyu, temas başlıklarının içinde bulunduruyor ve deney numunesi ile temas edecek seviyeye yükseltiyorsa deney başlığındaki suyun yüzeyi öncelik sırasına göre aşağıda belirtilen yollardan biri ile temizlenebilir.

a) Deney başlığı boşaltılır ve yeterli miktardaki temiz saf su ile yeniden doldurulur.

b) Su yüzeyi temizlenecek şekilde deney başlığından saf su taşması sağlanır. Su yüzeyi parafin mumu ile kaplı cam bir plaka ile sıyrılır.

c) Su yüzeyi temizlenecek şekilde deney başlığından saf su taşması sağlanır.

#### **A.4 - Buharlaşabilir Organik Sıvı Buharlarının Mevcudiyeti**

Deneyin yürütüldüğü laboratuarda dietileter gibi buharlaşabilir organik sıvı buharlarının mevcudiyeti deney sonuçlarını etkileyebilir.

# **EK (ISO 13934-2 : 1999) TEKSTİL KUMAŞLARIN GERİLME ÖZELLİKLERİ BÖLÜM 2 : EN BÜYÜK KUVVETİN TAYİNİ – KAVRAMA METODU**

## **0 Giriş**

Bu standard, genel olarak çekme deney cihazlar, kullanılarak, tekstil mamullerinin belirli mekanik özelliklerinin (kopma, yırtılma, dikiş gerilmesi ve kaymas, gibi özellikler) tayini için kullanılan birkaç deney metodu göz önünde bulundurulurularak hazırlanmıştır. Bu deney metotlar ile ilgili işlemler, birbirlerine uygundur. Bu metotlardan biriyle elde edilen sonuçlar, diğer metotlarla elde edilen sonuçlarla mukayese edilmemelidir Kaynaklar, Ek D'de verilmektedir.

Bu standard, ISO 5082 (1982)'nin yerine geçer.

EN ISO 13934 standard serisi, “Tekstil - Kumaşların gerilme özellikleri” başlığı altında aşağıda belirtilen iki bölümden meydana gelir:

Bölüm 1: En büyük kuvvetin ve en büyük kuvvet altında boyca uzamann tayini - Şerit metodu.

Bölüm 2: En büyük kuvvetin tayini - Kavrama metodu.

Ek A, Ek B, Ek C ve Ek D sadece bilgi için verilmiştir.

## **1 Kapsam**

Bu standard, tekstil kumaşlarda en büyük kuvvetin tayini için uygulanan ve kavrama metodu olarak bilinen bir metodu kapsar.

Not - EN ISO 13934'ün Birinci Bölümü, şerit metodu olarak bilinen metodu izah etmektedir. Kaynaklar, Ek D'de verilmektedir.

Bu metot, esas olarak dokunmuş kumaşlara uygulanır. Ayrıca, diğer tekniklerle üretilen kumaşlara da uygulanabilir. Ancak dokunmuş elâstik kumaşlara, jeotekstil mamullerine, dokusuz yüzeylere, kaplanmış kumaşlara, cam elyaftan dokunmuş kumaşlara ve karbon elyaf veya poliolefin şeritli ipliklerden imâl edilen kumaşlara uygulanmaz (Ek D).

Bu metot, standard atmosfer ile denge hâlindeki deney parçalar, ile ıslak hâldeki deney parçalar, için en büyük kuvvetin tayinini açıklar ve uzatma hızı sabit (CRE) çekme cihazların kullanımıyla sınırlıdır.

## 2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

Bu standardda, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standard ve/veya dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste halinde verilmiştir. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapan bu standardda da tadil veya revizyon yapılması, şart, ile uygulanır. Atıf yapılan standard ve/veya dokümanın tarihinin belirtilmemesi halinde en son baskısı kullanılır.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No	Adı (Türkçe)
EN 20139	Textiles - Standard atmospheres for conditioning and testing	TS 240 EN 20139	Tekstil - Kondisyonlama ve deneyler için standard atmosfer şartları
ISO 3696	Water for analytical laboratory use- Specification and test methods	TS EN ISO 3696	Su - Analitik laboratuvarında kullanılan - Özellikler ve deney metotları
EN 10002-2	Metallic materials - Tensile testing- Part 2: Verification of the force measuring system of the tensile testing machines	TS EN 10002-2	Metallik malzemeler - Çekme deneyi - Bölüm 2: Çekme deneyi makinelerinin kuvvet ölçme sisteminin doğrulanması
EN 30012-1	Quality assurance requirements for measuring equipment - Part 1: Metrological confirmation system for measuring equipment	TS EN 30012-1	Ölçü donanımları için kalite güvencesi kuralları - Bölüm 1: Ölçü donanımları için metrolojik teyit sistemi

**1) TSE Notu:** Atıf yapılan standartların TS numarası ve Türkçe adı, 3. ve 4. kolonda verilmiştir.

## 3 Tarifler

Bu standardın amaçları bakımından, aşağıdaki tarifler geçerlidir:

### 3.1 Uzatma hızı sabit (CRE) çekme cihazı

Biri sabit hâlde bulunan, diğeri deney boyunca sabit hızda hareket eden iki çeneye sahip ve deney sisteminde hemen hemen hiç bir sapmanın olmadığı çekme cihazı (EN ISO 13934-1).

### 3.2 Kavrama deneyi

Deney parçasının, çekme cihazının çenelerine tam orta noktasından tutturulduğu çekme deneyi.

### **3.3 En büyük kuvvet**

Belirtilen şartlar altında yapılan çekme deneyi esnasında deney parçasının koparılması için kaydedilen azamî kuvvet (EN ISO 13934-1).

### **3.4 Gösterge uzunluğu**

Çekme cihazı çenelerinin etkin iki kavrama noktası arasındaki mesafe.

**Not** - Çenelerin etkin kavrama noktaları (veya hatları), deney parçası ve/veya çene yüzeylerinde bir kavrama izi elde etmek üzere deney parçasının belirli bir ön gerilme altında karbon kağıdı ile kavranması suretiyle kontrol edilebilir (EN ISO 13934-1).

## **4 Prensip**

Bir kumaş deney parçası, belirtilen boyutlardaki çenelerle orta kısmından kavranır, sabit hızda kopuncaya kadar uzatılır ve en büyük kuvvet kaydedilir.

## **5 Numune alma**

Numuneler, kumaş için verilen malzeme spesifikasyonunda belirtilen işleme uygun olarak veya ilgili taraflar arasında mutabık kalınan şekilde alınır.

Uygun bir malzeme spesifikasyonunun olmaması hâlinde, Ek A'da verilen uygun numune alma işlemi örneği kullanılabilir.

Lâboratuvar numunesinden deney parçalarının kesilmesi için uygun bir şablon Ek B'de verilmiştir. Deney parçaları, bükülmüş veya kırışmış kısımlar ile kumaş kenarlarını ve kumaşı temsil etmeyen kısımları ihtiva etmemelidir.

## **6 Cihazlar**

### **6.1 Uzatma hızı sabit (CRE) çekme cihazı**

Çekme cihazının metrolojik teyit sistemi, EN 30012-1'e uygun olmalıdır.

Uzatma hızı sabit (CRE) çekme cihazı, Madde 6.1.1 ilâ Madde 6.1.6'da verilen genel özelliklere sahip olmalıdır.

**6.1.1** Çekme cihazı, deney parçasını gerdirerek koparmak için uygulanan kuvvet ile bu kuvvete karşılık gelen uzamayı gösteren veya kaydeden bir donanıma sahip olmalıdır. Kullanım şartlarında cihazın doğruluğu, EN 10002-2 Sınıf-1'e

uygun olmalıdır. Cihazın kullanıldığı aralıktaki herhangi bir noktada gösterilen veya kaydedilen en büyük kuvvetin hatası  $\pm 1\%$ 'den fazla olmamalıdır.

**6.1.2** EN 10002-2'ye göre Sınıf-2 çekme cihazı kullanılacaksa, bu husus deney raporunda belirtilmelidir.

**6.1.3** Kuvvet ve boyca uzama değerleri, veri toplama kartı ve yazılımı ile kaydediliyorsa, veri toplama sıklığı, saniyede en az 8 kez olmalıdır.

**6.1.4** Cihaz, 50 mm/dakika'lık sabit uzama hızını  $\pm 10\%$  doğrulukla sağlayabilecek özellikte olmalıdır.

**6.1.5** Cihaz, gösterge uzunluğu 100 mm'ye veya mutabık kalırsa 75 mm'ye,  $\pm 1$  mm doğrulukla ayarlanabilecek özellikte olmalıdır.

**6.1.6** Cihazın her iki çenesinin orta noktasını birleştiren doğru, çekme doğrultusuna paralel, çene ağızları ise bu doğrultuya dik olmalıdır. Çenelerin kavrama yüzeyleri aynı düzlemde olmalıdır.

Çeneler, kayma olmadan deney parçasını kavrayabilmeli ve deney parçasını kesmeyecek veya herhangi bir şekilde deney parçasının mukavemetini azaltmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Çenelerin kavrama yüzeyleri pürüzsüz ve düz olmalıdır. Ancak deney parçası, düz yüzeyli çenelerle yeterince tutulamıyorsa, bu taktirde deney parçasının kaymasını önlemek için yüzeyleri çentikli veya oluklu çeneler kullanılabilir. Deney parçasının daha iyi kavranmasını sağlamak için, hem pürüzsüz, hem de oluklu çenelerde kullanılan yardımcı kaplama malzemeleri olarak kâğıt, deri, plâstik veya kauçuk sayılabilir.

Kavrama deneyi için, kumaş kavrama alanının ebadı (25 mm  $\pm$  1 mm) x (25 mm  $\pm$  1 mm) olmalıdır. Bu alan, aşağıda açıklanan ve Ek C'de gösterilen metot (a) veya metot (b) ile belirlenebilir.

a) [25 mm x 40 mm (en az) veya tercihan 25 mm x 50 mm] ebatlı birinci çene, kuvvet uygulama doğrultusuna dik olarak konumlandırılır. Aynı boyutlardaki ikinci çene, birinci çeneye dik olarak yerleştirilir ve böylece ikinci çenenin geniş olan kenarı, kuvvet uygulama doğrultusuna paralel olarak yerleştirilmiş olur.



b) [25 mm x 40 mm (en az) veya tercihan 25 mm x 50 mm] ebatlı birinci çene, kuvvet uygulama doğrultusuna dik olarak konumlandırılır. İkinci çene ise 25 mm x 25 mm ebatlıdır.

**6.2 Donanım,** deney parçalarını kesmek için.

**6.3 Kap,** ıslak deneyler için deney parçalarının hazırlanması amacıyla bu parçaların daldırılabilmesine uygun.

**6.4 Sınıf-3 su,** deney parçalarının ıslatılması için ISO 3696'ya uygun.

**6.5 İyonik olmayan ıslatma maddesi.**

## **7 Şartlandırma ve deney için atmosfer şartları**

Ön şartlandırma, şartlandırma ve deney için atmosfer şartları, EN 20139'da belirtildiği gibi olmalıdır.

**Not** - Deney parçasının gevşek hâlde en az 24 saat süreyle şartlandırılması tavsiye edilir.

Islak şartlardaki deneyler için ön şartlandırma ve şartlandırma işlemine gerek yoktur.

## **8 Deney parçalarının hazırlanması**

### **8.1 Genel**

Her bir lâboratuvar numunesinden, biri çözü, diğeri atkı doğrultusunda (veya makine üretim doğrultusunda ve makine üretim doğrultusuna dik doğrultuda, hangisi uygunsa) olmak üzere iki takım deney parçası kesilir.

Her bir takım, en az beş deney parçasını ihtiva etmelidir. Ancak daha yüksek kesinlik derecesi isteniyorsa, daha fazla sayıda deney parçası deneye tâbi tutulmalıdır. Madde 5 ve Ek B'ye uygun olarak, lâboratuvar numunesinin her iki kenarından itibaren 150 mm'lik mesafeye kadar olan bölgeden hiç bir deney parçası alınmamalıdır. Çözü doğrultusunda alınan hiç bir deney parçası, aynı çözü ipliklerini ihtiva etmemelidir. Atkı doğrultusunda alınan hiç bir deney parçası, aynı atkı ipliklerini ihtiva etmemelidir.

## 8.2 Deney parçasının boyutları

Her deney parçasının eni  $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  ve boyu  $100 \text{ mm}$ 'lik bir gösterge uzunluğuna yetecek miktarda olmalıdır.

## 8.3 Deney parçalarının hazırlanması

Her bir deney parçasının üzerine, parçanın uzunluğu boyunca bir kenardan  $38 \text{ mm}$  içerden olacak şekilde, çözgü veya atkı ipliklerine paralel olarak veya mümkünse makine üretim doğrultusuna veya makine üretim doğrultusuna dik olan doğrultuya paralel olarak bir çizgi çizilmelidir.

## 8.4 Islak deney parçaları

**8.4.1** Kuru hâldeki en büyük kuvvete ilâve olarak ıslak hâldeki en büyük kuvvet değeri gerektiğinde, uygun enli ve kuru deney için gereken deney parçalarının en az iki katı uzunluğa sahip şeritler kesilir (Ek B). Her bir şeridin iki ucu numaralandırılır. Daha sonra her bir deney parçası, biri kuru en büyük kuvvetin, diğeri de ıslak en büyük kuvvetin tayini için enine iki parça halinde kesilir. Bu şekilde, her deney parçası çiftinin, aynı boyuna iplikleri ihtiva etmesi sağlanır. Islak durumda aşırı derecede çekeceğinden şüphelenilen veya tecrübe yoluyla bilinen kumaşlar için, ıslak en büyük kuvvetin tayininde kullanılan deney parçalarının boyu, kuru en büyük kuvvetin tayininde kullanılan deney parçalarının boyundan daha uzun olmalıdır.

### 8.4.2 Islak deney

Islak hâlde yapılan deneylerde, deney parçası  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'taki ISO 3696'ya uygun Sınıf-3 suya 1 saat süreyle daldırılır. Su yerine, içinde en fazla  $1 \text{ g/L}$  iyonik olmayan ıslatma maddesi ihtiva eden bir sulu çözelti de kullanılabilir.

**Not** - Tropikal bölgelerde, EN 20139'a uygun sıcaklıklar uygulanabilir.

## 9 İşlem

### 9.1 Gösterge uzunluğu

Çekme cihazının gösterge uzunluğu,  $100 \text{ mm}$ 'ye veya mutabık kalırsa  $75 \text{ mm}$ 'ye,  $\pm 1 \text{ mm}$  doğrulukla ayarlanır.

## 9.2 Uzatma hızı

Çekme cihazının uzatma hızı 50 mm/min'e ayarlanır.

## 9.3 Deneş parçalarının çekme cihazına yerleştirilmesi

Bir deneş parçası, parçanın boyuna merkezî çizgisi, çenelerin ön kenarlarının orta noktasından geçecek, ön çene kenarlarına dik olacak ve deneş parçası üzerinde çizilen çizgi çenelerin bir kenarı ile çakışacak şekilde merkezî olarak kavranır.

Üst çene kapatıldıktan sonra, deneş parçası alt çenedeki kılavuz çizgisine göre düzeltilirken ön gerilme oluşması engellenir ve böylece alt çene kapatıldığında kumaşın kendi ağırlığıyla asılması sağlanır.

## 9.4 Deneş işleminin uygulanması

En büyük kuvvetin kaydedilmesi için çekme cihazına bir kayıt cihazı takılır . Çekme cihazındaki hareketli çene harekete geçirilir ve deneş parçası kopma noktasına kadar uzatılır . En büyük kuvvet, newton cinsinden kaydedilir.

Deneş, her bir kumaş doğrultusundaki en az beş deneş parçası üzerinde tatbik edilir.

Çenelerin kavrama hattının 5 mm dahilinde meydana gelen kopmalar, çene kopması olarak kaydedilir. Beş deneşin sonunda, elde edilen sonuçlar incelenir. Çenede meydana gelen kopmalardan herhangi biri için uygulanan kuvvet, en düşük normal kopma kuvvetinden büyükse, sonuç kabul edilir. Çenede meydana gelen kopmalardan herhangi biri için uygulanan kuvvet, en düşük normal kopma kuvvetinden düşükse, sonuç kabul edilmez ve beş adet normal kopma değerinin elde edilmesi için daha fazla deneş yapılır.

Tüm sonuçların, çenede kopma ile sonuçlanan deneşlerden elde edilmesi veya normal kopma değerlerinin elde edilememesi hâlinde, elde edilen her bir sonuç, değişim katsayısı veya güven sınırı olmaksızın kaydedilir.

Çene kopma sonuçları, deneş raporunda bu şekilde gösterilmeli ve bu sonuçlar ilgili taraflar arasında tartışılmalıdır.

## 9.5 Islak deney parçalarıyla yapılan deneyler

Deney parçasının sıvıdan (Madde 8.4.2) çıkarılıp, üzerindeki fazla suyun kurutma kağıdı ile alınmasından hemen sonra Madde 9.1 ilâ Madde 9.4'e uygun olarak deney yapılır.

## 10 Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

Her bir doğrultuda yapılan deneylerden elde edilen en büyük kuvvetlerin aritmetik ortalaması newton cinsinden hesaplanır ve

- 100 N'dan küçük sonuçlar 1 N yaklaşımla,
- 100 N (dahil) ile 1000 N arasındaki sonuçlar 10 N yaklaşımla,
- 1000 N (dahil) üzerindeki sonuçlar 100 N yaklaşımla yuvarlatılır.

İsteniyorsa, değişim katsayısı (%0,1 yaklaşımla) ve %95 güven sınırları hesaplanır ve elde edilen sonuçlar, ortalama değere uygulanan kesinlik değerleri üzerinden yuvarlatılır.

## 11 Deney raporu2)

Deney raporu, aşağıdaki bilgileri ihtiva etmelidir:

- a) Bu standardın numarası (TS EN ISO 13934-2 şeklinde) ve deney tarihi,
- b) İsteniyorsa, deney parçası ve numune alma işlemine ilişkin bilgiler,
- c) Deney parçalarının durumu (şartlandırılmış veya ıslak),
- d) Kabul edilmeyen deneylerdeki deney parçası sayısı dahil deney parçalarının sayısı ve kabul edilmeme sebepleri,
- e) Gösterge uzunluğu (100 mm'den farklıysa),
- f) Varsa, deney işleminden olan sapmalar,
- g) En büyük kuvvetin aritmetik ortalaması (newton cinsinden),
- h) İsteniyorsa, ortalama değerlerin değişim katsayısı (% cinsinden),
- i) İsteniyorsa, ortalama değerlerin %95 güven sınırları (newton cinsinden).

**2) TSE Notu:** Deney raporu, burada istenilen bilgilere ilâveten, TS EN ISO/IEC 17025'te verilen bilgileri

## Ek A (Bilgi için)

### Önerilen numune alma işlemi

#### A.1 Yığın numune (sevkiyat veya partiden alınan parçaların sayısı)

Sevkiyat veya partiden uygun sayıda parça, Çizelge A.1'de belirtildiği gibi rasgele alınmalıdır. Numune, taşıma sırasında zarar görmüş veya rutubetlenmiş parçalar ihtiva etmemelidir.

Çizelge A.1 - Yığın numune

Sevkiyat veya partideki parça sayısı	Yığın numunedeki parça sayısı
3 veya 3'ten az	1
4 - 10	2
11 - 30	3
31 - 75	4
76 veya 76'dan fazla	5

#### A.2 Lâboratuvar numunelerinin sayısı

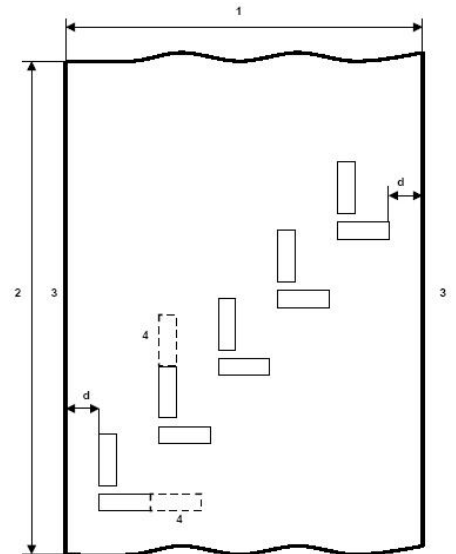
Yığın numunedeki her bir parçadan en az 1 m uzunluğunda ve tam ende bir lâboratuvar numunesi kesilmelidir (kesim işlemi, rasgele bir konumdan ve ancak uçlardan en az 3 m içerden yapılır). Numune, kırışık veya gözle görülür hatası bulunan bölümler ihtiva etmemelidir.

## Ek B (Bilgi için)

### Lâboratuvar numunesinden kesilen deney parçalarının kesim yerleri

Şekil B.1 - Lâboratuvar numunesinden kesilen deney parçalarının kesim yerleri

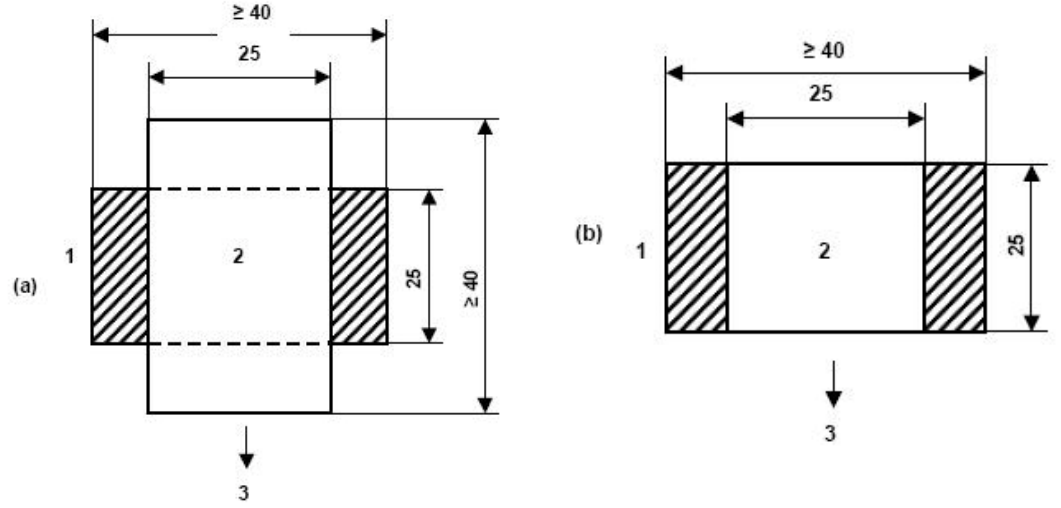
- 1-Kumaş eni
  - 2- Kumaş boyu
  - 3- Kenar
  - 4- Islak deneyler için ilâve boy (isteniyorsa)
- d = 150 mm



## Ek C (Bilgi için)

### Kavrama deneyi için çene düzenlemeleri

Ölçüler milimetredir.



- 1 - Arka çene yüzü
- 2 - Ön çene yüzü
- 3 - Kuvvet uygulama doğrultusu

Şekil C.1 - Kavrama deneyi için çene düzenlemeleri

## **ÖZGEÇMİŞ**

Emine Esra Bilgiç 08.02.1986 yılında İstanbul'da doğmuş, lise öğrenimini 1999-2002 yılları arasında Fatih Kız Lisesi'nde yapmıştır, 2003-2007 yılları arasında Trakya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde lisans eğitimini tamamlamıştır. 2009 yılında Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Fiziği ve Malzemesi programında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

